

ISBN 978-602-5534-19-5



UPN "VETERAN" YOGYAKARTA



RISTEKDIKTU

PROSIDING

Seminar Nasional Ke-4

Call for Paper & Pameran
Hasil Penelitian dan Pengabdian
Kemenristekdikti RI

SAINS & TEKNOLOGI

**“APLIKASI RISET
DALAM DUNIA INDUSTRI
UNTUK KEMAJUAN BANGSA”**

Yogyakarta, 9 Oktober 2018

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” YOGYAKARTA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL TAHUN KE-4, *CALL FOR PAPER* DAN PAMERAN
HASIL PENELITIAN & PENGABDIAN MASYARAKAT
KEMENRISTEKDIKTI RI

SAINS & TEKNOLOGI

APLIKASI RISET DALAM DUNIA INDUSTRI
UNTUK KEMAJUAN BANGSA

YOGYAKARTA, 9 OKTOBER 2018

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA
2018

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL TAHUN KE-4
DAN CALL FOR PAPER**

**APLIKASI RISET DALAM DUNIA INDUSTRI
UNTUK KEMAJUAN BANGSA**

Cetakan Tahun 2018

Katalog Dalam Terbitan (KDT):

Prosiding Seminar Nasional dan *Call For Paper*
Aplikasi Riset dalam Dunia Industri untuk Kemajuan Bangsa
LPPM UPNVY

934 hlm; 21 x 29.7 cm.
ISBN: 978-602-5534-19-5

LPPM UPNVY PRESS

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
Kapuslitbang LPPM UPNVY
Rektorat Lantai 4, LPPM, Puslitbang
Jl. Padjajaran 104 (Lingkar Utara), Condong Catur, Yogyakarta 55283
Telpon (0274) 486733, ext 154
Fax. (0274) 486400

www.lppm.upnyk.ac.id
Email: lppm@upnyk.ac.id

Penata Letak : Dedi Fatchurohman Hermawanto
Desain Sampul : Ayu Ardhanariswari

Distributor Tunggal
LPPM UPNVY Rektorat Lantai 4, LPPM, Puslitbang
Jln. Padjajaran 104 (Lingkar Utara), Condong Catur, Yogyakarta 55283
Telpon (0274) 486733, ext 154
Fax. (0274) 486400

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun, termasuk fotokopi, tanpa izin tertulis dari penerbit.

DAFTAR REVIEWER
SEMINAR NASIONAL TAHUN KE-4, CALL FOR PAPER DAN PAMERAN
HASIL PENELITIAN & PENGABDIAN MASYARAKAT
KEMENRISTEKDIKTI RI
9 OKTOBER 2018
LPPM UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA

1. Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti K, M.Sc. (UPNVY)
2. Prof. Dr. Didit Welly Udjianto, M.S. (UPNVY)
3. Prof. Dr. Arief Subyantoro, M.S. (UPNVY)
4. Prof. Dr. Danisworo, M.Sc. (UPNVY)
5. Prof. Dr. Bambang Prastistho, M.Sc. (UPNVY)
6. Ptof. Dr. Suwardjono, M.Sc. (UGM)
7. Prof. Dr. Jogiyanto Hartono, M.Sc. (UGM)
8. Prof. Dr. Sucy Kuncoro, M.Si (UNNES)
9. Prof. Bambang Subroto, M.M. (Brawijaya)
10. Prof. Ahmad Sudiro (Brawijaya)
11. Prof. Idayanti, M.Si. (UNHAS)
12. Dr. Ardhito Bhinadi, M.Si. (UPNVY)
13. Dr. Ir. Heru Sigit Purwanto, M.T. (UPNVY)
14. Dr. Sri Suryaningsum, S.E., M.Si., Ak (UPNVY)
15. Dr. Mahreni, M.T. (UPNVY)
16. Dr. Hendro Widjanarko, S.E, M.M. (UPNVY)
17. Dr. Joko Susanto, M.Si. (UPNVY)
18. Dr. Rahmat Setiawan, M.Si. (UNAIR)
19. Dr. Rahmad Sudarsono, M.Si. (UNPAD)
20. Prayudi, S.I.P., M.A., Ph.D. (UPNVY)

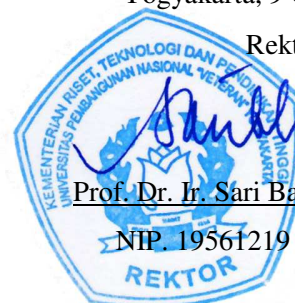
PRAKATA REKTOR
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA

Pertama-tama kami panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LP2M) UPN “Veteran” Yogyakarta dapat menyelenggarakan Seminar Nasional Tahun Ke-4, *Call Paper* dan Pameran Hasil Penelitian & Pengabdian kepada Masyarakat Kemenristekdikti RI. Tema Seminar Tahun ini adalah “Aplikasi Riset dalam Dunia Industri untuk Kemajuan Bangsa” Seminar Nasional Tahun Ke-4, *Call Paper* dan Pameran Hasil Penelitian & Pengabdian kepada Masyarakat Kemenristekdikti RI diselenggarakan dengan tujuan untuk mempertemukan berbagai pihak, yaitu Pemerintah, Industri dan Perguruan Tinggi dalam membangun bangsa yang tangguh berbasis penelitian di semua bidang disiplin ilmu baik sosial maupun eksakta. Kegiatan ini juga merupakan salah satu wahana untuk penyebarluasan hasil-hasil penelitian dan kajian yang telah dilakukan oleh berbagai pihak, serta saling bertukar informasi untuk meningkatkan mutu baik penelitian maupun pengabdian. Lebih dari itu, melalui seminar diharapkan pula terjadi komunikasi yang baik antara pemerintah, dunia industri, perguruan tinggi, dan lembaga-lembaga riset, sehingga tercipta sinergi yang bersifat implementatif.

Pada kesempatan ini para peneliti, akademisi dan praktisi telah berhimpun di dalam seminar ini untuk menyampaikan makalah hasil-hasil penelitian dan pengabdiannya. Makalah-makalah tersebut selanjutnya dituangkan dalam sebuah prosiding. Diharapkan prosiding ini dapat bermanfaat, turut menambah informasi, dan memperluas pengetahuan mengenai penelitian pengabdian dan semoga Allah SWT meridhoi semua langkah baik kita.

Yogyakarta, 9 Oktober 2018

Rektor



Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti K., M.Sc

NIP. 19561219 198411 2 001

**PRAKATA KEPALA LPPM
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA**

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

1. Yth. Ibu Rektor UPN “ Veteran “ Yogyakarta
2. Yth. Bapak Ignasius Jonan Menteri ESDM RI
3. Yth. Bapak Prof. Ocky Karna Radjasa, M.Sc (Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat)
4. Yth. Kepala Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah V
5. Yth. Bupati Sleman, DIY

Puja dan Puji syukur senantiasa kita panjatkan kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat, karunia, nikmat, dan segala anugerah serta kekuatannya, sehingga kita senantiasa diberikan semangat untuk terus memperbaiki diri guna mewujudkan pengabdian sebagai masyarakat akademik yang memiliki kepedulian atas berbagai permasalahan bangsa sesuai dengan kapasitas kita masing masing. Sholawat dan salam kami haturkan atas junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang telah member pencerahan yang penuh dengan ilmu dan pengetahuan seperti sekarang ini.

Seminar Nasional, *Call Paper* dan Pameran Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Kemenristekdikti RI ini untuk memperkokoh sinergi pemerintah, Industri dan Perguruan Tinggi dalam membangun bangsa yang tangguh berbasis penelitian semua bidang disiplin ilmu. Bidang penelitian Sosial, Eksakta dan Pengabdian merupakan salah satu wahana penyebarluasan hasil hasil penelitian dan kajian yang dilakukan berbagai pihak untuk saling tukar menukar informasi dalam rangka peningkatan mutu penelitian dan pengembangan pendidikan tinggi. Lebih dari itu, melalui kegiatan ini juga diharapkan terpenuhinya prinsip tata kelola Pemerintah, Industri, dan Perguruan Tinggi akan memperkokoh martabat bangsa dan terjadi komunikasi antara dunia Industri, Perguruan Tinggi, serta lembaga – lembaga penelitian.

Seminar Nasional, *Call Paper* dan Pameran hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Kemenristekdikti RI ini diikuti oleh praktisi dan akademisi dari Perguruan Tinggi – Perguruan Tinggi terkemuka di Indonesia, baik bidang Sosial, Eksak, dan Pengabdian dengan jumlah naskah yang masuk lebih dari 90 naskah.

Akhir kata, semoga Semnas dan *Call Paper* ini bermanfaat dan saya menghaturkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak, khususnya peserta seminar dan call paper serta seluruh pelaksana kegiatan atas peran sertanya dalam mendukung kelancaran pelaksanaan kegiatan ini.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Yogyakarta, 9 Oktober 2018

Kepala LP2M



Dit. J. Heru Sigit Purwanto, M.T

NIP. 19581202199203 1 001

**DAFTAR ISI
SAINS & TEKNOLOGI**

	halaman
Halaman Judul	i
Daftar Reviewer	iii
Prakata Rektor	iv
Prakata Kepala LPPM	v
The Effect of Guafa Shoots Extract on The Attractiveness of <i>Diaphorina citri</i>	1
Mofit Eko Poerwanto, Chimayatus Solichah	
Pengaruh Konsentrasi dan Frekuensi Pemberian Kitosan Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kemiri Sunan	7
Ellen Rosyelin Sasmita, Ami Suryawati, Endah Budi Irawati	
Kajian Hasil Pemantauan Pergerakan Tanah Secara Horizontal dan Vertikal Selama Satu Tahun Dari Tahun 2017-2018 di Clapar Banjarnegara	17
Eko Teguh Paripurno, Joko Hartadi, Oktavia Dewi, Sugeng Raharjo	
Karakterisasi Hasil Pencairan Batubara Sub-Bituminus Pada Suhu Rendah Dengan Pelarut Glicerol/Phenol	27
Adi Ilcham, Basuki Rahmad, EdyNursanto, Gogot Haryono	
Bioaditive Untuk Menaikan Angka Oktan Bensin (Review)	31
Mahreni	
Penerapan Biochar Tempurung Kelapa Dan Hahan Limbah Organik Untuk Memperbaiki Tanah Inceptisol Potorono Yogyakarta	37
Susila Herlambang, AZ.Purwono Budi S, Heru Tri Sutiono, Yoga Meyzah Putra, Susanti Rina N	
Budi Daya Tanaman Sorgum Di Lahan Pasca Tambang Emas Jatiroto Wonogiri Jawa Tengah	43
Darban Haryanto, M.Nurcholis, Dwi Fitri Yudianto	
Penambahan Glisim pada Media Modifikasi MS Terhadap Pertumbuhan Planlet Krisan (<i>Chrysanthemum indicum</i> L.) Secara <i>In Vitro</i>	53
Ari Wijayani, Bambang Supriyanta dan Rina Srilestari	
Mineralisasi Emas Daerah Cidolog dan sekitarnya Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat	59
Heru Sigit Purwanto, Suharsono, Adera Puntadewa	
Geopark Bojonegoro Menuju Geopark Internasional	66
Jatmika Setiawan, Dedy Kristanto	
Identifikasi Sebaran Sistem Akuifer Daerah Non-Cekungan Air Tanah Berdasarkan Metode Dipole-Dipole di Ngoro-Oro, Patuk, Gunungkidul	74
C. Prasetyadi, Achmad Rodhi, Puji Pratiknyo, Bambang Pratistho, Yody Rizkianto, M. Gazali Rachman	

Pengaruh Dosis Pupuk Kotoran Sapi Sebagai Pupuk Organic Terhadap Persentase Pengendalian Gulma Padi Dengan Herbisida Berbahan Aktif Penoxsulam	80
Abdul Rizal, Dyah Arbiwati dan Lelanti Peni Wiratri	
Studi Laboratorium dan Simulasi Reservoir Untuk Meningkatkan Perolehan Minyak Menggunakan Injeksi Polimer	86
Suranto, Boni Swadesi, Ratna Widyaningsih, Retno Ringgani	
Evaluasi Potensi Sumur Tua di Lapangan Banyubang serta Penerapan Teknologi untuk Sumur Tua yang Efisien dan Efektif	99
M. Irhas Effendy, Sudarmoyo, Sayoga Heru Prayitno	
Disain Deteksi dan Peringatan Dini Kawasan Rawan Bencana Tanah Longsor Menggunakan <i>Internet of Thing (IoT)</i>	109
Awang Hendriato Pratomo, Suharsono, Bambang Pratistho, Dessyanto Boedi Prasetyo, Yudha Agung Pratama, Basuki Purnawan	
<i>Trichoderma</i> sp. Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah Di Lahan Pasir Pantai	121
Tuti Setyaningrum, Didik Indradewa, Achmadi Priyatmojo, Endang Sulistyaningsih	
Efektifitas Fitoremediasi Tanaman Air Dalam Menurunkan Kadar <i>Total Suspended Solid (TSS)</i> Air Lindi	130
Eni Muryani, Ika Wahyuning Widiarti	
Sistem Pakar Tes Kepribadian Untuk Mengetahui Cara Belajar Mahasiswa Menggunakan Metode <i>Fuzzy Logic</i>	140
Wilis Kaswidjanti, Azty Acbariffha Nour	
Perkiraan Temperatur Reservoir Panasbumi Menggunakan Persamaan Geotermometer di Baturaden Kabupaten Banyumas Provinsi Jawa Tengah	152
Intan Paramita Haty, Bambang Triwibowo, Yody Rizkianto	
Analisis Metode Geomagnetik dengan Menggunakan Filter <i>Total Horizontal Derivative</i> dan <i>Tilt Derivative</i> Untuk Memetakan Sumber Panas Sebagai Parameter Awal dalam Penentuan Potensi Panas Bumi Daerah Parangwedang, Bantul	161
Hafiz Hamdalah, Eko Wibowo	
Prediksi Terjadinya Scale Silika dengan menggunakan Software Geo SIS	170
Dewi Asmorowati; Bambang Bintarto; Allen Haryanto Lukmana	
Analisis Bawah Permukaan dengan Metode Dipole-Dipole di Desa Girijati Purwosari Kabupaten Gunungkidul	177
Ajimas Pascaning Setiahiwibowo, Firdaus Maskuri, Ardian Novianto, Wahyu Hidayat	
Penyetelan Parameter Pengendali Komposisi Menggunakan Metode On-Off Pada Tangki Pencampur Dengan Larutan Garam Sebagai Variabel Termanipulasi	183
Y. Deddy Hermawan, Mitha Puspitasari, Cahyo F. Prihantono, Syahadan M. Akbar	

Penyetelan Parameter Pengendali Komposisi Menggunakan Metode On-Off Pada Tangki Pencampur Dengan Air Sebagai Variabel Termanipulasi	190
Mitha Puspitasari, Y. Deddy Hermawan, Muhamad Arief, Audi Naoni Azizsol	
Analisis Potensi Sumber Daya Mineral dan Kontribusi Terhadap Pendapatan Asli Daerah di Provinsi Jawa Tengah	198
Raden Hariyanto, Raden Hendri Gusaptono, Untung Sukanto, Priyo Widodo, Waterman Sulistyana Bargawa, Gregorius Aryoko Gautama, Yeremia Sembiring	
Analisis Kualitas Air Terproduksi dan Air Sungai di Sumur Tua Wonocolo, Bojonegoro, Jawa Timur	211
Ekha Yogafanny, M.Th. Kristiati E.A., Ayu Utami, Wibiana Wulan Nandari	
<i>Face Recognition</i> Dengan Metode <i>Viola Jones</i> dan <i>Euclidean Distance</i> dalam <i>Computer Vision for Intelligent Building Security</i> Untuk Peningkatan Keamanan di Lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta	222
Mangaras Yanu Florestiyanto, Panji Dwi Ashrianto	
Pendekatan <i>Macroergonomic Analysis and Design</i> pada Perancangan Meja Pola Batik Tulis di Sentra Batik Ayu Arimbi Sleman	230
Trismi Ristyowati, Tri Wibawa	
Analisis <i>Tilt Derivative</i> Anomali Residual Untuk Mengidentifikasi Patahan di Komplek <i>Melange</i> Luk Ulo Karangsembung Jawa Tengah	237
Wahyu Hidayat, Wrego Seno Giamboro	
Pengaruh Berbagai Formula Pupuk Bio-Organik Mineral Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung	249
R. Agus Widodo, Didi Saidi, Djoko Mulyanto	
<i>Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry</i> dalam Pemetaan Topografi Peta Skala Kecil (Studi Kasus : Dusun Bopongan Pandeyan, Bangunharjo, Bantul)	258
Oktavia Dewi Alfiani, Budi Santosa	
Pengaruh Asam Giberelat dan Ukuran Stek Umbi Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Garut (<i>Maranta arundinaceae</i>)	265
Susilowati, Endah Wahyurini	
Rancang Bangun Aplikasi <i>Mobile Android</i> Sistem Informasi Skripsi	273
Andi Sungkowo, Nandra Eko Nugroho	
<i>Nagios Network Monitoring Sistem</i> Berbasis Web (Studi kasus : UPN “Veteran” Yogyakarta)	282
Bagus Wiyono, Fajar Kurnia Putra, Rifki Indra Perwira	
Pemodelan Inversi 2D dan 2,5D Bawah Permukaan Cekungan Ketungau-Melawi Berdasarkan Data Gravitasi Satelit Daerah Sintang, Kalimantan Barat	291
Yanuar Dian Pertiwi, Indriati Retno Palupi, Eko Wibowo	

**SAINS
&
TEKNOLOGI**

THE EFFECT OF GUAVA SHOOTS EXTRACT ON THE ATTRACTIVENESS OF *Diaphorina citri*

Mofit Eko Poerwanto, Chimayatus Solichah
Fakulty of Agriculture, UPN “Veteran” Yogyakarta
email: mofit.eko@upnyk.ac.id

ABSTRACT

*CVPD or greening disease is the most devastating disease on citrus production in Indonesia and in the world. It is vectored by Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri*). Guava leave extract is a prospective control means for reducing psyllid population. Research was conducted to investigate the repellent effect of guava shoots to psyllids. Repellent effect of grinded dried upper shoot (leaf number 1 and 2 from the top) of 50°C and 80°C of red, white, and non-seed guava shoots to ten adult psyllids of mixed gender were determined in Y-tube olfactometer. The result shows that guava shoots has repellence effect to psyllids adult. The effect is reduced as the increase of drying temperature. Highest repellence effect is found from red guava shoots, followed by non-seed guava and white guava. It is suggested that the highest repellent properties is in red guava shoots and the ability will increase in line with the increasing of drying temperature. However the effect of extraction temperature on psyllids attractiveness should be proved further.*

Key words: *Diaphorina citri*, guava, CVPD, disease vector, drying temperature.

INTRODUCTION

Mandarin (*Citrus reticulata*) are widely grown in Indonesia. They are located mostly in North Sumatra and East Java. Production growth in 2011-2015 is decline in locations of outside Java but showed an increase in Java. Production of mandarin in Indonesia mostly comes from North Sumatra and East Java. Citrus production in Indonesia in 2020 is estimated 3.25 million tons, with the average increase 4.93% per year. Citrus consumption by household in 2016 was 3.41 kg/cap/year or 882,689 tons for Indonesian population. The demand of citrus fruit for households are projected to increase over the next five years (2016-2020) with an average of 3.73% (Ministry of Agriculture, 2015).

The most serious problem in citrus production is the widespread of Citrus vein phloem degeneration (CVPD) or Huanglongbing or Greening disease. Besides impacting on the high mortality rate, CVPD also shortens the productive life of the citrus plants as well as decreases the productivity and product quality which in turn will weaken the competitiveness and fulfill the product needs (Nurhadi, 2015). The impact of CVPD is marked by a decrease in Indonesian citrus production from 2,467,632 tons in 2008 to 1,611,768 tons in 2012, and increased imports of citrus fruits from 138,000 tons with a value of USD117 million in 2008 to 256,000 tons with a value of USD247 million in 2012 (Ministry of Agriculture, 2015).

The pathogen causes of CVPD are Gram-negative bacteria 'Candidatus Liberibacter asiaticus' and 'Candidatus Liberibacter africanus' for Asian and African types and 'Candidatus Liberibacter americanus' for American type (Nakashima *et al.*, 1998; Teixeira *et al.*, 2005). Only

the imago psyllids and the 4-5 instar nymph are capable of transmitting the disease (Capoor *et al.*, 1974; Xu *et al.*, 1988). Insect vector is able to transmit disease throughout its life (Xu *et al.*, 1991; Hung *et al.*, 2004). The control of CVPD is implemented through the application of four major components (Supriyanto & Whittle, 1991), namely (1) the use of disease-free seeds, (2) elimination of infected plants in the field, (3) vector insect control, and (4) quarantine. Control of CVPD disease vector insects (*D. citri*) still focuses on the use of synthetic insecticides that require a high enough cost to keep infected plants in production (Monzo & Stanly, 2017). Alternative substitute for synthetic insecticides is the use of mineral oil (Poerwanto *et al.*, 2012), but the availability is still low and it is expensive. The presence of guava plants in citrus plantations was able to reduce the population of psyllids and the incidence of CVPD disease (Pustika *et al.*, 2008; Zaka *et al.*, 2011), but the capability variation among the varieties of guava plants have not been investigated.

METHODS

Psyllid cultures

Culture of psyllids were obtained from Citrus and Subtropical Plants Research Station and were maintained on the ornamental orange jasmine plants (*Murraya paniculata* L.) in nylon mesh cages (600 mm long, 600 mm wide, 1000 mm high) in a greenhouse at 26±4°C and 60-80% relative humidity.

Leaf extract

Citrus (*Citrus reticulata*) shoots with 2 (two) fully open leaf, and guava leaf from the upper shoots (leaf number 1-2 from the top) were collected and then dried in oven at 50°C for 24 h and 80°C for 48 h. The dried leaf were ground to powder with an electric grinder and then sieved to avoid unwanted granules from the powder. The leaf powder was stored in airtight containers.

Olfactometer responses

Y-tube olfactometer was constructed from a 10.0 mm diameter (internal), 300 mm long, transparent glass tube, connected by a 5.0 mm diameter (internal) silicone tube to a sucking machine that was used to suck air into the olfactometer at 141 mL min⁻¹, as measured with a flow meter (Model N 112-02G, Cole-Parmer Instrument Company, Illinois, USA). Each arm of Y-tube was connected to one of the two odour sources with silicone tubing. Air entering each olfactometer was filtered through activated charcoal and humidified by passing it through distilled water before it was passed through a transparent plastic container (50 mm diameter × 40 mm high) housing the odour source (treatment). Each odour source was 25 mg dried leaf extract. Responses of adult psyllids of mixed gender were determined for the paired treatment comparisons listed in Table 1. Adult psyllids were collected in specimen tubes (31.5 mm internal diameter and 50 mm long). The specimen tubes were open at one end and covered by fine mesh at the other. The open end was immediately sealed with rubber plug after the psyllids were collected. The psyllids were then starved for 60 min before they were released into the distal end of the olfactometer used for the first of two tests (Table 1).

Table 1. Y-tube olfactometer comparisons: for each comparison, responses of 10 adult *D. citri* per replicate (n = 15) to odour from sources of leave extracts (1:1 w/w) dried at 50°C for 24 h (50) and dried at 80°C for 48 h (80) listed in the left hand and right hand column were recorded over 30 min intervals

Comparison	Odour sources		
I	Citrus + Red guava upper shoot (50)	Vs	Citrus + Non seed guava upper shoot (50)
II	Citrus + Red guava upper shoot (50)	Vs	Citrus + White guava upper shoot (50)
III	Citrus + Non seed guava upper shoot (50)	Vs	Citrus + White guava upper shoot (50)
IV	Citrus + Red guava upper shoot (50)	Vs	Citrus + Red guava upper shoot (80)
V	Citrus + Non seed guava upper shoot (50)		Citrus + Non seed guava upper shoot (80)
VI	Citrus + White guava upper shoot (50)	Vs	Citrus + White guava upper shoot (80)

The adults were left within this olfactometer for 30 min, then removed, kept within a covered specimen tube for 30 min and then released into a second olfactometer for 30 min for the second test. Ten adult psyllids were used for each replicate (n = 15 for each paired treatment). Responses to the volatile aroma sources were recorded as the proportion of adults

RESULT AND DISCUSSION

The results of the olfactometer experiments are shown in Fig. 1 up to 3. Variant response of adult psyllids to the mixture of plant volatiles odour sources of citrus leave and guava leave extract (1:1 w/w) is observed in every set of Y-tube olfactory tests. It is also obviously seen that some adult psyllids do not move to both of odour sources. Those phenomenon prove repellence effect of guava leave prevent adult psyllids to choose citrus leave extract volatile as cue to their host plant (citrus). Barman and Zeng (2014), (2016) also found the same repellence effect of guava leave extract when sprayed on citrus leave. The presence of guava shoot odour are able to reduce adult psyllids population in citrus leave (Onagbola *et al.*, 2011; Poerwanto *et al.*, 2008). Significantly less adult psyllids move to the citrus dried leave with the addition of upper shoots of red guava dried leave than non-seed upper shoots guava dried leave which was dried at 50°C for 24 h ($P < 0.0001$). The number of psyllids move to citrus leave extract with the addition of upper shoots leave extract of red guava and non-seed guava is 2.53 ± 0.22 and 3.80 ± 0.31 respectively. The number of psyllids move to non-seed guava upper shoots are same with the number of the not moved psyllids.

Mixture of red guava dried upper shoot and citrus dried leave is also less attractive for psyllids than mixture of white guava dried upper shoot and citrus dried leave ($P < 0.0001$). The number of psyllids move is 2.60 ± 0.13 and 5.47 ± 0.22 for red guava and white guava odour sources respectively.

Psyllids move in paired comparison test to the mixture of non-seed guava dried upper shoot and citrus dried leave is lower than mixture of white guava dried upper shoot and citrus

dried leave. Repellent effect of non-seed guava dried upper shoot is significantly higher than white guava dried upper shoot ($P < 0.0001$). The number of psyllids move is 2.63 ± 0.32 and 4.80 ± 0.23 for non-seed guava and white guava upper shoot odour sources respectively.

Based on the comparison responses of psyllids to the guava dried shoots (Fig 1, 2, and 3) drying at 50°C for 24 h and 80°C for 48 h, it can be stated that upper shoot (leave number 1 and 2 from the top) dried at 50°C for 24 h has higher repellence effect ($P < 0.0001$) to psyllids adult than upper shoot dried at 80°C for 48 h. The number of psyllids move to upper shoot dried at 50°C for 24 h and at 80°C for 48 h is 2.53 ± 0.22 and 1.33 ± 0.16 , 3.80 ± 0.31 and 2.07 ± 0.18 , and 5.47 ± 0.22 and 2.80 ± 0.11 , for red, non-seed, and white guava respectively. It also suggest that the repellency is dose dependent (Barman & Zeng, 2014) and higher repellence properties is in upper shoots of guava. It seem that the temperature and duration for drying of guava leave has a significant effect to the attractiveness of psyllids. However it should be proved further that the higher repellence effect is not caused by the lack of specific compound volatile from citrus leave as a cue for determining the host.

Based on the comparison of red, non-seed, and white guava dried upper shoot, it is suggested that aroma of red guava has highest repellent effect to psyllids adult, followed by non-seed guava, and white guava. Psyllid uses volatile compounds of specific species and intensities as a cue to determine the location of their host plants, and finds parts of plants that are still free of other competing insects (Zaka *et al.*, 2011; Poerwanto, 2013).

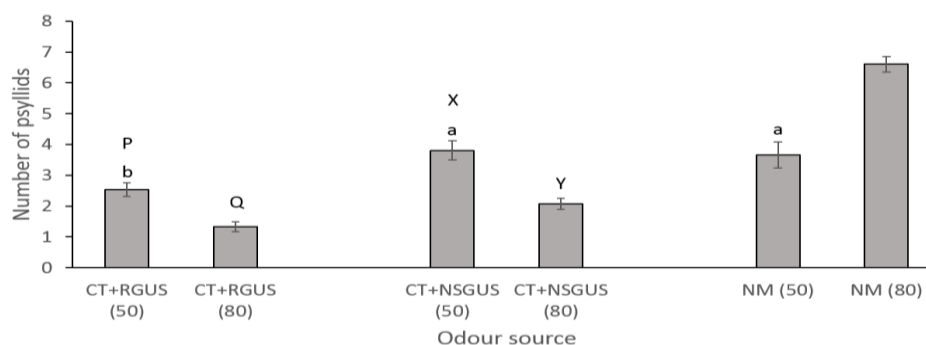


Fig 1. Mean (\pm SE) of psyllids adults that not moved (NM) or moved towards volatiles entering Y-tube olfactometers: response to leave extract of citrus + red guava upper shoots (CT + RGUS) and of citrus + non-seed guava upper shoots (CT + NSGMS), dried at 50°C for 24 h (50) and at 80°C for 48 h (80).

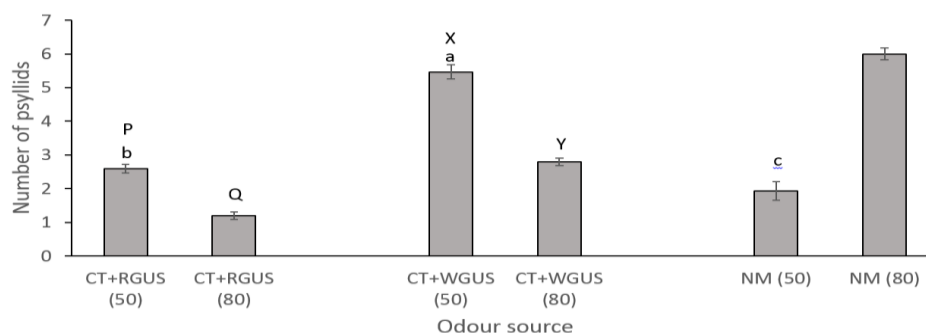


Fig 2. Mean (\pm SE) of psyllids adults that not moved (NM) or moved towards volatiles entering Y-tube olfactometers: response to leave extract of citrus + red guava upper shoots (CT + RGUS) and of citrus + white guava upper shoots (CT + WGMS), dried at 50⁰C for 24 h (50) and at 80⁰C for 48 h (80).

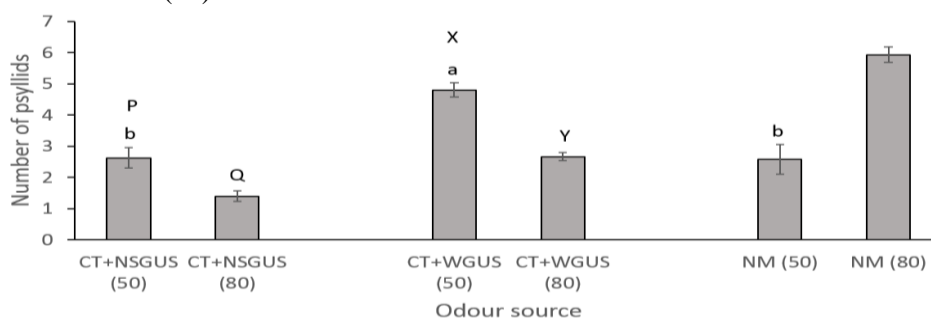


Fig 3. Mean (\pm SE) of psyllids adults that not moved (NM) or moved towards volatiles entering Y-tube olfactometers: response to leave extract of citrus + non-seed guava upper shoots (CT + NSGUS) and of citrus + white guava upper shoots (CT + WGMS), dried at 50⁰C for 24 h (50) and at 80⁰C for 48 h (80).

CONCLUSION

Guava leaf has repellent effect to psyllids adult. Highest repellent effect is found from red guava leaf, followed by non-seed guava and white guava. The repellent effect is also depended on the drying methods.

ACKNOWLEDGEMENT

Acknowledgments are sent to Ministry of Research Technology and Higher Education which has supported the financing of research with applied research scheme for budget year 2018

REFERENCES

- Barman, JC., Zeng, X. 2014. Effect of Guava Leaf Extract on Citrus Attractiveness to Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. *Pakistan Journal of Zoology*, vol. 46(4), pp. 1117-1124.
- Barman, JC., Stuart, A., Campbell, Zeng, X. 2016. Exposure to Guava Affects Citrus Olfactory Cues and Attractiveness to *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Environmental Entomology*, vol. 45(3), pp. 694–699.

- Capoor, SP., Rao, DG., Viswanath, SM. 1974. Greening disease of citrus in the Deccan Trap country and its relationship with the vector *Diaphorina citri* Kuwayama”, Proceedings of the Sixth Conference of the International Organization of Citrus Virologists, Mbabane, Swaziland, ed. LG. Weathers, M. Cohen, pp. 43-49.
- Hung, TH., Hung, SC., Chen, C., Hsu, MH., Su, HJ. 2004. Detection by PCR of *Candidatus Liberibacter asiaticus*, the bacterium causing citrus huanglongbing in vector psyllids: application to the study of vector-pathogen relationships. *Plant Pathology*. vol. 53, pp. 96-102.
- Ministry of Agriculture. 2015. Outlook jeruk. Ministry of Agriculture. 88 p.
- Monzo C., Stansly, PA. (August, 2017). Economic injury levels for Asian citrus psyllid control in process oranges from mature trees with high incidence of huanglongbing. *PLoS ONE*, [Online]. 12(4): e0175333. Available: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175333>
- Nurhadi. 2015. Penyakit huanglongbing tanaman jeruk (*Candidatus Liberibacter asiaticus*): ancaman dan strategi pengendalian. *Pengembangan inovasi pertanian*. vol. 8 (1), pp. 21-32.
- Nakashima, K., Ohitsu, Y., Prommintara, M. 1998. Detection of Citrus Organism in Citrus Plants and Psylla *Diaphorina citri* in Thailand. *Annals of the Phytopathological Society of Japan*, vol. 64, pp.153-159.
- Onagbola, EO., Rouseff, RL., Smoot, JM., Stelinski, LL. 2011. Guava leaf volatiles and dimethyl disulphide inhibit response of *Diaphorina citri* Kuwayama to host plant volatiles. *Journal of Applied Entomology*, vol.135, pp. 404–414.
- Poerwanto, ME., Trisyono, YA., Subandiyah, S., Martono, E., Holford, P., Beattie, GAC. 2008. Effect of mineral oils on host selection behaviour of *Diaphorina citri*. *Indonesian Journal of Plant Protection*, vol.14, pp. 23-28.
- Poerwanto, ME., Trisyono, YA., Subandiyah, S., Martono, E., Holford, P., Beattie, GAC. 2012. Olfactory Responses of the Asiatic Citrus Psyllid (*Diaphorina citri*) to Mineral Oil-Treated Mandarin Leaves. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, vol. 7 (1), pp. 50-55.
- Poerwanto, ME. 2013. Implementation of green agriculture technology for reducing CVPD incidence. *Proceeding of International Conference on Green Agro-Industry*.
- Pustika, AB., Poerwanto, ME., Subandiyah, S., Beattie, GAC. 2008. Insidensi *Diaphorina citri* dan CVPD pada tanaman jeruk interplanting jambu biji”, *Prosiding Seminar jeruk 2007*, pp. 371-376.
- Supriyanto, A., Whittle, AM. 1991. Citrus rehabilitation in Indonesia. *Proceeding of Eleventh IOCV Conference*, pp. 409-413.
- Teixeira, DC., Ayers, J., Danet, L., Jagoueix-Eveillard, S., Saillard, C., Bové, JM. 2005. First report of a huanglongbing-like disease of citrus in São Paulo State, Brazil and association of a new *Liberibacter* species, ‘*Candidatus Liberibacter americanus*’, with the disease. *Plant Disease*. vol. 89, pp. 107.
- Xu, CF., Xia, YH., Li, KB., Ke, C. 1988. Studies on the law of transmission of citrus huanglungbin by psyllid, *Diaphorina citri* and the distribution of the pathogen”, *Journal of the Fujian Academy of Agricultural Science*, vol. 3(2), pp. 57-62, 1988
- Xu, CF., Wang, DX., Ke, C. 1991. A report of implementation of integrated control of citrus huanglungbin, aiming at renovating old infected orchard in epidemic zone and protecting new noninfected orchard in non-epidemic zone. *Proceedings of the Sixth International Asia Pacific Workshop on Integrated Citrus Health Management*, Kuala Lumpur, Malaysia, ed. C. Ke, SB. Osman, pp. 55-61.
- Zaka, SM., Zeng, XN., Holford, P., Beattie, GAC. 2011. Repellent effect of guava leaf volatiles on settlement of adults of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama, on citrus”, *Insect Science*, vol. 17, pp. 39-45.

PENGARUH KONSENTRASI dan FREKUENSI PEMBERIAN KITOSAN TERHADAP PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN KEMIRI SUNAN

Ellen Rosyelina Sasmita, Ami Suryawati dan Endah Budi Irawati,
Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian UPN “Veteran” Yogyakarta
Email: ellensasmita@gmail.com

ABSTRAK

*Kemiri sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw) adalah salah satu tanaman yang menghasilkan minyak nabati, dapat diproses menjadi biodiesel dan dapat ditanam di lahan marginal. Agar pertumbuhan vegetatif tanaman menjadi lebih baik dapat dilakukan inovasi teknologi pemupukan pada tanaman belum menghasilkan dengan pemberian kitosan. Penelitian telah dilaksanakan di kebun energi Gunung Kelir mulai bulan Januari sampai Mei tahun 2018, menggunakan rancangan acak kelompok lengkap dua faktor yaitu konsentrasi dan frekuensi pemberian kitosan. Hasil penelitian menunjukkan terjadi interaksi antara perlakuan konsentrasi kitosan dan frekuensi pemberian kitosan pada pertambahan diameter batang pada 70 dan 90 hari setelah pengamatan awal dan pertambahan jumlah cabang sekunder pada 90 hari setelah pengamatan awal. Konsentrasi kitosan 20 dan 30 ml/l dan frekuensi pemberian kitosan 4 kali memberikan pengaruh lebih baik dibanding perlakuan yang lain. Tanaman yang diperlakukan dengan kitosan mempunyai pertumbuhan vegetatif yang lebih baik dibandingkan tanpa pemberian kitosan (kontrol).*

Kata kunci: pertumbuhan vegetatif, kemiri sunan, kitosan

PENDAHULUAN

Kemiri sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw) merupakan salah satu jenis tanaman yang mengandung minyak nabati yang potensial sebagai bahan baku biodiesel. Biodiesel dari kemiri sunan memiliki keunggulan dibandingkan sumber nabati lainnya, diantaranya rendemen yang tinggi dan memiliki umur produksi yang panjang. Tanaman kemiri sunan dapat digunakan sebagai tanaman konservasi karena pertumbuhannya cepat dan akarnya dalam sehingga dapat menahan longsor dan erosi, untuk mereklamasi lahan-lahan marginal sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomi lahan tersebut. Tanaman ini mempunyai daya adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan, mampu tumbuh di lahan kering iklim basah, mempunyai perakaran yang kuat dan dalam, mampu bertahan pada lahan berlereng sehingga dapat menahan erosi, tajuknya yang rimbun serta daunnya yang cukup lebar dan lebat dapat menyerap CO₂ dan menghasilkan O₂ yang cukup banyak serta daun tersebut akan rontok pada musim kering sehingga dapat membentuk humus yang tebal sebagai penyubur tanah.

Tanaman kemiri sunan mampu menghasilkan biji sebanyak 4-6 ton biji kering per hektar per tahun setara dengan 2-3 ton minyak kasar per hektar per tahun. Biji kemiri sunan apabila diekstrak akan menghasilkan minyak nabati. Vossen dan Umali (2002) dalam., Syafruddin dan Wahyudi (2012) menyatakan bahwa minyak kemiri sunan mengandung 50% asam α -eleostearat,

merupakan senyawa yang mengakibatkan minyak kemiri sunan beracun sehingga tidak dapat dikonsumsi. Minyak ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti sebagai insektisida alami yang sangat efektif untuk membunuh hama (Burkill, 1966 dalam., Syafruddin dan Wahyudi, 2012), bahan baku industri cat, pernis, tinta, pengawet kayu, kosmetik, dan farmasi. Memperhatikan begitu banyaknya ragam kegunaan kemiri sunan, maka tanaman ini sangat berpotensi untuk dikembangkan.

Kitosan adalah senyawa organik turunan kitin, berasal dari biomaterial kitin yang dewasa ini banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti zat pemacu pertumbuhan tanaman, biopestisida alami untuk melindungi tanaman tanaman dari serangan bakteri maupun jamur, dan sebagai bahan pelapis pada berbagai benih tanaman (Uthairatanakij dkk., 2007 dalam., Anisa, 2014). Pemberian kitosan dalam bidang pertanian dapat mengurangi stress lingkungan karena kekeringan atau defisiensi hara, meningkatkan viabilitas benih, vigor dan produksi. Pemberian kitosan juga mampu meningkatkan kandungan klorofil sehingga meningkatkan efektifitas fotosintesa (Subiksa, 2013). Di samping itu, kitosan berperan sebagai pupuk untuk memperkuat pertumbuhan (Anisa, 2014). Pemberian kitosan harus dilakukan dengan konsentrasi dan frekuensi yang tepat agar mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman kemiri sunan.

Kitosan mempunyai cakupan penggunaan yang luas, dengan afinitas yang tinggi tidak toksik, mudah didegradasi, dan bahan baku berasal dari alam. Kitosan mengatur sistem ketebalan tanaman dan menyebabkan ekskresi enzim pelawan. Lebih dari itu kitosan tidak hanya mengaktifkan sel, tetapi juga meningkatkan kemampuan pertahanan melawan penyakit dan serangan. Kitosan mempunyai efek pada pertanian, misalnya berperan sebagai sumber karbon bagi mikroba di dalam tanah, mempercepat proses transformasi senyawa organik menjadi senyawa anorganik dan membantu sistem perakaran pada tanaman untuk menyerap lebih banyak nutrisi dari tanah. Kitosan diserap oleh akar setelah diuraikan oleh bakteri di dalam tanah. Aplikasi kitosan di bidang pertanian, bahkan tanpa pupuk kimia, dan meningkatkan populasi mikroba dalam jumlah yang besar, dan proses transformasi nutrisi dari organik ke anorganik yang mana lebih mudah diserap oleh akar tanaman (Boonlertnirun dkk., 2008 dalam., Ianca, 2010). Kitosan juga mengandung zat pengatur tumbuh seperti giberelin: GA3, GA5, GA7, Auksin (Indole Acetic Acid) dan Sitokinin (Kinetin dan Zeatin) (Anonim, 2013).

Pertumbuhan vegetatif dicirikan dengan berbagai aktivitas pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang berhubungan dengan pembentukan dan pembesaran daun, pembentukan meristem apikal atau lateral dan pertumbuhannya menjadi cabang-cabang, dan ekspansi sistem perakaran tanaman. Pertumbuhan vegetatif tanaman kemiri sunan merupakan suatu hal yang penting untuk diketahui dimana nantinya diharapkan akan mendukung pertumbuhan generatif tanaman yang lebih baik sehingga tanaman dapat memberikan produktivitas yang optimum. Oleh karena itu dilakukan inovasi dalam teknologi budidaya tanaman kemiri sunan salah satunya adalah dengan pemberian kitosan dengan melakukan penelitian yang berjudul "Pengaruh Konsentrasi dan Frekuensi Pemberian Kitosan Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kemiri Sunan".

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Kebun Energi yang terletak di Dusun Gunung Kelir Kelurahan Pleret Kecamatan Pleret Kabupaten Bantul Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, adalah kebun

yang dikembangkan atas kerjasama antara Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (P3TKEEBTKE) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia dengan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Kebun Energi ini merupakan kebun percontohan sumber energi nabati yang salah satunya berbasis kemiri sunan. Penelitian berlangsung mulai bulan Januari sampai Mei tahun 2018.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit kemiri sunan varietas unggul (KS2) umur \pm 36 bulan, Kitosan, dan Insektisida. Alat yang digunakan adalah cangkul, ember, pengaduk, jangka sorong, penggaris, dan alat tulis.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi kitosan (C) terdiri dari 4 aras yaitu: C1 (10 ml/l), C2 (20 ml/l), C3 (30 ml/l), dan C4 (40 ml/l). Faktor kedua adalah frekuensi pemberian kitosan (F), terdiri dari 3 aras yaitu: F1: 3 kali pemberian yaitu pada saat 20, 40, dan 60 hari sejak awal pengamatan, F2: 4 kali pemberian yaitu pada saat 15, 30, 45, dan 60 hari sejak awal pengamatan, dan F3: 5 kali pemberian yaitu pada saat 20, 30, 40, 50 dan 60 hari sejak awal pengamatan. Dari kedua faktor tersebut diperoleh 12 kombinasi perlakuan, diulang sebanyak tiga kali, setiap kombinasi perlakuan terdiri atas 3 tanaman. Sebagai kontrol adalah tanpa perlakuan kitosan, sehingga jumlah keseluruhan = 111 tanaman kemiri sunan

Persiapan tanaman diawali pemilihan dan penentuan tanaman di lapangan yang akan menjadi obyek penelitian. Di lapangan, jarak tanam kemiri sunan 8 m x 8 m, sehingga untuk jumlah tanaman yang telah ditentukan berada di lahan dengan luas areal \pm 7000 m².

Pemberian kitosan dilakukan sesuai konsentrasi dan waktunya, untuk pemberian 15 hari pada perlakuan F2, pemberian 20 hari pada perlakuan F1 dan F3, pemberian 30 hari pada perlakuan F2 dan F3, pemberian 40 hari pada perlakuan F1 dan F3, pemberian 45 hari pada perlakuan F2, pemberian 50 hari pada perlakuan F3, dan pemberian 60 hari pada perlakuan F1, F2, dan F3.

Pengamatan karakter agronomis untuk pertumbuhan vegetatif tanaman kemiri sunan dilakukan pada umur 70 dan 90 hari setelah pengamatan awal terhadap parameter pertambahan tinggi tanaman (cm), pertambahan jumlah daun (helai), dan pertambahan diameter batang (cm), jumlah cabang sekunder, dan lebar kanopi daun (cm).

Data hasil pengamatan dianalisis keragamannya pada taraf 5%. Untuk mengetahui perbedaan antar aras, analisis dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman (cm), Jumlah Daun (helai) dan Diameter Batang (cm) pada Awal Pengamatan

Hasil sidik ragam menunjukkan ada interaksi antara tanaman yang akan diperlakukan dengan konsentrasi kitosan dan frekuensi pemberian kitosan pada parameter diameter batang pada awal pengamatan. Rerata tinggi tanaman, jumlah daun dan diameter batang disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Rerata tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai) dan diameter batang tanaman (cm) kemiri sunan pada awal pengamatan

Parameter Yang Diamati	Konsentrasi Kitosan (C)	Frekuensi Pemberian Kitosan (F)			
		F1	F2	F3	Rerata
Tinggi Tanaman	C1	272.56	295.56	257.56	275.22 a
	C2	289.78	247.00	230.44	255.74 ab
	C3	211.44	241.11	223.67	225.41 b
	C4	231.67	254.11	277.22	254.33 ab
	Rerata	251.36 p	259.90 p	247.22 p	252.67 (-) x
	Kontrol				251.89 x
Jumlah Daun	C1	158.56	202.00	137.89	166.15 a
	C2	199.78	148.56	215.22	187.85 a
	C3	151.33	79.67	123.11	118.04 a
	C4	118.22	168.67	227.00	171.30 a
	Rerata	156.97 p	149.72 p	175.81 p	160.83 (-) x
	Kontrol				175.44 x
Diameter Batang	C1	17.79 ab	19.32 a	16.62 abc	17.91
	C2	18.93 ab	14.68 abcd	17.34 abcd	16.65
	C3	15.02 abcd	10.91 d	13.17 bcd	13.03
	C4	12.47 cd	16.13 abc	18.71 ab	15.77
	Rerata	15.80	15.26	16.46	15.84 (+) x
	Kontrol				17.28 x

Keterangan: Rerata perlakuan antar kolom dan baris yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT pada taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi.

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa pada pengamatan awal untuk tanaman dengan kode C1F2 mempunyai ukuran diameter batang paling besar dibandingkan diameter tanaman yang lainnya. Rerata tinggi tanaman, jumlah daun dan diameter batang antara tanaman yang akan diberi perlakuan kitosan dan kontrol tidak berbeda.

Jumlah Cabang Sekunder (buah), Lebar Kanopi Daun (cm) pada Awal Pengamatan

Hasil sidik ragam menunjukkan ada interaksi antara tanaman yang akan diperlakukan dengan konsentrasi kitosan dan frekuensi pemberian kitosan pada parameter lebar kanopi daun pada awal pengamatan. Rerata jumlah cabang sekunder dan lebar kanopi daun disajikan pada tabel 2.

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa tanaman yang akan diperlakukan kitosan dengan kode C4F3 mempunyai ukuran lebar kanopi daun paling lebar. Rerata tanaman yang akan diberi kitosan dan tidak diberi kitosan (kontrol) mempunyai jumlah cabang sekunder dan lebar kanopi daun yang tidak berbeda.

Pertambahan Tinggi Tanaman (cm)

Hasil sidik ragam menunjukkan tidak ada interaksi antara konsentrasi kitosan dan frekuensi pemberian kitosan terhadap pertambahan tinggi tanaman pada umur 70 hari dan 90 hari setelah pengamatan awal. Rerata pertambahan tinggi tanaman disajikan pada tabel 3.

Tabel 2. Rerata jumlah cabang sekunder (buah) dan lebar kanopi daun (cm) kemiri sunan pada awal pengamatan

Parameter Yang Diamati	Konsentrasi Kitosan (C)	Frekuensi Pemberian Kitosan (F)			
		F1	F2	F3	Rerata
Jumlah Cabang Sekunder	C1	12.89	15.44	11.11	13.15 a
	C2	13.33	7.67	10.33	10.44 a
	C3	7.78	3.33	5.11	5.41 b
	C4	4.67	8.11	15.22	9.33 ab
	Rerata	9.67 p	8.64 p	10.44 p	9.58 (-) x
	Kontrol				13.22 x
Lebar Kanopi Daun	C1	190.11 abcd	233.00 ab	210.44 abc	211.19
	C2	220.44 ab	166.56 bcd	180.11 abcd	189.04
	C3	138.22 d	145.78 cd	143 cd	142.33.
	C4	143.33 cd	167.78 bcd	234.67 a	181.93
	Rerata	173.03	178.28	192.06	15.84 (+) x
	Kontrol				17.28 x

Keterangan: Rerata perlakuan antar kolom dan baris yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT pada taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi.

Pada tabel 3 berikut ini dapat dilihat bahwa pada pengamatan pertambahan tinggi tanaman umur 70 hari perbedaan nyata terjadi pada masing-masing faktor tunggalnya saja. Konsentrasi 20 ml/l (C2) dan 40 ml/l (C4) memberikan pertambahan tinggi tanaman lebih tinggi dibandingkan konsentrasi yang lain. Frekuensi pemberian kitosan 5 kali (F3) memberikan pertambahan tinggi tanaman yang lebih tinggi. Pada pertambahan tinggi tanaman 90 hari setelah pengamatan awal antara perlakuan konsentrasi dan frekuensi kitosan masing-masing aras tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda. Tanaman yang diberi kitosan menunjukkan pengaruh pertambahan tinggi tanaman yang berbeda dan lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tidak diberi kitosan (kontrol).

Pertambahan Jumlah Daun (helai)

Hasil sidik ragam menunjukkan tidak ada interaksi antara konsentrasi kitosan dan frekuensi pemberian kitosan terhadap pertambahan jumlah daun pada umur 70 hari dan 90 hari setelah pengamatan awal. Rerata pertambahan jumlah disajikan pada tabel 4.

Pada tabel 4 berikut ini dapat dilihat bahwa pada pengamatan pertambahan jumlah daun umur 70 hari setelah pengamatan awal pada perlakuan konsentrasi 30 ml/l (C3) menunjukkan pengaruh yang berbeda dengan rerata jumlah daun yang lebih sedikit dibandingkan konsentrasi yang lain. Untuk frekuensi kitosan masing-masing aras tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda. Pada pengamatan pertambahan jumlah daun umur 90 hari setelah pengamatan awal, perbedaan nyata terjadi pada masing-masing faktor tunggalnya saja. Konsentrasi 30 ml/l (C2) dan 40 ml/l (C3) memberikan pertambahan jumlah daun lebih banyak dibandingkan konsentrasi yang lain. Frekuensi pemberian kitosan 5 kali (F3) memberikan pertambahan jumlah daun yang lebih banyak. Tanaman yang diberi kitosan menunjukkan pengaruh pertambahan jumlah daun yang berbeda dan lebih banyak dibandingkan tanaman yang tidak diberi kitosan (kontrol).

Tabel 3. Rerata pertambahan tinggi tanaman kemiri sunan pada pengamatan umur 70 dan 90 hari setelah pengamatan awal

Pertambahan Tinggi Tanaman	Konsentrasi Kitosan (C)	Frekuensi Pemberian Kitosan (F)			
		F1	F2	F3	Rerata
70 hari setelah pengamatan awal	C1	26,11	35,44	29,00	30,18 ab
	C2	23,02	41,33	47,67	37,34 a
	C3	34,45	29,56	17,22	27,08 b
	C4	33,11	38,35	34,00	35,15 a
	Rerata	29,17 r	36,16 q	55,96 p	40,43 (-) x
	Kontrol				29,55 y
90 hari setelah pengamatan awal	C1	6,22	8,89	10,00	8,37 a
	C2	10,67	10,78	11,22	10,89 a
	C3	10,22	26,22	11,33	15,93 a
	C4	14,11	12,67	13,67	13,48 a
	Rerata	10,31 p	14,64 p	11,56 p	12,17 (-) x
	Kontrol				4,11 y

Keterangan: Rerata perlakuan antar kolom dan baris yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT pada taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi.

Tabel 4. Rerata pertambahan jumlah daun tanaman kemiri sunan pada pengamatan umur 70 dan 90 hari setelah pengamatan awal

Pertambahan Jumlah Daun	Konsentrasi Kitosan (C)	Frekuensi Pemberian Kitosan (F)			
		F1	F2	F3	Rerata
70 hari setelah pengamatan awal	C1	45,45	71,44	69,23	62,04 a
	C2	60,78	68,67	53,56	61,00 a
	C3	57,45	49,67	49,55	52,22 b
	C4	52,45	53,78	64,66	56,96 a
	Rerata	54,02 p	60,89 p	59,25 p	58,06 (-) x
	Kontrol				36,89 y
90 hari setelah pengamatan awal	C1	11,22	13,11	12,56	12,30 b
	C2	14,22	13,67	14,44	14,11 ab
	C3	13,56	12,78	20,33	15,56 a
	C4	14,67	15,00	15,56	15,07 a
	Rerata	13,42 b	13,64 ab	15,72 a	14,26 (-) x
	Kontrol				8,56 x

Keterangan: Rerata perlakuan antar kolom dan baris yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT pada taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi.

Pertambahan Diameter Batang (cm)

Hasil sidik ragam menunjukkan ada interaksi antara konsentrasi kitosan dan frekuensi pemberian kitosan terhadap pertambahan diameter batang pada umur 70 hari dan 90 hari setelah pengamatan awal. Rerata pertambahan diameter batang disajikan pada tabel 5.

Pada tabel 5 berikut ini dapat dilihat bahwa pada pengamatan 70 hari sejak pengamatan awal kombinasi perlakuan C2F3 (konsentrasi 20 ml/l dan frekuensi pemberian 5 kali)

memberikan pengaruh pertambahan diameter batang yang berbeda dengan kombinasi perlakuan yang lain. Pada pengamatan 90 hari sejak pengamatan awal, kombinasi perlakuan C3F2 (konsentrasi 30 ml/l dan frekuensi pemberian 4 kali) memberikan pengaruh pertambahan diameter batang yang lebih besar dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya. Rerata pertambahan diameter batang pada pengamatan 90 hari setelah pengamatan awal untuk tanaman yang diberi kitosan menunjukkan pengaruh yang berbeda dan lebih besar dibandingkan tanaman yang tidak diberi kitosan (kontrol).

Tabel 5. Rerata pertambahan diameter batang tanaman kemiri sunan pada pengamatan umur 70 dan 90 hari setelah pengamatan awal

Pertambahan Diameter Batang	Konsentrasi Kitosan (C)	Frekuensi Pemberian Kitosan (F)			
		F1	F2	F3	Rerata
70 hari setelah pengamatan awal	C1	3,98 bc	4,06 b	2,74 c	3,59
	C2	4,37 b	3,60 bc	5,68 a	4,55
	C3	3,96 b	3,53 bc	3,30 bc	3,59
	C4	2,97 c	3,83 b	3,95 b	3,58
	Rerata	3,83	3,75	3,92	3,83 (+) x
	Kontrol				4,21 x
90 hari setelah pengamatan awal	C1	1.32 b	1.29 b	1.22 b	1.28
	C2	1.16 b	1.43 b	1.49 b	1.36
	C3	1.34 b	2.23 a	1.33 b	1.64
	C4	1.43 b	1.78 ab	1.38 b	1.53
	Rerata	1.31	1.68	1.36	1.45 (+) x
	Kontrol				0.94 y

Keterangan: Rerata perlakuan antar kolom dan baris yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT pada taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi.

Pertambahan Jumlah Cabang Sekunder (buah)

Hasil sidik ragam menunjukkan ada interaksi antara konsentrasi kitosan dan frekuensi pemberian kitosan terhadap rerata pertambahan jumlah cabang sekunder pada 90 hari setelah pengamatan awal. Rerata pertambahan diameter batang disajikan pada tabel 6.

Pada tabel 6 berikut ini dapat dilihat bahwa pada pengamatan pertambahan jumlah cabang sekunder umur 70 hari setelah pengamatan awal pada perlakuan konsentrasi 30 ml/l (C3) menunjukkan pengaruh yang berbeda dengan rerata jumlah cabang sekunder yang lebih sedikit dibandingkan konsentrasi yang lain. Untuk frekuensi kitosan masing-masing aras tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda. Rerata pertambahan jumlah cabang sekunder pada pengamatan 90 hari setelah pengamatan awal, untuk kombinasi perlakuan C2F1 (konsentrasi 20 ml/l dan frekuensi pemberian 3 kali) jumlah cabang sekundernya lebih banyak dibandingkan perlakuan yang lain. Antara tanaman yang diberi kitosan dengan tanaman tanaman yang tidak diberi kitosan (kontrol) pertambahan jumlah cabang sekundernya berbeda dan lebih banyak.

Pertambahan Lebar Kanopi Daun (cm)

Hasil sidik ragam menunjukkan ada interaksi antara konsentrasi kitosan dan frekuensi pemberian kitosan terhadap rerata pertambahan lebar kanopi daun 90 hari sejak pengamatan awal. Rerata pertambahan lebar kanopi daun disajikan pada tabel 7.

Tabel 6. Rerata pertambahan jumlah cabang sekunder tanaman kemiri sunan pada pengamatan umur 70 dan 90 hari setelah pengamatan awal

Jumlah Cabang Sekunder	Konsentrasi Kitosan (C)	Frekuensi Pemberian Kitosan (F)			
		F1	F2	F3	Rerata
70 hari setelah pengamatan awal	C1	25,22	28,55	23,67	25,81 a
	C2	29,23	13,67	30,00	24,30 a
	C3	16,89	11,23	10,78	12,96 b
	C4	10,44	39,67	31,33	27,15 a
	Rerata	20,45 p	19,47 p	23,95 p	22,55 (-) x
	Kontrol				21,55 x
90 hari setelah pengamatan awal	C1	2.78 b	3.00 b	3.44 b	3.07
	C2	7.11 a	3.11 b	3.56 b	4.59
	C3	3.44 b	2.67 b	3.22 b	3.11
	C4	2.78 b	3.33 b	2.89 b	3.00
	Rerata	4.03	3.03	3.28	3.44 (+) x
	Kontrol				2.78 y

Keterangan: Rerata perlakuan antar kolom dan baris yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT pada taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi.

Pada tabel 7 berikut ini dapat dilihat bahwa pada pengamatan pertambahan lebar kanopi daun umur 70 hari perbedaan nyata terjadi pada faktor konsentrasi kitosan, dimana konsentrasi 20 ml/l (C2) dan 40 ml/l (C4) memberikan pertambahan lebar kanopi daun lebih lebar dibandingkan konsentrasi yang lain. Faktor frekuensi pemberian kitosan pada masing-masing aras menunjukkan pengaruh yang sama. Pada pengamatan 90 hari setelah pengamatan awal, rerata pertambahan lebar kanopi pada kombinasi perlakuan C3F2 (konsentrasi 30 ml/l dan frekuensi pemberian 4 kali) memberikan pertambahan lebar kanopi daun yang paling besar dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya. Antara tanaman yang diberi kitosan dan tidak diberi kitosan (kontrol) mempunyai pertambahan lebar kanopi daun yang berbeda dan lebih lebar.

Tabel 7. Rerata pertambahan lebar kanopi daun tanaman kemiri sunan pada pengamatan umur 70 dan 90 hari setelah pengamatan awal

Pertambahan Lebar Kanopi Daun	Konsentrasi Kitosan (C)	Frekuensi Pemberian Kitosan (F)			
		F1	F2	F3	Rerata
70 hari setelah pengamatan awal	C1	42,22	49,78	36,55	42,85 b
	C2	41,44	38,89	70,88	50,40 a
	C3	43,00	41,33	28,22	37,52 b
	C4	47,34	47,78	60,33	51,81 a
	Rerata	43,50p	44,45 p	48,99 p	46,65 (-) x
	Kontrol				41,00 y
90 hari setelah pengamatan awal	C1	14.11 cd	12.00 d	13.11 d	13.07
	C2	15.33 cd	20.33 bc	23.33 b	19.67
	C3	15.00 cd	39.22 a	16.22 cd	23.48
	C4	20.22 bc	16.89 cd	14.67 cd	17.26
	Rerata	16.17	22.11	16.83	18.37 (+) x
	Kontrol				9,67 y

Keterangan: Rerata perlakuan antar kolom dan baris yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT pada taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi.

Penggunaan kitosan dapat menjadi salah satu alternatif dalam upaya meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman kemiri sunan. Pemberian kitosan dengan konsentrasi 20 ml/l, 30 ml/l dan 40 ml/l secara umum memberikan pengaruh yang lebih baik dari konsentrasi 10 ml/l. Untuk frekuensi pemberian kitosan 4 kali dan 5 kali secara umum memberikan pengaruh yang lebih baik dibanding frekuensi pemberian kitosan 3 kali dan dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman kemiri sunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari parameter yang diamati, pertumbuhan vegetatif tanaman kemiri sunan yang diberi kitosan menunjukkan respon pertumbuhan yang lebih baik dibanding dengan tanaman yang tidak diberi kitosan (kontrol). Peningkatan pertumbuhan tanaman akibat pemberian kitosan disebabkan oleh peranan kitosan dalam perbaikan metabolisme tanaman. Kitosan merupakan salah satu bentuk polisakarida yang berfungsi sebagai sinyal biologis di dalam sel dan mampu mengatur pertahanan simbiosis, serta proses perkembangan tumbuhan (Dzung, 2010). Kitosan mengandung *Plant Growth Promotor* berupa giberelin, IAA, dan Zeatin (Rekso, 2005). Menurut Mawgoud dkk., (2016), kitosan diketahui dapat meningkatkan jumlah daun, klorofil, dan ketersediaan asam amino bagi tanaman.

KESIMPULAN dan SARAN

Kesimpulan

1. Terdapat interaksi antara perlakuan konsentrasi kitosan dan frekuensi pemberian kitosan terhadap pada parameter pertambahan diameter batang (C2F3), pertambahan jumlah cabang sekunder (C2F1) dan pertambahan lebar kanopi daun (C3F2).
2. Konsentrasi kitosan 20 ml/l, 30 ml/l, dan 40 ml/l memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan konsentrasi 10 ml/l pada semua parameter yang diamati.
3. Frekuensi pemberian kitosan 4 dan 5 kali kali memberikan pengaruh yang lebih baik pada sebagian besar parameter yang diamati dibandingkan frekuensi pemberian 3 kali.
4. Tanaman yang diperlakukan dengan kitosan mempunyai pertumbuhan vegetatif yang lebih baik dibandingkan tanpa pemberian kitosan (kontrol).

Saran

Frekuensi pemberian kitosan 4 kali direkomendasikan untuk diterapkan pada tanaman kemiri sunan, karena memberikan pengaruh yang sama baik dengan pemberian kitosan 5 kali. Disamping itu dilihat dari segi efisiensi penggunaan kitosannya, pemberian 4 kali lebih irit dari pada yang 5 kali, menghindari pemborosan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kemenristek Dikti atas bantuan dananya sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisa, F. 2014. Pengaruh Chitosan dan Coumarin terhadap Pertumbuhan dan Hasil Benih Kentang (*Solanum tuberosum*) G2 Kultivar Granola. *Agric. Sci. J.* Vol I No. 4: 100-10 (2014).
- Anonim. 2013. Oligokhitosan sebagai *Plant Elicitor* (pe), *Plant Growth Promotor* (pgp), dan Anti Virus. Pelatihan Perakitan Varietas Padi dan Penangkaran Benih. Jakarta. 19 November 2013. Badan Tenaga Nuklir Nasional.

- Anonim. 2016. Fitosan. Laboratorium Bahan Industri – Pusat Aplikasi Teknologi Isotop & Radiasi. Jakarta.
- Darwis, D. 2015. Oligokhitosan sebagai *Plant Elicitor* dan Zat Pemercepat Tumbuh Tanaman. Pelatihan Aplikasi Iptek Nuklir dalam Pengembangan Pertanian Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional. Jakarta. 20 April 2015. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- Gomez, K.A. dan A.A. Gomez. 1995. Prosedur Statistik Untuk Penelitian Pertanian. Terjemahan E. Syamsudin dan J.S. Baharsyah. UI Press. Jakarta.
- Herman, M., N. Heryana, dan H. Supiadi. 2009. Prospek Kemiri Sunan Sebagai Penghasil Minyak Nabati: Kemiri Sunan Penghasil Biodiesel. Bunga Rampai, Solusi Masalah Energi Masa Depan. Unit Penerbitan dan Publikasi Balittri Sukabumi. Hal 5-12.
- Herman, M dan E. Wardiana. 2009. Pengaruh Naungan dan Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Bibit Kemiri Sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw). Buletin RISTR Vol. 1 (4). Hal 197-205.
- Herman, M., M. Syakir, D. Pranowo, Saefudin, dan Sumanto. 2013. Kemiri Sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw). Tanaman Penghasil Minyak Nabati dan Konservasi Lahan. IAARD Press. Jakarta. 91 Hal.
- Ianca, B. F. 2010. Pengaruh Perlakuan Kitosan terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai Selama Fase Vegetatif dan Awal Fase Generatif. Departemen Teknologi Hasil Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Ketaren, S. 1986. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. UI Press. Jakarta.
- Kumar MNR. 2000. A review of Chitin and Chitosan Application. J. Reac and Func Poly. 46: 1-27.
- Pranowo, D., dan Rusli. 2012. Penampilan Sifat Agronomi Tanaman Kemiri Sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw) yang Berasal Dari Biji dan Grafting. Buletin RISTR 3 (3): 251-252.
- Syafaruddin dan A. Wahyudi. 2012. Potensi Varietas Unggul Kemiri Sunan Sebagai Sumber Energi Bahan Bakar Nabati. Perspektif Vol. 11 No. 1. Juni. Hal 59-67.
- Syarief, E.S. 1990. Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian. Pustaka Buana. Hal 60-75.
- Suptijah P. 2006. Deskripsi Karakteristik Fungsional dan Aplikasi Kitin dan Kitosan. Prosiding Seminar Nasional Kitin dan Kitosan.
- Tresniawati, C., E. Murniati, E. Widayati. 2014. Perubahan Fisik, Fisiologi dan Biokimia Selama Pemasakan Benih dan Studi Rekalsitran Benih Kemiri Sunan. J. Agron Indonesia 42 (1): 74-79.
- Vossen, H.A.M., dan B.E. Umali. 2002. Plant Resources of South East Asia No. 14. Prosea Foundation. Bogor. Indonesia.

KAJIAN HASIL PEMANTAUAN PERGERAKAN TANAH SECARA HORIZONTAL DAN VERTIKAL SELAMA SATU TAHUN DARI TAHUN 2017-2018 DI CLAPAR, BANJARNEGARA

Eko Teguh Paripurno¹⁾, Joko Hartadi²⁾, Oktavia Dewi²⁾, Sugeng Raharjo³⁾

¹ Program Studi Magister Manajemen Bencana Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

² Program Studi Teknik Geomatika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

³ Program Studi Teknik Geologi Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

email : paripurno@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Gerakan tanah adalah suatu gerakan menuruni lereng oleh massa tanah dan atau batuan penyusun lereng. Definisi di atas dapat menunjukkan bahwa massa yang bergerak dapat berupa massa tanah, massa batuan, ataupun percampuran antara keduanya. Masyarakat pada umumnya menerapkan istilah longsor untuk seluruh jenis gerakan tanah. Bencana longsor adalah salah satu jenis bencana yang sering terjadi di Clapar, Banjarnegara. Longsor yang terjadi merupakan kejadian yang berulang dan hingga sekarang belum ada metode yang sesuai untuk menanggapi ancaman yang ditimbulkan, sehingga langkah-langkah pencegahan belum maksimal. Menurut ahli menyatakan bahwa pergerakan tanah di daerah tersebut sangat aktif namun belum dapat diketahui secara kualitatif maupun kuantitatif tingkat keaktifannya yang dapat menimbulkan tanah longsor. Penelitian ini diharapkan mampu membantu pihak terkait untuk merancang mitigasi bencana longsor di Clapar kabupaten Banjarnegara sehingga dapat mengurangi kerugian baik dari infrastruktur ataupun jiwa di masa yang akan datang. Sedangkan tujuan jangka panjang penelitian ini adalah memetakan dengan jelas daerah rawan longsor sehingga dapat memudahkan dalam memodelkan rancangan mitigasi kebencanaan.

Salah satu metode yang digunakan dalam pencapaian tujuan tersebut adalah dengan melakukan pemantauan pergerakan tanah di daerah yang pernah mengalami longsor, menghitung pergerakan tanah dengan menggunakan penentuan posisi di permukaan tanah yang diamati dalam kurun waktu tertentu secara periodik, serta melakukan analisis pergerakannya menggunakan uji statistik beda signifikansi parameter terhadap nilai koordinat posisi di tahun 2017 dan tahun 2018. Selain dipublikasi dalam pertemuan ilmiah dan jurnal, hasil penelitian juga akan diinformasikan kepada pihak terkait dan masyarakat melalui media informasi dengan bahasa sederhana sehingga lebih mudah dicerna oleh umum dan dapat diaplikasikan secara langsung.

Berdasarkan pada uji statistik pergerakan tanah yaitu uji beda signifikansi parameter menunjukkan bahwa hasil ujinya diterima. Hal tersebut menunjukkan nilai pergerakan horizontal dan vertikal yang terjadi selama satu tahun yaitu pada tahun 2017 sampai dengan tahun 2018. Hasil uji statistik yang menyatakan tidak bergerak sesuai dengan kondisi saat pengukuran, yaitu dalam kondisi sebelum hujan, sedangkan pergerakan tanah terjadi pada saat setelah terjadi hujan.

Kata kunci: pergerakan tanah, longsor, mitigasi bencana, clapar.

PENDAHULUAN

Bencana alam adalah salah satu fenomena yang dapat terjadi setiap saat, dimanapun dan kapanpun sehingga menimbulkan risiko atau bahaya terhadap kehidupan manusia, baik kerugian harta benda maupun korban jiwa manusia. Bencana tanah longsor merupakan salah satu bencana alam geologi yang dapat menimbulkan korban jiwa dan kerugian material yang sangat besar (Nugroho. dkk, 2009). Tanah longsor itu sendiri adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran yang bergerak ke bawah atau ke luar lereng (SNI 13-7124-2005).

Dari data Bakornas Penanggulangan Bencana, sejak tahun 1998 hingga pertengahan tahun 2003, tercatat telah terjadi 647 kejadian bencana di Indonesia, dimana 85% dari bencana tersebut merupakan banjir dan longsor (Marwanta 2003). Selain itu terlihat bahwa longsor merupakan bencana alam yang sangat mengancam dan penting untuk diperhatikan setelah banjir. Hal tersebut dikarenakan frekuensi kejadian dan jumlah korban jiwa yang ditimbulkan cukup signifikan. Banjarnegara adalah Kabupaten yang memiliki kawasan pegunungan dengan resiko tanah longsor cukup tinggi. Pada hari Kamis (11 Desember 2014) dan Jumat (12 Desember 2014), setidaknya terjadi tanah longsor di 25 lokasimeski dalam skala kecil (joga.tribunnews.com).

Mengingat bahwa beberapa tempat di Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah merupakan daerah yang mempunyai potensi gerakan tanah yang cukup tinggi (Djadja dkk, 2009), maka diperlukan suatu penelitian berupa kajian potensi pergerakan massa tanah.

Desa Clapar berada di wilayah Kecamatan Madukara, terletak di bagian timur Kabupaten Banjarnegara dan berbatasan dengan Kabupaten Wonosobo. Desa Clapar secara geografis merupakan wilayah perbukitan seluas ± 350 hektar. Berdasarkan data Pemerintah Kabupaten Banjarnegara diketahui bahwa daerah tersebut merupakan daerah yang padat penduduk dan pemukiman penduduk. Pada tanggal 28 Maret 2016 lalu, terjadi bencana Longsor di Clapar, Banjarnegara, jembatan raya yang membentang mendadak meliuk, dan jalan raya tersebut terhanyut oleh aliran massa tanah.



Gambar 1. Peta administrasi kabupaten banjarnegara (sumber: Kementerian Pekerjaan Umum)

Kejadian bencana harus dinilai dengan cakupan wilayah kajian yang cukup untuk memudahkan penilaian. Jika dilihat lebih luas, desa ini berada pada wilayah yang rawan terkena dampak longsor apabila terjadi longsor pada bukit yang berada di sisi barat desa yang memiliki kriteria kemiringan sangat tinggi dengan arah kemiringan mengarah tepat ke desa. Lompatan kriteria kemiringan yang terdapat pada sisi barat desa yang mulai dari sangat rendah, menengah dan sangat tinggi, menjadikan desa ini berada pada wilayah rawan bencana longsor.

Saat gerakan tanah diawali pada 24 Maret 2016 pukul 19:00 WIB, yang disusul pada 25 Maret 2016 pukul 01:30 WIB dan pukul 06:00 WIB, luas area longsornya masih sebatas 5 hektar dengan keliling area 1,2 kilometer. Dampak yang diakibatkan meliputi 9 rumah rusak berat, 3 rumah rusak sedang dan 2 rusak ringan dengan 29 rumah lain dalam kondisi terancam. Jumlah pengungsi mencapai 158 orang. Salah satu bentuk mitigasi dalam rangka menghadapi terjadinya bencana alam dan sekaligus untuk mengurangi dampak yang ditimbulkannya adalah tersedianya sistem peringatan dini (*early warning system*) termasuk di dalamnya tersedianya data dan informasi mengenai wilayah yang rentan terhadap bahaya longsor. Untuk itu diperlukan upaya-upaya yang komprehensif untuk mengurangi resiko bencana alam, antara lain yaitu dengan melakukan kegiatan mitigasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendiskripsikan upaya mitigasi dan upaya peningkatan mitigasi bencana Tanah Longsor di Kabupaten Banjarnegara. Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, maka dilakukan kegiatan pemantauan pergerakan tanah di titik-titik sekitar daerah penelitian yang rawan longsor. Dengan mengetahui pergerakan tanah berdasarkan pengamatan GPS geodetik selama satu tahun dari tahun 2017 hingga tahun 2018, diharapkan dapat menjadi penyusun yang baik untuk menyusun metode yang sesuai sehingga dapat dimanfaatkan untuk mitigasi bencana longsor di daerah penelitian ini.

MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN

Maksud dari penelitian adalah untuk mengetahui fenomena terjadinya tanah longsor, dampak yang terjadi, dan analisis mekanisme kejadiannya secara geometrik. Dengan diketahuinya permasalahan bencana tanah longsor tersebut serta besar dan arah pergerakan secara horizontal dan vertikalnya, maka dapat dilakukan penanganannya yang efektif dan efisien serta menjadikan acuan dalam pengurangan risiko bencana pada lokasi daerah lain yang mempunyai potensi bencana tanah longsor serupa.

METODOLOGI PENELITIAN

Bencana longsor disebabkan gerakan tanah di Desa Clapar Kecamatan Madukara, Banjarnegara, Jawa Tengah yang masih terus berlangsung. Curah hujan yang cukup tinggi dan kondisi tanah yang gembur dimungkinkan akan terus membuat gerakan tanah. Terdapat 3 kegiatan yang dilakukan untuk pemantauan tanah di Desa Clapar antara lain :

Pengujian Peralatan

Pengujian peralatan dimaksudkan untuk menguji coba kemampuan dan kelancaran peralatan yang digunakan, baik perangkat GPS Geodetik maupun sistem perangkat lunak. Perangkat lunak yang digunakan untuk memproses data GPS adalah Software Geogenius.

Tahap pengumpulan data

Penentuan posisi dengan GPS pada dasarnya dilakukan dengan prinsip pengikatan ke belakang yaitu dengan mengukur jarak dari beberapa satelit yang diketahui posisinya sehingga posisi pengamat dapat dihitung. Pengamatan dengan teknologi GPS menghasilkan koordinat dalam sistem koordinat geodetik (ϕ, λ, h), koordinat kartesi tiga dimensi (X,Y,Z) dan parameter waktu. Proses hitungan dilakukan dengan mengurangi fase sinyal pembawa dari satelit dengan sinyal yang dibangkitkan dalam *receiver*.

Data yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu, data pengamatan GNSS tanggal 12 November 2017 dan 17 April 2018, dimana pada delapan titik kontrol pemantauan pergerakan tanah yang diamat selama ± 8 jam setiap titik kontrolnya. Pengukuran dilakukan dengan metode statik diferensial dengan *sampling rate* 15 detik. Titik kontrol pemantauan tersebut yaitu titik P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, dan P8.

Tahap Analisis dan Pengolahan Data

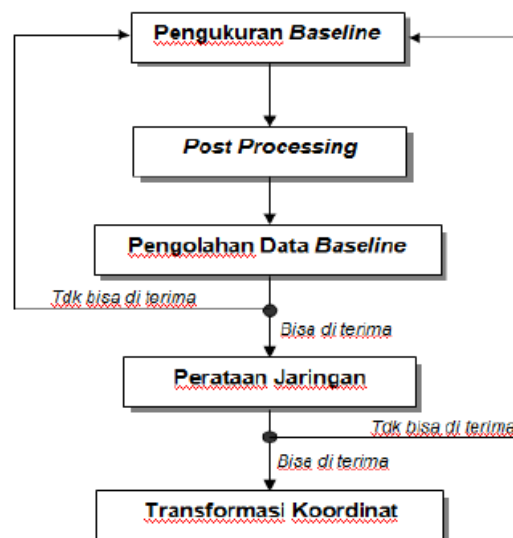
Tahapan ini merupakan tahapan dilakukannya analisis dan pengolahan data yang dilakukan di studio dan laboratorium disertai diskusi dan studi referensi tentang topik terkait. Adapun analisis yang dilakukan pada tahapan ini diantaranya:

a) Analisis pengolahan data hasil pengamatan GPS

Pengolahan Data Setelah seluruh titik telah diamati, maka tahap selanjutnya adalah melakukan pemindahan data (*download*) dari *receiver* ke *laptop*. Adapun data yang di-*download* terdiri dari format *raw data file* dan selanjutnya dikonversi menjadi tipe data *rinex file*. Pada tahap ini dilakukan dua tahapan pekerjaan yaitu :

1. Hitungan perataan baseline
2. Hitung perataan jaringan (*Network Adjustment*)

Secara umum tahapan pengukuran dan pengolahan data GPS geodetik ini dapat dilihat pada diagram alir berikut ini:



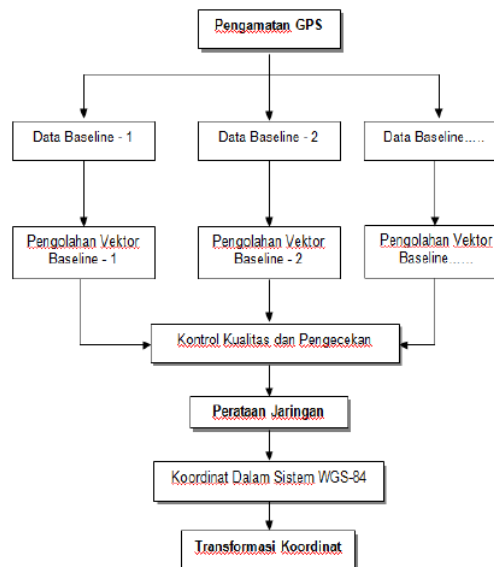
Gambar 2. Diagram Alir Pengukuran dan Pengolahan Data GPS

Pada tahap Hitung Perataan *Baseline*, dilakukan metode sederhana, yaitu meratakan sejumlah pengamatan untuk titik-titik koordinat di posisi yang sama, dengan cara memberikan bobot setiap pengamatan secara proporsional (Muhamadi dan Mutiara, 2002). Bobot pengamatan adalah harga standar deviasi hitungan rata-rata statistik untuk titik yang bersangkutan, diagram alir berikut ini (gambar 3)

Berdasarkan hasil pengolahan data akhir (*final adjustment*) menggunakan metode perataan untuk seluruh *baseline* maka didapatkan nilai analisis simpangan baku (standar deviasi) masing – masing koordinat. Koordinat yang dihasilkan pada proses pengolahan *baseline* menggunakan perangkat lunak Geogenius, adalah koordinat dalam sistem koordinat geografis dan sistem koordinat proyeksi UTM.

b) Analisis pergerakan tanah

Berdasarkan histori kejadian longsor yang terjadi di daerah penelitian, menjadi indikasi dasar tentang adanya pergerakan tanah. Dengan dilakukan pengamatan dan pengukuran geodetik dapat mengetahui besaran pergerakan tanah dalam kurun waktu tertentu untuk dijadikan acuan estimasi rancangan kejadian longsor di waktu mendatang. Analisis pergerakan tanah dilakukan dengan menggunakan uji statistik. Uji statistik yang digunakan yaitu uji beda signifikansi beda parameter. Uji tersebut dilakukan untuk mengetahui bahwa benar-benar telah terjadi pergerakan secara statistik.



Gambar 3. Diagram Alir Pengolahan Data GPS

Hitungan pergerakan horizontal dan vertikal

Nilai pergerakan horizontal dan vertikal yang terjadi diperoleh dari perbedaan nilai komponen X, Y, dan Z tiap kala. Pada proses sub bab ini data masukan berupa komponen X,Y, dan Z. Cara menghitung besar pergerakan horizontal dan vertikal sesuai dengan persamaan 1 s.d 3 sebagai berikut:

$$d_x = X_{kala^2} - X_{kala^1} \quad (1) \quad d_y = Y_{kala^2} - Y_{kala^1} \quad (2) \quad d_z = Z_{kala^2} - Z_{kala^1} \quad (3)$$

Analisis pergerakan horizontal dan vertikal

Analisis deformasi yang dilakukan untuk mengevaluasi pergerakan horizontal dan vertikal yaitu uji signifikansi beda parameter. Uji signifikansi beda parameter ini dilakukan untuk melihat signifikansi perbedaan koordinat dari dua parameter secara statistik. Adapun persamaan uji beda signifikansi parameter seperti pada persamaan 4 berikut.

$$T = \frac{X_i - X_{ii}}{\sqrt{\sigma_{xi}^2 + \sigma_{xii}^2}} \quad (4)$$

Dalam hal ini,

T : nilai t hitung

$t_{\alpha/2}$: distribusi t pada tabel t (*student*) dengan tingkat kepercayaan sebesar α

x_i : parameter kala pertama

x_{ii} : parameter kala kedua

σ_{xi}^2 : simpangan baku parameter kala pertama

σ_{xii}^2 : simpangan baku parameter kala kedua

Hitungan pergerakan koordinat 3D (X, Y dan Z)

Perhitungan besar pergerakan 3D dilakukan dengan menggunakan data masukan koordinat 3D yaitu koordinat UTM komponen X, Y, dan Z. Perhitungan nilai koordinat UTM (X, Y, Z) diperoleh dari hasil pengolahan terpisah masing-masing kala menggunakan *software* pengolahan GPS, yaitu *Geogenuis*.

Penentuan pola pergerakan koordinat 3D secara geometrik

Nilai pergerakan dalam sistem koordinat 3D (X, Y dan Z) digunakan sebagai data masukan dalam melakukan *plotting* pergerakan 3D secara geometrik. Data masukan tersebut meliputi nilai dX, dY dan dZ. *Plotting* ini dilakukan untuk melihat pola pergerakan dalam ruang 3D (X, Y, Z). Oleh karena itu, dapat dibuat kesimpulan secara global besar dan arah pergerakan 3D selama satu tahun yaitu pada tahun 2017 hingga tahun 2018.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengolahan Software Geogenius

Hasil estimasi kordinat X, Y, dan Z dan ketelitiannya pada sistem koordinat geografis di Tahun 2018 dan 2017 dapat dilihat pada Tabel 1 dan 3. Pada Tabel 2 dan 4 menunjukkan hasil estimasi komponen X, Y, dan Z ketelitiannya pada sistem koordinat UTM (Universal Transverse Mercator) di Tahun 2018 dan 2017. Hasil estimasi koordinat pada tahun 2017 dan tahun 2018 diperoleh dari hasil pengolahan data *GPS Geodetic* menggunakan *software Geogenius*.

Tabel 1. Nilai komponen 3D (X,Y, dan Z) beserta ketelitiannya dalam sistem koordinat geografis pada tahun 2018

TITIK	Lintang (LS)	Bujur (BT)	Tinggi (m)	Ketelitian (mm)		
				Lintang	Bujur	Tinggi
P1	7° 21' 08.82598"	109° 45' 52.34976"	769,016	12,9	20,4	53,7
P2	7° 21' 12.72396"	109° 45' 52.09993"	758,206	39,5	42,3	73,1
P3	7° 21' 08.23575"	109° 45' 59.51515"	762,141	26,5	24,1	61
P4	7° 19' 55.62834"	109° 46' 19.56972"	865,406	17,5	31,2	54,7
P5	7° 19' 46.77739"	109° 46' 14.50891"	837,616	33	54,9	88,4
P6	7° 18' 40.74416"	109° 44' 25.95218"	762,659	15,8	22,3	58,7
P7	7° 18' 40.00674"	109° 44' 27.04483"	767,118	27,5	21,8	58
P8	7° 18' 41.79185"	109° 44' 28.60675"	748,67	19,1	32,2	58,9

Tabel 2. Nilai komponen 3D (X,Y, dan Z) beserta ketelitiannya dalam sistem koordinat UTM pada tahun 2018

TITIK	X (m)	Y (m)	Z (m)	Ketelitian (mm)		
				X	Y	Z
P1	363637,0128	9187100,364	769,017	27,1	50,1	14,9
P2	363629,687	9186980,621	758,212	60,5	62,8	33
P3	363856,6818	9187119,098	762,141	27,9	58,1	29,3
P4	364465,5179	9189350,904	865,394	28,7	54,3	22,1
P5	364309,4685	9189622,294	837,556	48	92,6	32,4
P6	360974,9291	9191641,317	762,671	28,4	54,9	19
P7	361008,3722	9191664,062	767,118	26,7	53,9	31,4
P8	361056,3907	9191609,36	748,652	32,5	58,2	20,9

Tabel 3. Nilai komponen 3D (X,Y, dan Z) beserta ketelitiannya dalam sistem koordinat geografis pada tahun 2017

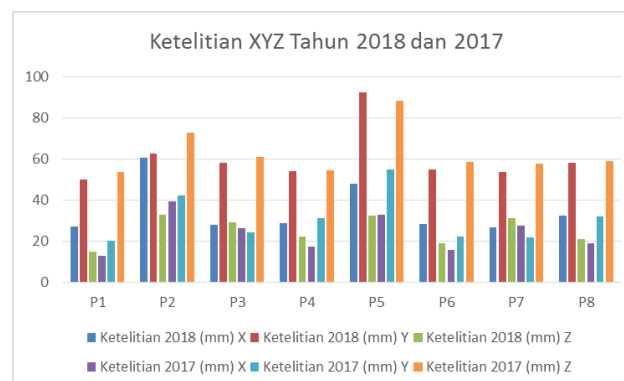
TITIK	Lintang (LS)	Bujur (BT)	Tinggi (m)	Ketelitian (mm)		
				Lintang	Bujur	Tinggi
P1	7° 21' 08.82578"	109° 45' 52.34987"	769,02	5	5,3	12,9
P2	7° 21' 12.72466"	109° 45' 52.09840"	758,27	6,1	6,4	19,3
P3	7° 21' 08.23721"	109° 45' 59.51445"	762,199	6,2	7,6	18,6
P4	7° 19' 55.60890"	109° 46' 19.57531"	865,74	7,9	10,7	23,8
P5	7° 19' 46.77745"	109° 46' 14.50869"	837,678	6,4	9,2	22,5
P6	7° 18' 40.74369"	109° 44' 25.95198"	762,581	5,7	5,9	17,4
P7	7° 18' 40.00632"	109° 44' 27.04370"	767,104	5,4	5,8	14,7
P8	7° 18' 41.78840"	109° 44' 28.60692"	748,494	5,7	7,1	18,1

Tabel 4. Nilai komponen 3D (X,Y, dan Z) beserta ketelitiannya dalam sistem koordinat UTM pada tahun 2017

TITIK	X (m)	Y (m)	Z (m)	Ketelitian (mm)		
				X	Y	Z
P1	363637,0128	9187100,364	769,017	12,9	20,4	53,7
P2	363629,687	9186980,621	758,212	39,5	42,3	73,1
P3	363856,6818	9187119,098	762,141	26,5	24,1	61
P4	364465,5179	9189350,904	865,394	17,5	31,2	54,7
P5	364309,4685	9189622,294	837,556	33	54,9	88,4
P6	360974,9291	9191641,317	762,671	15,8	22,3	58,7
P7	361008,3722	9191664,062	767,118	27,5	21,8	58
P8	361056,3907	9191609,36	748,652	19,1	32,2	58,9

Ketelitian komponen X, Y dan Z

Berdasarkan hasil pengolahan data GPS menggunakan Software Geogenius, diperoleh nilai simpangan baku XYZ tahun 2018 dan 2017. Nilai simpangan baku tersebut digunakan untuk melihat ketelitian koordinat XYZ pada setiap tahunnya. Pada Gambar 4 menunjukkan perbandingan ketelitian koordinat XYZ selama satu tahun yaitu pada Tahun 2018 dan 2017.



Gambar 4. Grafik perbandingan ketelitian koordinat X, Y dan Z tahun 2018 dan 2017

Berdasarkan pada gambar di atas, rata-rata ketelitian paling baik terletak pada titik P1 untuk tahun 2018 dan 2017. Rata-rata ketelitian paling rendah terletak pada titik P5 untuk tahun 2018 dan 2017. Jika diurutkan dari ketelitian paling baik hingga ketelitian paling rendah untuk tahun 2018 dan 2017 terletak dari titik P1, P6, P4, P7, P8, P3, P2, dan P5.

Nilai Pergerakan Horizontal dan Vertikal

Pada Tabel 5 menunjukkan nilai perbedaan koordinat XYZ selama satu tahun. Pada Tabel 6 menunjukkan nilai pergerakan horizontal dan vertikal serta arah pergerakan horizontal selama satu tahun yaitu dari tahun 2017 hingga tahun 2018.

Tabel 5. Nilai perbedaan koordinat XYZ dari tahun 2017 hingga 2018

TITIK	Xi (m)	Yi (m)	Zi (m)	Xi (mm)	Yi (mm)	Zi (mm)
P1	-0,01041	-0,00555	-0,0690	-10,41	-5,55	-69,0
P2	0,04869	0,02256	-0,0140	48,69	22,56	-14,0
P3	0,02288	0,04367	-0,1000	22,88	43,67	-100,0
P4	-0,16957	-0,56346	-0,3110	-169,57	-563,46	-311,0
P5	-0,14401	-0,04493	-0,1030	-144,01	-44,93	-103,0
P6	-0,00699	-0,02428	0,1080	-6,99	-24,28	108,0
P7	0,03262	-0,04229	0,0920	32,62	-42,29	92,0
P8	-0,0902	-0,09332	0,0690	-90,2	-93,32	69,0

Tabel 6. Nilai dan arah pergerakan horizontal dan vertikal dari tahun 2017 hingga 2018

TITIK	HORIZONTAL (m)	VERTIKAL (m)	HORIZONTAL (mm)	VERTIKAL (mm)	ARAH (RADIAN)
P1	0,011797058	-0,0690	11,79705845	-69,0	1,080989
P2	0,053662554	-0,0140	53,66255418	-14,0	1,136905
P3	0,049300742	-0,1000	49,3007422	-100,0	0,482607
P4	0,588422602	-0,3110	588,4226019	-311,0	0,292323
P5	0,150856173	-0,1030	150,8561732	-103,0	1,268374
P6	0,025266154	0,1080	25,2661537	108,0	0,280311
P7	0,053408881	0,0920	53,40888055	92,0	-0,65702
P8	0,129786988	0,0690	129,7869879	69,0	0,768399

Hasil Analisis Pergerakan Horizontal dan Vertikal

Nilai pergerakan horizontal dan vertikal yang telah diperoleh dalam waktu satu tahun yaitu dari tahun 2017 s.d 2018, selanjutnya dilakukan analisis pergerakan horizontal dan vertikal menggunakan uji statistik, yaitu uji beda signifikansi parameter. Uji statistik tersebut dilakukan untuk mengetahui bahwa nilai pergerakan horizontal dan vertikal yang didapat, disebabkan oleh adanya pergerakan ataukah hanya karena disebabkan oleh adanya kesalahan acak pada pengukuran titik-titik kontrol tersebut. Pada Tabel 7 menunjukkan hasil uji beda signifikansi parameter.

Tabel 7. Hasil uji beda signifikansi parameter

TITIK	Uji terhadap beda X	Hasil Uji	Uji terhadap beda Y	Hasil Uji	Uji terhadap beda Z	Hasil Uji
P1	-0,78986	tdk signifikan	-0,27063	tdk signifikan	-123,353	signifikan
P2	1,223657	tdk signifikan	0,530471	tdk signifikan	-87,7944	signifikan
P3	0,857916	tdk signifikan	1,799926	tdk signifikan	-161,472	signifikan
P4	-8,96093	signifikan	-17,8321	signifikan	-367,992	signifikan
P5	-4,29355	signifikan	-4,81612	signifikan	-192,471	signifikan
P6	-0,43608	tdk signifikan	-1,07706	tdk signifikan	48,95214	signifikan
P7	1,180916	tdk signifikan	-1,9301	tdk signifikan	33,47787	signifikan
P8	-4,57438	signifikan	-2,87919	tdk signifikan	9,099917	signifikan

Berdasarkan pada Tabel 7 menunjukkan bahwa hasil ujinya signifikan untuk pergerakan secara vertikal di semua titik kontrol, selanjutnya pada titik P4 dan P5 mengalami pergerakan horizontal juga dengan ditunjukkan hasil yg signifikan pada uji statistiknya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian adalah Berdasarkan hasil yang diperoleh dari uji statistik yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa nilai pergerakan horizontal dan vertikal yang terjadi selama satu tahun dari tahun 2017 s.d 2018 terjadi pada titik kontrol P4 dan P5. Untuk P1 hingga P8 telah terjadi pergerakan secara vertikal saja. Oleh karena itu titik kontrol P1, P2, P3, P6, P7, dan P8 tidak mengalami pergerakan secara horizontal.

Hal tersebut sesuai dengan kondisi selama pengukuran, yaitu dalam waktu satu tahun telah terjadi hujan dalam waktu yang cukup lama. Sehingga terjadi pergerakan baik secara horizontal maupun vertikal pada titik-titik kontrol tersebut. Pada Tabel 8 menunjukkan besarnya nilai pergerakan horizontal dan vertikal yang terjadi dari tahun 2017 s.d 2018.

Tabel 8. Besar pergerakan horizontal dan vertikal yang terjadi

TITIK	HORIZONTAL (m)	VERTIKAL (m)	HORIZONTAL (mm)	VERTIKAL (mm)
P1	tidak mengalami	-0,0690	tidak mengalami	-69,0
P2	pergerakan	-0,0140	pergerakan	-14,0
P3	horizontal	-0,1000	horizontal	-100,0
P4	0,588422602	-0,3110	588,4226019	-311,0
P5	0,150856173	-0,1030	150,8561732	-103,0
P6	tidak mengalami	0,1080	tidak mengalami	108,0
P7	pergerakan	0,0920	pergerakan	92,0
P8	horizontal	0,0690	horizontal	69,0

Berdasarkan Tabel 8 menunjukkan bahwa pada titik kontrol P4 mengalami pergerakan horizontal sebesar 0,58 meter, dan titik kontrol P5 mengalami pergerakan horizontal sebesar 0,15 meter. Selanjutnya pada titik kontrol P4 mengalami pergerakan vertikal paling tinggi sebesar 0,31 meter, untuk titik kontrol P2 mengalami pergerakan vertikal paling kecil yaitu sebesar 0,01 meter. Tanda minus pada pergerakan vertikal menunjukkan adanya pergerakan turun.

Saran

Adapun beberapa hal yang dapat dijadikan saran yaitu, pengukuran dilakukan pada kondisi meteorologi yang relatif sama antara tahun 2017 dan tahun 2018 karena hasil pengamatan sangat dipengaruhi oleh kondisi meteorologi saat pengukuran. Perlu informasi dari bidang lain seperti, status fisik, sifat materi, tegangan, dan hubungan beban agar hasil yang diperoleh benar-benar akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gamal, M., Sadarviana, V., Darmawan, D., Surono, Hendrasto, M. and Suganda, O. K. (2007) Studying Landslide Displacements in the Ciloto Area (Indonesia) Using GPS Surveys, *Journal of Spatial Science*, Mapping Science Institute Australia, Vol. 52, No. 1. Website :http://www.mappingsciences.org.au/journal/june_07.html
- Apriyanti, D., 2014, *Analisis Pergerakan Horizontal Waduk Sermo Tahun 2012-2013 Berdasarkan Hasil Hitung Perataan Parameter Berbobot*, Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Caspary, W.F., 1987, *Concept of Network and Deformation Analysis*, 1st, Edition School of Surveying, The University of New South Wales, Monograph 11, Kensington, N.S.W.
- Gikas, V. dan Sakellariou, M., 2008, *Horizontal Deflection Analysis of a Large Earthen Dam by Means of Geodetic and Geotechnical Methods*, 13th FIG Symposium on Deformation Measurement and Analysis, Inec, Lisbon.
- Howard, A.D. 1967. Drainage Analysis in Geologic Interpretation: *A Summation*, *AAPG Bulletin*, vol. 51, hal. 2246-2259.
- NASA, "The IGS Tracking Network", <https://igsceb.jpl.nasa.gov/network/complete.html> (diakses tanggal 13 Mei 2015).
- Postuma, J.A. 1971. *Manual of Planktonic Foraminifera: Royal Dutch/Shell Group*, The Hague, Netherlands.
- Rickard, M.J. 1972. Fault Classification Discussion: *Geological Society of America Bulletin*, vol. 83, hal. 2545-2546.
- Rizos, C., 1997, "Principles and Practice of GPS Surveying". The School of Geomatic Engineering, The University of New South Wales, Sydney, Australia.
- Streckeisen, A., 1967. Classification and nomenclature of igneous rocks: *Nues Jarbuch fur Mineralogie Abhandlungen*, vol. 107, hal. 144-240
- van Zuidam, R.A. 1979. *Terrain Analysis and Classification using Aerial Photographs: A Geomorphological Approach* ITC, Text Book.
- Verstappen. 1985. *Geomorphological Surveys for Environmental Development*: Elsevier Science Publishing Company Lnc, Amsterdam.
- Widjajanti, N., 2010, "Deformation Analysis of Offshore Platform using GPS Technique and its Application in Structural Integrity Assessment", *Ph.D Disertasi*, Universiti Teknologi PETRONAS, Malaysia.

KARAKTERISASI HASIL PENCAIRAN BATUBARA SUB-BITUMINUS PADA SUHU RENDAH DENGAN PELARUT GLICEROL/PHENOL

Adi Ilcham¹, Basuki Rahmad², EdyNursanto³, Gogot Haryono¹

¹Department of Chemical Engineering, Faculty of Technology Industry

²Department of Geological Engineering, Faculty of Technology Mineral

³Department of Mining Engineering, Faculty of Technology Mineral

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

ABSTRACT

Kebutuhan bahan bakar fosil berupa minyak bumi selalu meningkat. Batubara memiliki potensi sebagai sumber bahan bakar cair. Pencairan batubara (liquefaction) adalah salah satu langkah pemanfaatan batubara peringkat rendah yang jumlahnya melimpah. Pada pencairan batubara padat menjadi cair diperlukan pelarut dan katalis yang direaksikan dengan batubara. Pelarut dapat bertindak sebagai donor hidrogen yang berfungsi meningkatkan rasio H/C. Lazimnya pencairan dilakukan pada suhu tinggi sehingga memerlukan energi yang besar. Penelitian ini diupayakan untuk melakukan pencairan pada suhu relatif lebih rendah dibanding yang pernah dilakukan. Diharapkan pada praktiknya proses pencairan dapat lebih ekonomis.

PENDAHULUAN

Kebutuhan bahan bakar fosil berupa minyak bumi selalu meningkat. Akan tetapi sumber-sumber minyak bumi dalam negeri semakin berkurang sehingga perlu dicari sumber-sumber lain. Melimpahnya batubara peringkat rendah dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar cair.

Upaya mengubah batubara menjadi minyak atau yang dikenal dengan istilah liquefaksi (*liquefaction*) sudah mulai dilakukan oleh Bergius pada sekitar 1912. Umumnya batubara memiliki kandungan mayoritas karbon, hidrogen, dan oksigen. Agar batubara cair dapat digunakan sebagai bahan bakar kandungan hidrogen harus ditambah. Prinsip pencairan batubara adalah mereaksikan batubara dengan hidrogen untuk membentuk bahan hidrokarbon yang memiliki H/C yang relatif tinggi. Sebagai perbandingan, H/C minyak bumi adalah sekitar 1,7 sedangkan untuk batubara berkisar 0,46 - 0,8 (Robinson, 2009).

Beberapa aspek terkait proses pencairan batubara telah dilaporkan (Robinson, 2009), (Hook and Aleklett, 2009). Untuk memenuhi agar hidrogen dapat bereaksi dengan batubara, hidrogen perlu dimasukkan dari luar. Macam-macam pelarut telah digunakan yang dapat berfungsi sebagai sumber hidrogen terutama tetralin (Shui et al., 2010). Disebutkan bahwa pelarut yang dapat berfungsi sebagai donor hidrogen terdiri solven yang sifatnya reaktif (Singh, 2015), (Thavasi et al., 2009). Namun penggunaan tetralin dapat meningkatkan biaya pemrosesan liquefaksi. Oleh karena itu diupayakan sumber hidrogen berasal dari sumber lain yang lebih murah. Beberapa sumber hidrogen telah digunakan oleh para peneliti (Abdullah et al., 2008). Sumber hidrogen yang lebih murah dapat digunakan campuran tetralin-glycerol (Ali et al., 2014),

(Alvarez, 2013). Sumber lain dapat juga digunakan yaitu asam formiat atau propanol (Roger and Zheng, 2016).

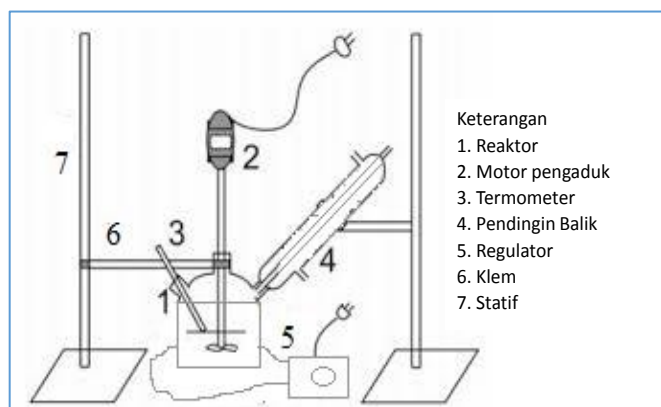
Gao et al. (2015), (Wolfson et al., 2013), (Isa, 2017) telah mempelajari pengaruh solvent dan tekanan pada pencairan batubara dan menyimpulkan tekanan dan jumlah pelarut sangat berpengaruh untuk meningkatkan hasil liquefaksi. Sejumlah reaksi dapat berlangsung dengan media glicerol (Garscia et al., 2010)

Pada penelitian ini akan dipelajari karakteristik pencairan batubara menggunakan supporter katalis dan sumber pelarut yang berbeda. Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai sarana mendapatkan proses liquefaksi yang lebih murah. Reaksi hidrogenasi dapat dilakukan pada suhu rendah yaitu lebih dari 150°C (Shoola, 2015) atau dapat juga dapat di bawah suhu 200°C (Wang et al., 2010). Macam-macam katalis yang lazim digunakan dalam proses liquefaksi ditentukan oleh prosesnya (Shui et al., 2010). Pemisahan padatan-cair dapat digunakan n-heksana (Hao et al., 2018). Suhu adalah faktor yang sangat berperan dalam liquefaksi. Namun demikian mekanisme pencairan belum diketahui secara keseluruhan. Dua langkah yang penting dalam liquefaksi adalah putusnya struktur makromolekul batubara dan terbentuknya senyawa dengan berat molekul lebih rendah (Shui et al., 2010)

EKSPERIMENTAL

Batubara peringkat rendah yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Kalimantan Selatan formasi Warukin. Batubara memiliki sifat-sifat yang dijelaskan oleh Ilcham et al., 2017.

Penelitian dilakukan menggunakan reaktor dengan volume 200 mL. Reaktor dilengkapi dengan pemanas dan pengukur suhu serta serangkaian pendingin untuk menangkap bahan-bahan volatil (Gambar 1) . Sejumlah batubara, katalis dan pelarut dengan perbandingan tertentu dimasukkan ke dalam reaktor. Kemudian pemanas reaktor dinyalakan sampai suhu yang dikehendaki. Pemanasan dipertahankan setelah mencapai suhu tertentu. Setelah reaksi reaktor dibiarkan mendingin secara alami. Hasilnya yang berupa padatan dan cairan kemudian dipisahkan. Pemisahan pertama dilakukan antara padatan dan cairan. Selanjutnya cairan disaring menggunakan kertas saring. Padatannya kemudian dikeringkan di dalam oven yang dilengkapi pompa vakum. Pengeringan oven dilakukan dalam kondisi vakum 150-200 mmHg.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan pertama dilakukan dengan variasi waktu proses. Batubara yang digunakan berjumlah 2 gram dengan perbandingan pelarut glicerol/phenol 15:1. Suhu dipertahankan pada 300°C. Waktu proses ditetapkan 45, 60, 75, dan 90 menit. Awal waktu proses dihitung sejak pertama kali pemanas dan pengatur suhu dinyalakan. Setelah proses dilakukan di dalam reaktor terdapat padatan dan cairan. Setelah dilakukan pengukuran maka diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil pencairan batubara

Kode Sample	Suhu °C	Waktu proses, menit	Massa batubara sisa, gram	Volume cairan tertinggal, mL	Persentase kehilangan batubara, %
A	300	45	2,74	20	8,67
B	300	60	2,60	17	13,33
C	300	75	2,24	12	25,33
D	300	90	2,05	10	33,33

Data-data di Tabel 1 menjelaskan bahwa terjadi proses pencairan batubara dengan persentase bervariasi seiring kenaikan waktu proses. Kondisi ini dapat menunjukkan kesesuaian dengan penjelasan di berbagai penelitian bahwa suhu proses pencairan yang memberikan hasil maksimal berkisar antara 400-450 °C (Ali et al., 2014).

KESIMPULAN

Untuk mendapatkan hasil pencairan yang lebih banyak dapat dilakukan pada suhu yang lebih tinggi. Suhu 300°C hanya mampu mencairkan sekitar 33,33% batubara. Viskositas dari cairan tersisa masih harus diteliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Hengfu Shui, Zhenyi Cai and Chunbao (Charles) Xu, Recent Advances in Direct Coal Liquefaction, *Energies* 2010, 3, 155-170; doi:10.3390/en3020155
- Q. Wang, Q. Chen, P. Apaer, N. Kashiwagi, H. Kurokawa, K. Sugiyama, X. Wang & X. Guo, Liquefaction processes and characterization of liquefied products from waste woody materials in different acidic catalysts, *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Vol 142, © 2010 WIT Press www.witpress.com, ISSN 1743-3541 (on-line) *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Vol 142, © 2010 WIT Press doi:10.2495/SW100321
- José I. García, Héctor García-Marín and Elisabet Pires, Glycerol based solvents: synthesis, properties and applications *Green Chem.* 2010, 12, 426–434
- Khairuddin Md Isa, Tuan Amran Tuan Abdullah, Umi Fazara Md Ali Hydrogen donor solvents in liquefaction of biomass: A review Article in *Renewable and Sustainable Energy Reviews* · June 2017 DOI: 10.1016/j.rser.2017.04.006
- Adi Wolfson, Igor Grinberg, Dorith Tavor, 2013, Solvent Selection in Transfer Hydrogenation and Suzuki Cross-coupling, *Energy and Environmental Engineering* 1(1): 17-23, 2013
- Pan Hao, Zongqing Bai, Ranran Hou, Junli Xu, Jin Bai, Zhenxing Guo, Lingxue Kong, Wen Li, Effect of solvent and atmosphere on product distribution, hydrogen consumption and coal structural change during preheating stage in direct coal liquefaction, *Fuel* 211 (2018) 783–788

- Hengfu Shui, Zhenyi Cai and Chunbao (Charles) Xu, *Review Recent Advances in Direct Coal Liquefaction*, *Energies* 2010, 3, 155-170; doi:10.3390/en3020155
- Christopher Olugbenga Olusegun Shoola, 2015, *Asymmetric Transfer Hydrogenation of Secondary Allylic Alcohols*, Dissertation Seton Hall University, Department of Chemistry and Biochemistry South Orange, New Jersey USA
- Velmurugan Thavasi, Ryan Phillip Anthony Bettens, and Lai Peng Leong, 2013, *Temperature and Solvent Effects on Radical Scavenging Ability of Phenols*, *J. Phys. Chem. A*, 2009, 113 (13), 3068-3077 • DOI: 10.1021/jp806679v
- Alba E. Díaz-Álvarez † and Victorio Cadierno, 2013 *Glycerol: A promising Green Solvent and Reducing Agent for Metal-Catalyzed Transfer Hydrogenation Reactions and Nanoparticles Formation*, *Appl. Sci.* 2013, 3, 55-69.
- Shansong Gao, Dexiang Zhang, and Kejian Li, 2015, *Effect of Recycle Solvent Hydrotreatment on Oil Yield of Direct Coal Liquefaction*, *Energies* 2015, 8, 6795-6805; doi:10.3390/en8076795, ISSN 1996-1073 www.mdpi.com/journal/energies
- Mikael Hook and Kjell Aleklett, 2009, *A review on coal-to-liquid fuels and its coal consumption*, INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH, Int. J. Energy Res. (2009), Published online in Wiley InterScience, (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/er.1596
- Ken K. Robinson, *Reaction Engineering of Direct Coal Liquefaction*, *Energies* 2009, 2, 976-1006
- Reyna Singh, 2015, *AN INVESTIGATION OF A TWO-STEP, TEMPERATURE-STAGED, DIRECT COAL LIQUEFACTION PROCESS*, Master Thesis, Durban University
- Mohd Fauzi Abdullah, Mohd Azlan Mohd Ishak and Khudzir Ismail *PYROLYSIS AND LIQUEFACTION OF ACETONE AND MIXED ACETONE/TETRALIN SWELLED MUKAH BALINGIAN MALAYSIAN SUB-BITUMINOUS COAL – THE EFFECT ON COAL CONVERSION AND OIL YIELD* The Malaysian Journal of Analytical Sciences Vol. 12 No. 1 (2008)
- Kyle A. Rogers and Prof. Ying Zheng, *Selective Deoxygenation of Biomass-Derived Bio-oils within Hydrogen-Modest Environments: A Review and New Insights*, First published: 7 July 2016
- S. N. Ali, K. Ismail, M. A. M. Ishak & A. H. Jawad *Coal liquefaction using a tetralin-glycerol co-solvent system: effect of temperature and reaction time on conversion and product yield* WIT Transactions on Ecology and The Environment, Vol 186, 2014 WIT Press

BIOADITIVE UNTUK MENAIKAN ANGKA OKTAN BENSIN (REVIEW)

Mahreni

Dosen Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Email: mahreni@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Menemukan bahan aditiv (octane dan cetane booster) baru yang tidak mengandung logam dan dibuat dari bahan baku terbarukan sangat penting seiring dengan mindset masyarakat dunia yang semakin peduli terhadap kebersihan lingkungan. Pemakaian Tetra Ethyl Lead (TEL) sebagai octane booster menambah beban lingkungan karena menambah kompleks kandungan gas hasil pembakaran bensin. Tetra Ethyl Lead mengandung logam Pb yang ikut bersama gas buang dan terhirup oleh pernafasan. Logam berat akan terakumulasi di dalam organ tubuh seperti ginjal, dan dapat menyebabkan perubahan genetik sel. Review ini akan mengulas mengenai perkembangan bahan aditiv yang telah digunakan untuk menaikkan angka oktana bahan bakar, teknologi proses pembuatan aditiv bio dan karakterisasi produk aditiv. Review dilakukan dengan menganalisis perkembangan aditive selama 10 tahun kebelakang dari berbagai sumber dan hasil analisis disimpulkan oleh penulis untuk dapat digunakan sebagai petunjuk untuk memproduksi bahan aditiv kedepan dengan tujuan memproduksi bahan aditiv yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata kunci: Angka oktana, bahan baku terbarukan, bioaditiv, octane booster.

1. PENDAHULUAN

Bahan kimia aditiv sebagai octane booster

Bahan aditiv yang ditambahkan ke dalam bahan bakar mempunyai beberapa tujuan yaitu: Sebagai bahan untuk menaikkan angka oktan, untuk meningkatkan stabilitas bahan bakar (antioksidan), sebagai anti ketukan, pewarna, deaktivator logam, penghambat korosi, dan lain lain. Beberapa bahan aditiv yang ada di pasar komersial diataranya dapat digolongkan menjadi beberapa golongan didasarkan kepada struktur kimia bahan tersebut: Diantaranya adalah dari golongan Eter seperti Methyl tert-butyl ether (MTBE), Tertiary amyl methyl ether (TAME), Tertiary hexyl methyl ether (THEME), Ethyl tertiary butyl ether (ETBE), Tertiary amyl ethyl ether (TAAE), Diisopropyl ether (DIPE). Eter digunakan untuk meningkatkan angka oktan bensin berperan sebagai bahan kimia yang mempunyai kandungan oksigen sehingga dapat digunakan untuk menambah kandungan oksigen bahan bakar ketika terjadi pembakaran dengan udara. Oksigen yang terkandung di dalam eter dapat menyempurnakan pembakaran sehingga mencegah pembentukan karbok monoksida (CO), NO_x dan SO_x dimana gas gas tersebut sangat beracun terhadap kehidupan. Bahan kimia yang mengandung oksigen sebagai octane booster juga dapat menggunakan alkohol seperti Metanol, Etanol, Isopropil alkohol, n- butanol, t-butanol. Bahan aditiv yang dapat meningkatkan stabilitas bahan bakar adalah sebagai anti oksidan yang telah

digunakan adalah *Butylated hydroxytoluene*, *BHT*, *2,4-Dimethyl-6-tert-butylphenol*, *2,6-Di-tert-butylphenol* (*2,6-DTBP*), *p-Phenylenediamine* dan *Ethylenediamine*. Bahan kimia anti ketukan menggunakan *Tetraethyllead*, disinyalir apabila terhirup akan merusak otak. *Methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl* (*MMT*) sangat beracun dan merusak syaraf menyebabkan penyakit yang sama dengan Parkinson (*Manganism*). *Ferrocene* sangat beracun, *Toluene*, *Isooctane* dan *Triptane*. Sebagai bahan pewarna menggunakan bahan kimia pelarut seperti *solvent red 24*, *solvent red 26*, *solvent yellow 124*, *solvent blue 35*).

2. PUSTAKA

Bahan aditiv akan terbakar di dalam ruang pembakaran dan mengalami reaksi oksidasi menghasilkan komponen komponen yang mempunyai berat molekul kecil. Komposisi gas hasil pembakaran kendaraan bermotor sangat kompleks dan akibat yang ditimbulkan oleh gas hasil pembakaran dapat dilihat pada tabel 1.

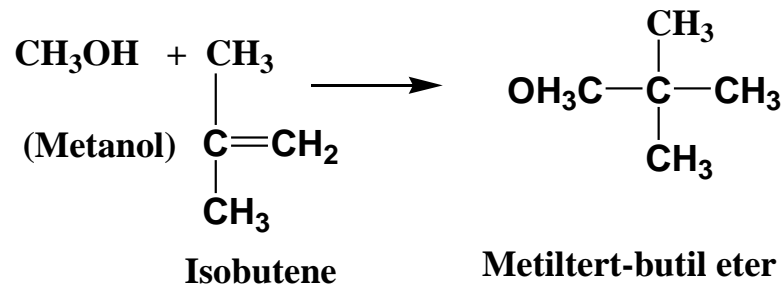
No	Bahan kimia	Dampak
1.	Timbal (Pb)	Timbal (Pb) merupakan suatu logam berat yang lunak berwarna kelabu kebiruan dengan titik leleh 327°C dan titik didih 1.620°C. Pada suhu 550–600°C timbal menguap dan bereaksi dengan oksigen dalam udara membentuk timbal oksida. timbal berakumulasi dalam tubuh manusia. Dalam dosis rendah sekalipun kasus paparan polusi timbal ternyata dapat menimbulkan gangguan pada tubuh tanpa menunjukkan gejala klinik.2-6 Timbal juga terbukti meningkatkan jumlah kematian pada penderita penyakit jantung. Sampai saat ini belum dapat ditentukan berapa kadar terendah dari timbal dalam tubuh yang aman untuk kesehatan
2.	Gas karbon monoksida (CO)	Jika terhirup ke dalam paru paru akan beredar bersama aliran darah keseluruh tubuh dan akan berikatan dengan hemoglobin darah membentuk karboksiaemoglobin sehingga darah tidak bisa mengikat oksigen.
3.	CO ₂	Akumulasi CO ₂ dapat menyebabkan efek rumah kaca dan menaikkan suhu bumi.
4.	NO _x	Gas beracun hasil pembakaran N ₂ yang ada di dalam udara yang digunakan untuk terjadinya reaksi oksidasi bensin.
5.	SO _x	Gas beracun

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa gas hasil pembakaran merupakan gas yang masuk ke dalam udara dan akan terhirup oleh pernafasan. Berbagai efek yang dapat ditimbulkan oleh gas buang kendaraan adalah hujan asam, berbagai penyakit dan akumulasi CO₂ yang dapat menyebabkan suhu bumi meningkat dan pemanasan global. Indonesia dalam usaha mendukung program langit biru, sudah melarang penggunaan TEL sejak tahun 2006 (<https://www.antaraneews.com/berita/63459/indonesia-tak-gunakan-timbal-lagi-dalam-bbm>).

2.1. Proses pembuatan bahan aditiv

Dalam sub bab ini dijelaskan mengenai proses proses pembuatan bahan aditiv yang tidak mengandung logam karena penulis memprediksi pada tahun tahun mendatang aditiv berbasis logam dilarang digunakan.

2.1.1. Proses pembauatn aditiv dari golongan eter



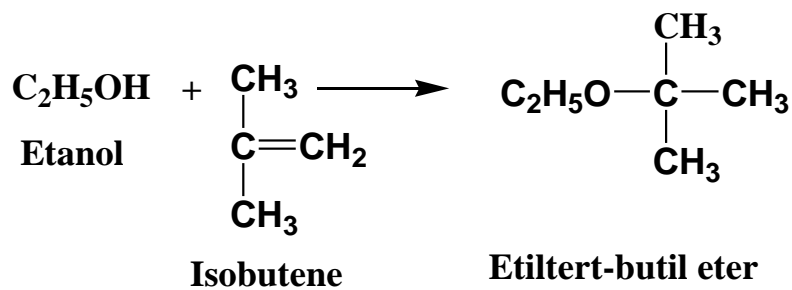
Gambar.1. Reaksi pembentukan MTBE (Tert- bitil eter dari metanol dan isobutene)

Metil-tert butil eter (MTBE) dibuat dengan cara mereaksikan metanol dan isobutene pada suhu 50-90°C meggunakan katalis resin penukar ion porous. Reaksi berlangsung pada tekanan 1,0 sampai dengan 1,5 Mpa, dalam fasa cair. Mol metanol dibuat berlebih.

<http://simoehch.blogspot.com/2014/02/manufacture-of-methyl-tert-buthyl-ether.html>

2.1.2. Proses pembuatan Etil-tertbutil eter (ETBE)

Bahan baku untuk pembuatan ETBE adalah etanol dan isobutene. Kondisi reaksi pada suhu 60°C dan tekanan 10 atm di dalam reaktor *Fixed bed multi tube*. Katalis yang digunakan adalah amberlist 15.

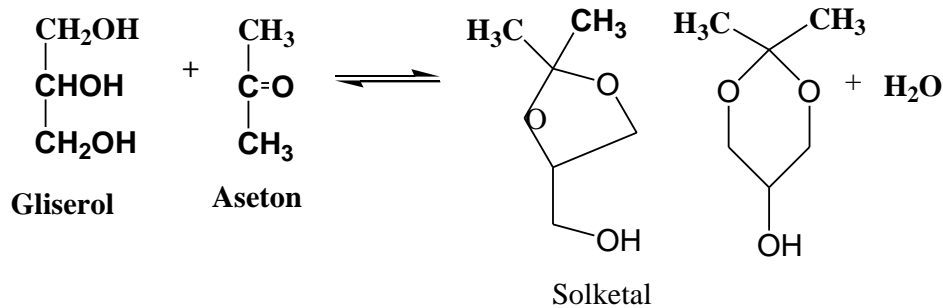


Gambar 2. Reaksi pembentukan ETBE dari etanol dan isobute (Sidiq Ady Prasetyo dalam <http://eprints.ums.ac.id/56961/17/12.%20naspub.pdf>)

2.1.3. Proses pembuatan aditic dari golongan ketal

Beberapa tahun ini bahan aditiv disintesis dari bahan bahan hasil samping reaksi dengan tujuan untuk meningkatkan nilai ekonomi produk samping dari proses pembuatan biodiesel. Gliserol adalah hasil samping biodiesel. Seiring dengan makin meningkatnya produksi biodiesel, maka gliserol semakin banyak diproduksi. Untuk menghindari akumulasi produk gliserol, maka banyak penelitian yang telah dilakukan untuk membuat senyawa turunan dari gliserol diantaranya adalah

solketal. Gliserol dapat direaksikan dengan keton, aldehid, asam asetat dan asam asetat ahnidrid (Cornejoa, 2017). Reaksi gliseroldengan keton, aldehid dan asam asetat dapat dilihat pada Gambar 3,4 dan 5.

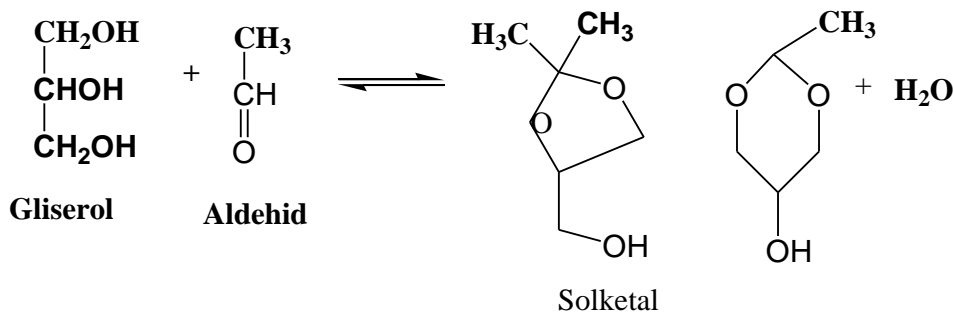


Gambar 3. Reaksi pembentukan Solketal dari Gliserol dan Aseton (Cornejoa et al, 2017)

Reaksi dapat berlangsung pada suhu rendah 50 sampai dengan 80°C pada tekanan atmosfer menggunakan berbagai macam katalis asam. Yang telah dilakukan oleh penulis adalah menggunakan asam sulfat dan asam Tungstat (PWA) (Mahreni et al, 2018).

2.1.4. Pembuatan aditiv dari Glisrol dan Aldehid

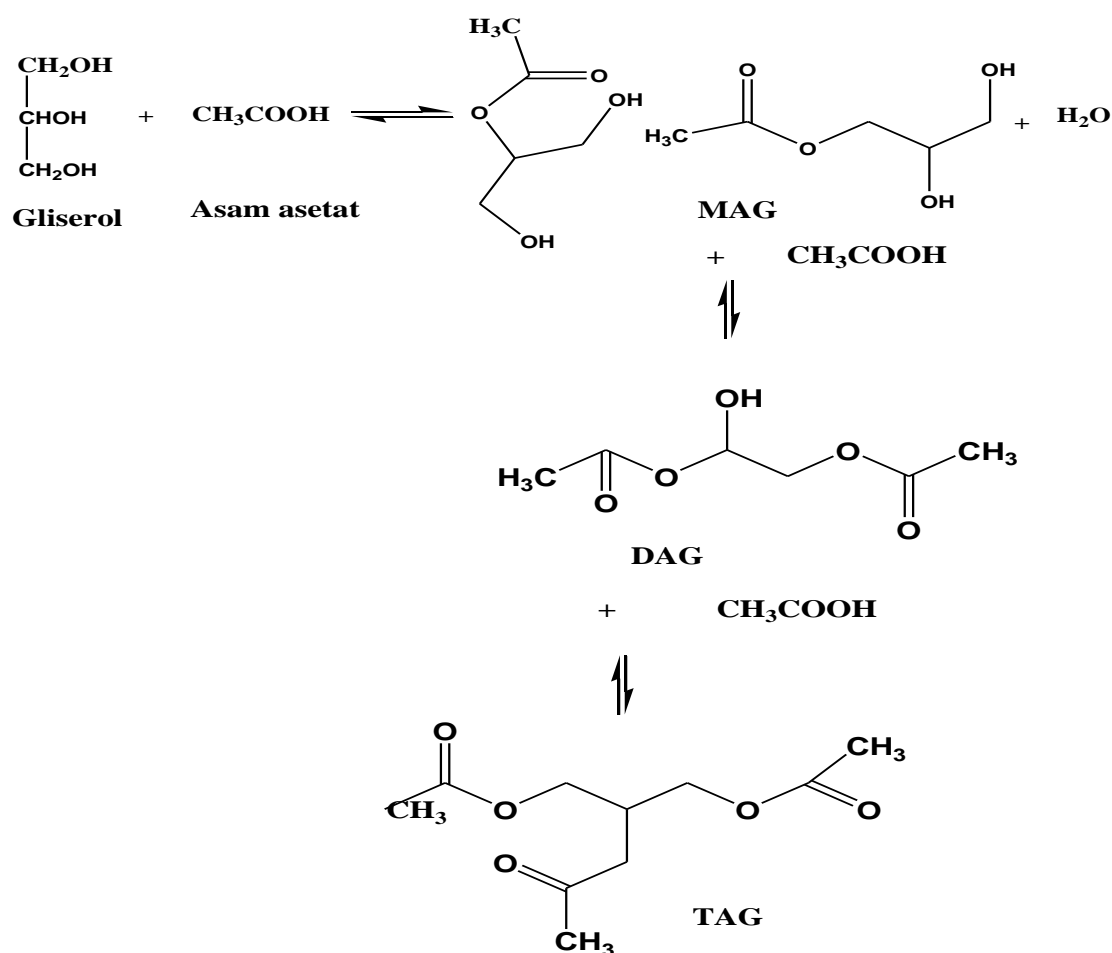
Produk yang dihasilkan dari Gliserol dan Aldehid adalah sama yaitu Solketal (Cornejoa et al, 2017).



Gambar 4. Reaksi pembentukan Soketal dari Gliserol dan Aldehid (Cornejoa et al, 2017)

2.1.5. Pembuatan bahan aditiv dari Gliserol dan Asam asetat

Produksi MAG, DAG dan TAG dari gliserol dan asam asetat atau asetat anhidrid dapat dilakukan melalui reaksi esterifikasi menggunakan katalis seperti resin, zeolite dan lain lain. Konversi mencapai 99 %. Reaksi dapat berlangsung pada suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan reaksi gliserol dengan aseton dan aldehid (Kim et al, 2014)



Gambar 5. Reaksi Gliserol dengan Asam asetat menghasilkan Monoasetil gliserol (MAG), Diasetil gliserol (DAG) dan Triasetil gliserol (TAG) (Cornejoa et al, 2017)

2.2. Nilai ekonomi aditiv

Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi (BPH Migas) memperkirakan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) sepanjang tahun 2018 sebesar 75 juta kilo liter (KL). Apabila di asumsi bahwa bahan bakar ini menggunakan octane booster sebanyak 1 % maka kebutuhan octane booster mencapai 0,75 juta kilo liter per tahun, dengan harga \$1.0 per kg. Maka setiap tahun jumlahnya mencapai \$750 juta per tahun.

3. KESIMPULAN

Bahan aditiv merupakan bahan kimia yang sangat penting ditinjau dari kegunaan sebagai octane booster. Aditiv berbasis logam seperti TEL (Tetra Ethyl Lead) sudah dilarang untuk digunakan di seluruh dunia dan kini perkembangan aditiv terfokus pada bioaditiv (bahan aditiv berbasis bahan bahan alam) seperti gliserol hasil samping biodiesel, aseton dan asam asetat. Keuntungan menggunakan bioaditiv adalah lebih ramah lingkungan, dibuat dari bahan baku terbarukan dan bahan baku lokal. Nilai ekonomi bahan aditiv sangat besar karena hampir semua bahan bakar menggunakan bahan aditiv.

DAFTAR PUSTAKA

- Cornejoa, A., I. Barrioa, M. Campoyb, J. Lázaroa, B. Navarrete. 2017. Renewable and Oxygenated fuel additives from glycerol valorization. Main production pathways and effects on fuel properties and engine performance: A critical review, *Sustainable Energy Reviews* 79, 1400–1413.
- Kim I, Kim J, Lee D. A comparative study on catalytic properties of solid acid. 2014. Catalysts for glycerol acetylation at low temperatures. *Appl Catal B: Environ*, 148–149:295–303.
- Mahreni, Tjukup Marnoto, Muhammad Maulana Azimatun Nur. 2018. Production of Solketal (2,2- Dimethyl-1,3-dioxolane 4-methanol) from Glycerol and Acetone at the Boiling Temperature (Preliminary Study). *The 3rd International Conference on Chemical and Material Engineering 2018*.
- (<https://www.antaraneews.com/berita/63459/indonesia-tak-gunakan-timbal-lagi-dalam-bbm>).
- <http://simoehch.blogspot.com/2014/02/manufacture-of-methyl-tert-buthyl-ether.html>

PENERAPAN BIOCHAR TEMPURUNG KELAPA DAN HAHAN LIMBAH ORGANIK UNTUK MEMPERBAIKI TANAH INCEPTISOL POTORONO YOGYAKARTA

**Susila Herlambang¹, AZ.Purwono Budi S¹, Heru Tri Sutiono², Yoga Meyzah Putra¹
Susanti Rina N³**

Ilmu Tanah¹, Ekonomi², Teknik Industri³
Universitas pembangunan nasional veteran Yogyakarta
E-mail: susilaherlambang@upnyk.ac.id

ABSTRACT

The top soil loss will affect the level of soil quality, especially C levels and soil cation exchange capacity. The top soil is a soil layer rich in soil organic matter. The loss of soil above affects soil damage so that the development of plant roots is limited. Inceptisol is a land that is dominated by the sand fraction so it is very sensitive to leaching and loss of plant nutrients. The aim of the study was to determine the effect of ameliorants and organic waste materials on C availability and cation exchange capacity for preparation of rice cultivation. The material used is coconut shell biochar and organic matter of cow dung with a dose of 0 tons per hectare, 10 tons per hectare, 15 tons per hectare, and 20 tons per hectare and incubated on the ground at 0 months, 1 month, 2 months and 3 month. The results showed that biochar treatment and organic matter improved the soil environment. The use of coconut shell biochar at a dose of 10 tons per hectare incubated within 3 months can make the cation exchange capacity in Inceptisol soil 10.86 cmol (+) kg⁻¹. Whereas organic C levels of coconut shell biochar treatment at a dose of 15 tons per hectare with 2 months incubation can increase organic C levels to 078%. This use is better than the treatment on manure and sugarcane waste.

Keywords— *Coconut Biochar, Decomposition, Inceptisol, Organic matter and Waste organic.*

PENDAHULUAN.

Pengaruh lingkungan akan menentukan perubahan sifat-sifat tanah terutama pada tanah lapisan atas. Kerusakan tanah bagian atas akibat pengaruh penambangan atau terkikisnya tanah akibat erosi merupakan faktor utama pada kesuburan tanah. Kehilangan tanah menyebabkan perubahan sifat fisik tanah sehingga tanah menjadi lebih keras dan perubahan sifat kimia tanah yang akan membatasi daya tumbuh dan jenis tanaman yang dibudidayakan. Kehilangan nutrisi dan kadar karbon pada tanah bagian atas menyebabkan tanah mengalami penurunan kesuburan dan kualitas tanah. Pengembalian kondisi tanah yang mengalami kerusakan dapat dilakukan dengan penambahan bahan organik dan sumber karbon tanah. Sumber bahan organik berasal sisa-sisa dari tanaman (pupuk hijau) dan kotoran hewan (pupuk kandang), sisa-sisa limbah rumah tangga, sampah kota, limbah industri, dan kompos. Kadar C-organik dalam pupuk kandang sapi sebesar 31,34% merupakan sumber peningkatan C tanah dan dapat meningkatkan kapasitas pertukaran kation tanah (Herlambang, 2014). Bahan organik dalam pengolahan tanah adalah dapat memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah sehingga dapat menyediakan nutrisi bagi tanaman. Menurut Sugito, *et al.*, (1995), proses dekomposisi bahan organik menyebabkan terjadinya perubahan terhadap komposisi kimia dari senyawa kompleks menjadi senyawa

sederhana. Perbaikan sifat-sifat tanah akan berpengaruh positif terhadap ketersediaan nutrisi. Proses perbaikan tanah yang telah mengalami kerusakan dapat merupakan upaya memperbaiki kondisi lingkungan tanah dengan mengaktifkan kembali bakteri pengurai bahan organik dalam tanah. Proses dekomposisi bahan organik dalam tanah merupakan salah satu indikator kualitas bahan. Bahan biochar sebagai pembenah tanah mempunyai korelasi positif terhadap kadar karbon bahan terkandung. Semakin banyak kandungan karbon dengan proses pembakaran pyrolisis yang baik akan meningkatkan kestabilan karbon dalam tanah. Semakin stabil kandungan karbon tanah semakin memperbaiki faktor lingkungan tanah. Laju dekomposisi residu organik dalam tanah dan pemantapan C dalam humus dipengaruhi oleh faktor iklim dan lingkungan seperti suhu, kelembaban, pH tanah, ketersediaan N tanah, dan tekstur tanah. Kadar C organik dalam tanaman hampir 55–75% dibebaskan dalam bentuk CO₂, sebagian kecil C residu dalam bio-masa akan melapuk (Marten & Haider, 1997). Penggunaan biochar dengan bahan tempurung kelapa dengan kadar C sebesar 42% dapat digunakan sebagai penstabilan karbon tanah. Pemberian biochar bukan sebagai bahan organik tanah namun sebagai arang hayati yang berfungsi memperbaiki lingkungan tanah.

METODOLOGI.

Kerusakan lahan akibat penambangan dan penggunaan lahan secara terus menerus tanpa dipersiapkan pengganti nutrisi yang terserap oleh tanaman didalam tanah, berakibat miskinnya unsur hara tanah dan rendahnya kadar C tanah. Pentingnya kadar C organik tanah sebagai kerangka struktur ikatan nutrisi tanah yang berfungsi untuk memperlambat kehilangan nutrisi tanah akibat proses pelindian atau proses pemindahan. Upaya perbaikan tanah dapat dilakukan dengan memberikan bahan organik tanah dan biochar dalam tanah. Pembuatan bahan biochar dengan proses pembakaran bahan secara pyrolisis yaitu pembakaran dengan minim oksigen. Semakin proses pembakaran sedikit atau tanpa oksigen maka akan diperoleh kualitas hasil yang sangat baik. Pada penelitian ini pembakaran bahan secara pyrolisis pada suhu 600°C dengan sistem alat biochar selongsong putar untuk memperoleh sistem pembakaran yang sempurna.

Penelitian menggunakan bahan kotoran sapi dan biochar dari bahan tempurung kelapa dengan proses inkubasi berdasarkan periode waktu. Penelitian menggunakan teknik survei dan metode diskriptif, yaitu dengan mengambil langsung contoh tanah sawah. Tanah sawah yang digunakan adalah Inceptisol merupakan tanah pada daerah pertambangan industri pembuatan batu bata. Kerusakan akibat penambangan batu bata dengan mengambil tanah bagian atas pada kedalaman 100cm sampai >300cm. Rancangan penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan yaitu Limbah Tebu, Limbah Kotoran Sapi dan Biochar Tempurung Kelapa. Masing-masing perlakuan dengan dosis 0 ton per hektar, 10 ton per hektar, 15 ton per hektar, dan 20 ton per hektar dan diamati pada 0 bulan, 1 bulan, 2 bulan dan 3 bulan serta diulang tiga kali.

Bahan biochar dan bahan organik dicampurkan dengan mineral pada Inceptisol tanpa melalui proses komposisi. Tujuan pencampuran bahan secara homogen untuk mempercepat proses dekomposisi pada mineral tanah. Proses dekomposisi bahan biochar dan bahan organik dilakukan pada periodik waktu 0, 1, 2 dan 3 bulan. Selama proses inkubasi kadar air selalu dipertahankan pada kapasitas. Korelasi antara material dan waktu inkubasi menunjukkan semakin baik proses dekomposisi semakin kecukupan hara tanah. Penambahan air tanah akibat penguapan sangat menentukan kecepatan proses dekomposisi tanah. Analisis tanah dilakukan setelah proses inkubasi perperiodik waktu berakhir. Analisis tanah meliputi kadar C, Kapasitas pertukaran kation, kadar Nitrogen, dan reaksi tanah. Analisis data menggunakan duncans multiple range test pada jenjang 5%.

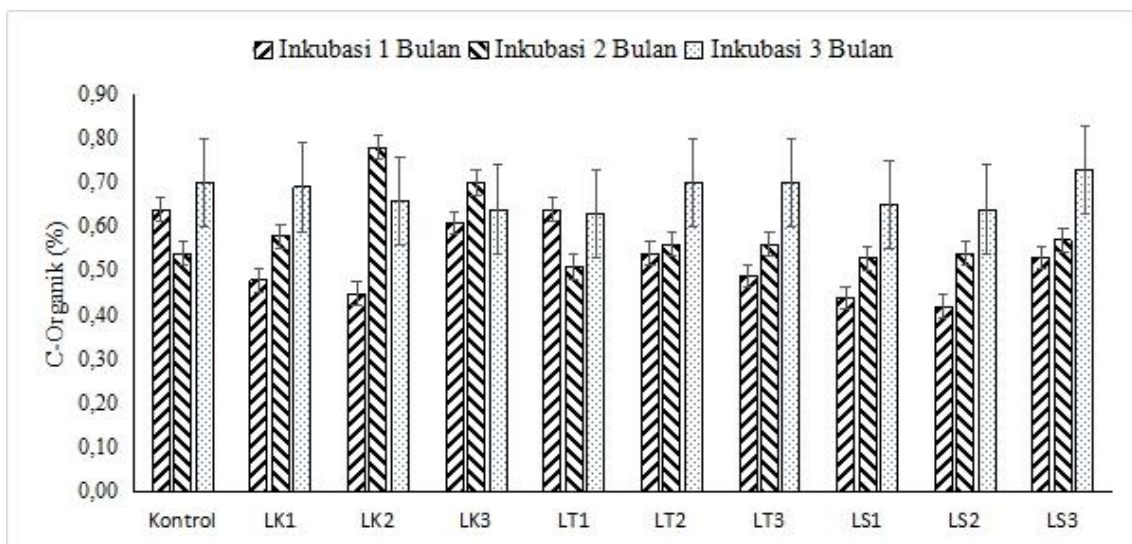
Hasil dan Pembahasan—Ameliorasi merupakan kegiatan penambahan bahan dari luar untuk memperbaiki kerusakan tanah akibat gangguan manusia dan faktor alami. Penggunaan lahan yang terus menerus tanpa memberikan asupan nutrisi tambahan yang seimbang

menyebabkan produksi lahan menurun. Penurunan kualitas tanah yang disebabkan oleh kehilangan tanah pada bagian lapisan atas merupakan faktor yang paling bahaya terhadap kerusakan tanah. Kehilangan tanah bagian atas hasil pelapukan batuan dan kehilangan kadar bahan organik tanah mengakibatkan kerusakan sifat fisik dan kimia tanah. Pengembalian fungsi tanah dengan ameliorasi memerlukan waktu puluhan tahun. Penggunaan biochar dan bahan organik merupakan salah satu pemecah masalah dalam kerusakan tanah. Aplikasi amelioran biochar sebagai arang hayati yang kaya karbon akan memperbaiki kondisi kerusakan tanah, biochar dapat meningkatkan kapasitas pertukaran kation dan kadar C tanah (gambar 1). Sedangkan pemberian bahan organik dapat meningkatkan kesuburan tanah. Perlakuan biochar tempurung kelapa tidak menunjukkan berbeda nyata pada inkubasi 1 dan 2 bulan, namun perlakuan biochar tempurung kelapa akan berbeda nyata pada inkubasi 3 bulan pada 10 ton per hektar (gambar 2). Kenaikan kapasitas pertukaran kation dari tanpa perlakuan sebesar 7.78 cmol (+).kg⁻¹ menjadi 10.86 cmol (+).kg⁻¹ pada dosis 10 ton per hektar menunjukkan arang hayati yang kaya karbon yang diperoleh secara proses pyrolisis dapat memperbaiki kompleks pertukaran kation dalam tanah.

Penggunaan biochar tempurung kelapa pada dosis 15 dan 20 ton per ha kadar C tanah menunjukkan berbeda nyata dibandingkan kontrol dan dapat meningkatkan kandungan karbon menjadi 0.78% pada perlakuan dengan biochar kelapa diinkubasikan selama

2 bulan. Sedangkan pada perlakuan biochar tempurung kelapa yang diinkubasikan selama 3 bulan tidak menunjukkan berbeda nyata (gambar 1).

Peningkatan kadar C organik pada inkubasi 2 bulan menunjukkan proses dekomposisi mengalami puncak dekomposisi bahan organik dengan biochar, sedangkan pada inkubasi 3 bulan proses dekomposisi telah stabil hal ini dibuktikan kandungan karbon relatif konstan yaitu 0.6% (gambar 1). Perlakuan dengan bahan organik pupuk kandang sapi pada inkubasi 2 dan 3 bulan



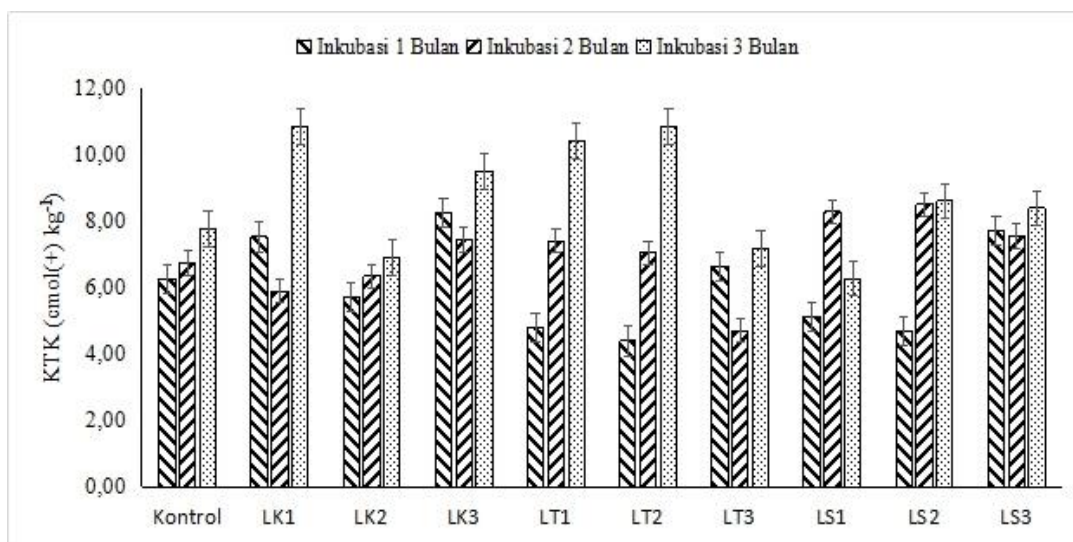
Keterangan:

LS1 = Pupuk Kandang Sapi 10 ton/Ha LK1 = Biochar tempurung kelapa 10 ton/Ha LT1 = Bagaas 10 ton/Ha

LS2 = Pupuk Kandang Sapi 15 ton/Ha LK2 = Biochar tempurung kelapa 15 ton/Ha LT2 = Bagaas 15 ton/Ha

LS3 = Pupuk Kandang Sapi 20 ton/Ha LK3 = Biochar tempurung kelapa 20 ton/Ha LT3 = Bagaas 20 ton/Ha

Gambar 1. C-organik di dalam tanah setelah perlakuan dengan biochar dan limbah organik pada tanah yang di Inkubasi



Keterangan:

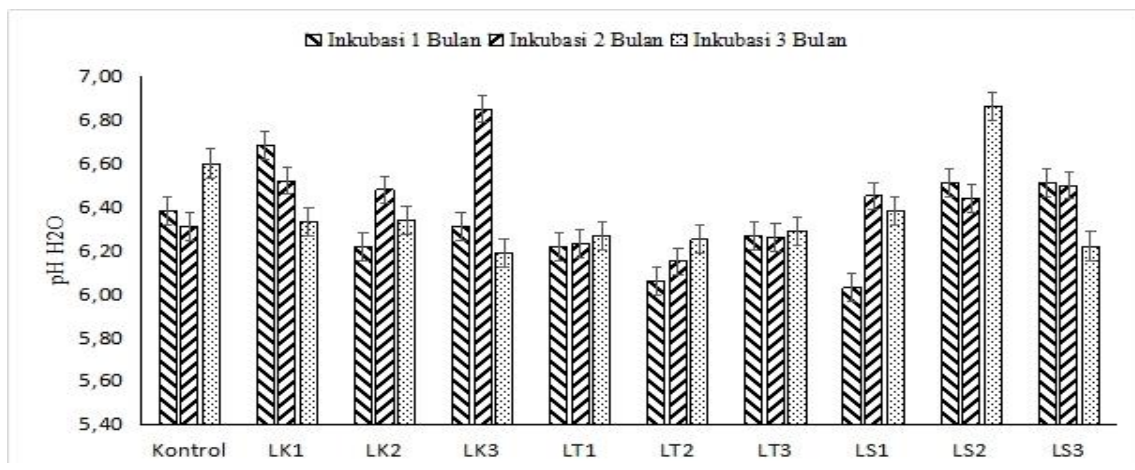
LS1 = Pupuk Kandang Sapi 10 ton/Ha LK1 = Biochar tempurung kelapa 10 ton/Ha LT1 = Bagas 10 ton/Ha

LS2 = Pupuk Kandang Sapi 15 ton/Ha LK2 = Biochar tempurung kelapa 15 ton/Ha LT2 = Bagaas 15 ton/Ha

LS3 = Pupuk Kandang Sapi 20 ton/Ha LK3 = Biochar tempurung kelapa 20 ton/Ha LT3 = Bagas 20 ton/Ha

Gambar 2. KPK (kapasitas pertukaran kation) di dalam tanah setelah perlakuan dengan biochar dan limbah organik pada tanah yang di Inkubasi

tidak menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5%. Hal ini menunjukkan kandungan bahan organik pupuk kandang sapi mudah mengalami peruraian dan kadar karbon tidak menunjukkan peningkatan yang relevan serta mudah mengalami pencucian. Bahan organik pupuk kandang sapi berbeda dengan perlakuan pada bagas walupun keduanya tidak menunjukkan berbeda nyata, namun pada perlakuan bagas dapat meningkatkan karbon tanah pada inkubasi selama 3 bulan sebesar 0.72% pada inkubasi selama 3 bulan. Hal ini menunjukkan penggunaan bagas kedalam tanah dapat mengalami proses dekomposisi yang lambat sehingga dapat melepaskan karbon pada bahan walaupun dalam jumlah kecil. Peningkatan karbon tanah tertinggi pada perlakuan bagas dan pupuk kandang sapi yaitu pada dosis 20 ton per hektar sebesar 0.72 -0.73% (Gambar 1). Ketersediaan karbon tanah terbaik adalah pada perlakuan biochar tempurung kelapa dengan dosis 15 ton per hektar yang diinkubasikan selama 2 bulan, sedangkan penyediaan karbon tanah terendah pada perlakuan pupuk kandang sapi pada dosis 15 ton per hektar dengan inkubasi selama 1 bulan (gambar 1). Sedangkan pemberian biochar tempurung kelapa pada berbagai dosis 10, 15 dan 20 ton per hektar tidak menunjukkan kenaikan reaksi tanah, nilai pH H₂O pada semua dosis perlakuan menunjukkan kisaran 6.0 dan tidak meningkatkan nilai pH tanah pada berbagai tingkatan dosis perlakuan biochar tempurung kelapa (gambar 3). Hal tersebut dikarenakan fungsi pemberian arang hayati tidak untuk memberikan kontribusi abu sehingga tidak meningkatkan ke alkalisitas tanah. Fungsi arang hayati pada biochar tempurung kelapa untuk meningkatkan kadar karbon tanah dan memperbaiki kapasitas pertukaran kation tanah.



Keterangan:

LS1 = Pupuk Kandang Sapi 10 ton/Ha LK1 = Biochar tempurung kelapa 10 ton/Ha LT1 = Bagas 10 ton/Ha

LS2 = Pupuk Kandang Sapi 15 ton/Ha LK2 = Biochar tempurung kelapa 15 ton/Ha LT2 = Bagaas 15 ton/Ha

LS3 = Pupuk Kandang Sapi 20 ton/Ha LK3 = Biochar tempurung kelapa 20 ton/Ha LT3 = Bagas 20 ton/Ha

Gambar 3. pH (H₂O) di dalam tanah setelah perlakuan dengan biochar dan limbah organik pada tanah yang di Inkubasi

KESIMPULAN

1. Penggunaan bahan amelioran berupa biochar berbahan dasar tempurung kelapa dan limbah organik pupuk kandang sapi dapat memperbaiki tanah Inceptisol
2. Pertukaran kation tanah dapat meningkat sebesar 10.86 cmol(+)kg⁻¹ pada Inceptisol dengan perlakuan biochar tempurung kelapa pada dosis 10 ton per hektar dengan waktu inkubasi 3 bulan
3. Perlakuan biochar tempurung kelapa pada dosis 15 ton per hektar dengan inkubasi 2 bulan dapat meningkatkan kadar C organik tanah Inceptisol dapat menjadi 0.78%.
4. Penggunaan amelioran biochar tempurung kelapa lebih baik dibandingkan dengan bahan pupuk kandang sapi dan limbah ampas tebu.

PUSTAKA

- Blackwell, Paul, Evelyn Krull, Greg Butler, Allan Herbert, and Zakaria Solaiman 2010 *Effect of Banded Biochar on Dryland Wheat Production and Fertiliser Use in South-Western Australia: An Agronomic and Economic Perspective*. Soil Research 48(7): 531–545.
- Bruun, Esben W., Per Ambus, Helge Egsgaard, and Henrik Hauggaard-Nielsen 2012 *Effects of Slow and Fast Pyrolysis Biochar on Soil C and N Turnover Dynamics*. Soil Biology and Biochemistry 46: 73–79.
- Herlambang 2014 *Utilization of fresh organic waste and pineapple canning waste as soil enhancers to increase the C content in pineapple plantations*. Dissertation in Soil Science, Postgraduate Agricultural Science Study Program, Faculty of Agriculture, Gadjah Mada University, Yogyakarta. p:1-174.
- Häring, Volker, Delphine Manka'abusi, Edmund K. Akoto-Danso, et al 2017 *Effects of Biochar, Waste Water Irrigation and Fertilization on Soil Properties in West African Urban Agriculture*. Scientific Reports 7(1): 10738.

- Kimetu, Joseph M., and Johannes Lehmann 2010 *Stability and Stabilisation of Biochar and Green Manure in Soil with Different Organic Carbon Contents*. Soil Research 48(7): 577–585.
- Liang, B., J. Lehmann, D. Solomon, et al 2006 *Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils*. Soil Science Society of America Journal 70(5): 1719–1730.
- Marten and Haider 1997 *Effect of colloidal minerals on the rate of development of soil organic carbon*. In. Huang, P.M. and M. Schnitzer (Ed). *Mineral interactions, soil with natural organic and microbes*. Gadjah Mada University Press. P:420–459.
- Mukherjee, Atanu, and Andrew R. Zimmerman 2013 *Organic Carbon and Nutrient Release from a Range of Laboratory-Produced Biochars and Biochar–Soil Mixtures*. Geoderma 193–194: 122–130.
- Ścisłowska, Mariola, Renata Włodarczyk, Rafał Kobylecki, and Zbigniew Bis 2015 *Biochar To Improve The Quality And Productivity Of Soils*. Journal of Ecological Engineering 16: 31–35.
- Singh, Balwant, Bhupinder Pal Singh, and Annette L. Cowie 2010 *Characterisation and Evaluation of Biochars for Their Application as a Soil Amendment*. Soil Research 48(7): 516–525.
- Van Zwieten, L., S. Kimber, S. Morris, et al 2010 *Effects of Biochar from Slow Pyrolysis of Papermill Waste on Agronomic Performance and Soil Fertility*. Plant and Soil 327(1): 235–246.
- Yuan, J.-H., and R.-K. Xu 2011 *The Amelioration Effects of Low Temperature Biochar Generated from Nine Crop Residues on an Acidic Ultisol*. Soil Use and Management 27(1): 110–115.
- Yuan, Jin-Hua, Ren-Kou Xu, Ning Wang, and Jiu-Yu Li 2011 *Amendment of Acid Soils with Crop Residues and Biochars*. Pedosphere 21(3): 302–308.
- Zhang, Afeng, Rongjun Bian, Qaiser Hussain, et al 2013 *Change in Net Global Warming Potential of a Rice–Wheat Cropping System with Biochar Soil Amendment in a Rice Paddy from China*. Agriculture, Ecosystems & Environment 173: 37–45.

BUDI DAYA TANAMAN SORGUM DI LAHAN PASCA TAMBANG EMAS JATIROTO WONOGIRI JAWA TENGAH

Darban Haryanto¹⁾, M.Nurcholis²⁾, Dwi Fitri Yudianto³⁾

¹⁾Program studi Agroteknologi, ²⁾Program studi Ilmu Tanah, ³⁾ Program studi Geologi
Universitas Pembangunan Nasional UPN “Veteran” Yogyakarta

Email: darbanharyanto@ymail.com

ABSTRAK

Pengembangan sorgum manis dapat dilakukan sejalan dengan upaya peningkatan produktivitas lahan sub-optimal yang tersebar luas di Indonesia sebagai negara kepulauan. Lahan sub-optimal di Indonesia dapat berupa lahan secara alami dan atau lahan pasca tambang. Pemanfaatan lahan pasca tambang untuk tujuan memproduksi bahan non pangan dapat mudah diterima secara aspek lingkungan. Di samping itu, tanaman sorgum yang mudah tumbuh di lahan sub-optimal dapat digunakan untuk mereklamasi lahan dengan meningkatkan laju penutupan permukaan tanah.

Bioetanol merupakan salah satu alternatif untuk menunjang penyediaan bahan bakar terbarukan. Sorgum dapat diolah menjadi bio-energi melalui proses fermentasi. Selama ini, budidaya sorgum hanya bertujuan untuk memproduksi biji sorgum yang akan diolah menjadi bahan pangan alternatif, sedangkan batang sorgum hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Batang sorgum dengan kandungan gula yang tinggi berpotensi untuk diproses melalui fermentasi menjadi bioetanol, atau alkohol dengan empat atom karbon. Dengan demikian bioetanol dari batang sorgum merupakan bahan bakar yang relatif murah, dapat terbarukan dan ramah lingkungan. Penelitian ini dilakukan di daerah Sukoharjo Wonogiri Jawa Tengah yang merupakan kawasan tambang emas

PENDAHULUAN

Sorgum merupakan salah satu tanaman pangan lahan kering yang potensial dikembangkan di Indonesia. Sorgum dapat digunakan sebagai pangan, pakan, dan bioenergi (bioetanol), mampu beradaptasi pada lahan marginal dan membutuhkan air relatif lebih sedikit karena lebih toleran terhadap kekeringan dibanding tanaman pangan lain (Deptan 1990). Biji sorgum mempunyai kualitas nutrisi sebanding dengan jagung dan beras, bahkan kandungan proteinnya lebih tinggi, namun kandungan lemaknya lebih rendah. Oleh karena itu, sorgum dimanfaatkan sebagai penyangga pangan penduduk di lebih 30 negara. Selain sebagai bahan pangan, biji sorgum juga digunakan sebagai bahan baku industri pangan seperti gula, monosodium glutamate, asam amino, minuman, dan hijauannya digunakan sebagai pakan ternak. Bahkan saat ini sorgum juga digunakan sebagai bahan baku energi, terutama sorgum manis. Di Amerika Serikat umumnya sorgum ditanam untuk pakan ternak (University of Arkansas 1998).

Tanaman sorgum telah lama dikenal di Indonesia dan dengan penyebutan berbeda untuk setiap daerah. Selama ini pengembangan sorgum kurang mendapat perhatian oleh pemerintah sehingga sudah jarang ditemui di lahan petani. Bahkan dalam data statistik di tingkat daerah maupun pusat, komoditas sorgum sudah tidak dijumpai karena keberadaan tanaman ini sudah mulai langka di lapangan. Pemanfaatan biji sorgum di masyarakat masih sebatas untuk pangan olahan tradisional. Namun dengan adanya program diversifikasi pangan dari Kementerian

Pertanian, pengembangan sorgum diharapkan mendapat perhatian yang lebih baik, karena komoditas ini mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan berbagai produk pangan olahan maupun pakan dan bahan baku industry (Deptan 2004). Ketahanan pangan nasional sangat riskan jika hanya mengandalkan komoditas beras. Oleh karena itu, upaya pengembangan pangan alternatif berbasis umbi-umbian dan biji-bijian selain beras menjadi sangat penting. Salah satu komoditas biji-bijian yang potensial sebagai sumber karbohidrat adalah sorgum. Sorgum dapat juga digunakan sebagai tanaman untuk mengatasi permasalahan pencemaran bahan kimia yang beracun di area bekas tambang mas, karena kemampuannya dalam penyerapan logam berat.

PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN TANAMAN SORGUM

Fase pertumbuhan tanaman sorgum dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu fase vegetatif, pembentukan malai, dan reproduksi. Lama setiap fase bergantung pada umur varietas dan temperatur selama musim tanam (khusus untuk wilayah yang mempunyai empat musim).

Fase Vegetatif

Fase vegetatif merupakan fase pembentukan dan perkembangan daun yang kemudian berfungsi mendukung pembentukan biji. Lamanya fase vegetatif bergantung pada umur varietas yang ditanam. Varietas yang berumur dalam mempunyai jumlah daun yang lebih banyak dibanding varietas berumur sedang maupun genjah. Varietas berumur genjah umumnya membentuk daun sampai 15 helai, sedangkan varietas berumur sedang sekitar 17 helai, dan varietas berumur dalam sampai 19 helai. Pada fase ini, tanaman biasanya toleran terhadap kekeringan, kelebihan air, dan temperatur rendah. Kondisi yang cerah selama fase ini dapat merangsang pembentukan anakan pada saat tanaman telah membentuk 4-6 helai daun. Selain itu, jumlah tanaman per lubang yang kurang dari tiga dapat merangsang pembentukan anakan. Anakan biasanya lambat berbunga dan malai yang terbentuk lebih kecil dibanding tanaman induknya. Anakan yang terbentuk dapat digunakan sebagai kompensasi dari populasi tanaman yang kurang. Tanaman sorgum mempunyai biji yang kecil dan pada awal pertumbuhannya sangat lambat dibanding jagung atau kedelai. Pertumbuhan lambat ini terjadi sampai tinggi tanaman mencapai sekitar 20 cm, atau setelah perakarannya mampu mengambil hara lebih banyak dan cepat. Pada varietas berumur sedang (+ 90 hari setelah tumbuh), hal ini terjadi pada 30-35 hari setelah tumbuh, yang merupakan periode kritis karena perkembangan tanaman mulai berubah dari fase vegetatif ke fase pembentukan malai, dan saat itu merupakan akhir pembentukan jumlah daun.

Fase Pembentukan Malai

Fase ini dimulai pada awal pembentukan malai sampai pembungaan. Fase pertumbuhan ini merupakan periode pembentukan struktur reproduksi dari malai dan jumlah biji maksimum per malai. Selama periode ini tanaman umumnya peka terhadap cekaman suhu ekstrim, kekurangan unsur hara, kekurangan atau kelebihan air, semuanya dapat menyebabkan menurunnya jumlah biji potensial. Jika hal ini terjadi maka hasil biji yang diperoleh hanya sekitar 70% dari jumlah biji per malai. Selama fase ini tanaman membutuhkan air yang cukup, oleh karena itu perlu dilakukan penyiraman karena dapat mempengaruhi jumlah biji potensial. Tanaman akan tumbuh dengan cepat sampai fase pembungaan dan akan membentuk daun yang lebih lebar untuk mendukung proses pengisian biji. Selama proses pertumbuhan cepat ini calon malai dan tangkai malai akan berkembang cepat. Dalam proses ini tangkai malai menekan calon malai masuk ke dalam calon daun bendera, dan disebut sebagai "boot stage". Pada saat itu semua daun sudah berkembang penuh untuk mendukung penerimaan cahaya matahari secara maksimal, dan perkembangan malai yang terbungkus daun bendera sudah hampir maksimal. Selanjutnya tangkai menopang malai tumbuh cepat dan mendorong malai keluar dari daun bendera sehingga terjadi pembungaan dan penyerbukan. Pada saat pembungaan ini sering terjadi malai tidak keluar sempurna dari daun bendera sehingga proses penyerbukan menjadi tidak sempurna. Hal ini

disebabkan saat “boot stage” tanaman mengalami kekurangan air. Fase awal pembentukan calon malai sampai pembungaan merupakan proses pengambilan hara dan pertumbuhan yang cepat.

Fase Reproduksi

Fase akhir dari pertumbuhan tanaman sorgum adalah dari saat pembungaan sampai biji masak fisiologis, dan selama fase ini yang penting adalah saat pengisian biji. Mulainya pembungaan yaitu ketika ujung malai sudah mulai berwarna kuning atau 5-7 hari setelah keluar malai. Proses pembungaan ini berlangsung selama 4-9 hari yang dimulai dari bagian ujung malai sampai ke bagian terbawah malai. Tanaman dinyatakan berbunga jika proses pembungaan telah mencapai setengah bagian dari malai, atau tanaman berumur 60 – 75 hari setelah tumbuh. Masa kritis kekurangan air biasanya mulai sekitar 1 minggu sebelum “boot stage” dan berlanjut sampai 2 minggu setelah pembungaan. Selama pengisian biji, asimilat hasil fotosintesis diangkut ke biji. Asimilat yang tersimpan dalam batang juga dipindahkan ke biji, dan yang tetap tersimpan dalam batang hanya sekitar sepertiganya. Jika terjadi kekeringan maka pengangkutan asimilat akan terhambat dan pertumbuhan tanaman menjadi lambat. Akhir dari periode pengisian biji ini ditandai oleh semakin lambatnya penambahan bobot biji. Masak biji secara fisiologis bukan berarti biji sudah siap untuk dipanen. Pada saat masak fisiologis biasanya kadar air biji berkisar antara 25-45%, dan untuk dapat dipanen dan disimpan dengan baik masih diperlukan pengeringan. Biji sorgum dapat dipanen setiap saat setelah masak fisiologis, dan jika kadar air biji masih tinggi dapat dikeringkan menggunakan alat pengering.

PERSYARATAN TUMBUH

Tanaman sorgum termasuk tanaman semusim yang mudah dibudidayakan dan mempunyai kemampuan adaptasi yang luas. Tanaman ini dapat berproduksi walaupun diusahakan di lahan yang kurang subur, ketersediaan air terbatas, dan masukan (input) yang rendah. Kriteria kesesuaian lahan untuk tanaman sorgum dapat dilihat pada Tabel 1.

Tanah

Sorgum dapat tumbuh pada hampir semua jenis tanah, kecuali pada tanah Podzolik Merah Kuning yang masam, dan mempunyai kemampuan adaptasi yang luas. Tanaman sorgum mempunyai sistem perakaran yang menyebar dan lebih toleran dibanding tanaman jagung yang ditanam pada tanah berlapisan keras dangkal. Walaupun demikian, tanaman sorgum tidak dapat menggantikan tanaman jagung pada kondisi tanah tersebut karena akan hasilnya rendah juga. Tanah yang sesuai untuk tanaman jagung atau tanaman lainnya, juga sesuai untuk sorgum dan akan tinggi hasilnya. Sorgum yang lebih toleran kekurangan air dibandingkan jagung mempunyai peluang untuk dikembangkan di lahan yang diberakan pada musim kemarau. Tanah Vertisol (Grumusol), Aluvial, Andosol, Regosol, dan Mediteran umumnya sesuai untuk sorgum. Sorgum memungkinkan ditanam pada daerah dengan tingkat kesuburan rendah sampai tinggi, asal solum agak dalam (lebih dari 15 cm). Tanaman sorgum beradaptasi dengan baik pada tanah dengan pH 6,0-7,5. Iklim Daerah yang mempunyai curah hujan dan kelembaban udara rendah sesuai untuk tanaman sorgum. Curah hujan 50-100 mm per bulan pada 2,0-2,5 bulan sejak tanam, diikuti dengan periode kering, merupakan curah hujan yang ideal untuk keberhasilan produksi sorgum. Walaupun demikian, tanaman sorgum dapat tumbuh dan menghasilkan dengan baik pada daerah yang curah hujannya tinggi selama fase pertumbuhan hingga panen. Tanaman sorgum pada musim kemarau memerlukan pengairan sampai empat kali, bergantung pada jenis tanah dan residu air tanah. Pati, Jawa Tengah, sorgum diusahakan hanya dengan memanfaatkan residu air tanaman padi, tanpa penambahan pengairan. Di Bojonegoro dan Lamongan, Jawa Timur), sorgum dibudidayakan dengan memanfaatkan residu air rawa yang telah mengering. Untuk memperoleh hasil 5 t/ha dengan menggunakan varietas unggul yang respon terhadap pemupukan, sorgum memerlukan pengairan empat kali.

Tabel 1. Kriteria kesesuaian lahan untuk sorgum.

Penciri lahan yang dikelompokkan berdasarkan kualitas	Kelas kesesuaian lahan			
	Sangat sesuai (S1)	Sesuai (S2)	Kurang sesuai (S3)	Tidak sesuai (S4)
Suhu				
- Rata-rata suhu tahunan (0C)	27-32	33-37 26-18	38-40 17-15	>40 <15
Ketersediaan air				
-Bulan bulan kering (<75mm)	4-8	8,1-8,5 4,1-2,5	8,6-9,5 2,4-1,5	>9,5 <1,5
_Rata rata curah Hujan tahunan(mm)	600-1500	1500-2000 600-400	2000-4000 400-250	>4000 <250
Perakaran				
-Kelas drainase tanah	agak baik, Baik	agak berlebihan	jelek agak jelek	sangat jelek berlebihan
-tekstur tanah (permukaan)	lempung liat berpasir Lempung berdebu Debu,lempung berliat Lempung, liat berdebu	lempung berpasir liat berpasir	pasir berlempung liat berdebu liat(berstruktur)	berkerikil (liat)masif berpasir liat
-kedalaman perakaran Daya serap hara	>66	40-59	20-39	<20
-KTK me/100 gr tanah	>sedang	rendah	sangat rendah	sangat rendah
-pH lapisan bawah	6,0-7,5	7,6-8,0	8,1-9,00	>9,0
-pH lapisan atas	5,9-5,5	5,405,0	<5,0	
Ketersediaan unsur hara				
-Total N (lapisan permukaan)	>sedang	rendah	sangat rendah	sangat rendah
-P2O5(lapisan permukaan)	>tinggi	sedang	rendah	sangat rendah
-K2O(lapisan permukaan)	>rendah	sangat rendah	rendah	sangatrendah
Keracunan				
-Salinitas mmhos/cm	<4	4,0-6,5	6,5-12,5	>12,5
Lereng				
Kemiringan 9%)	0,5	5-15	1-20	>20
-Permukaan yang berbatu	0	1		>2
-Singkapan	0	1		>2

Sumber. Aneka Beti et al.(1990)

Suhu dan Tinggi Tempat Sorgum lebih sesuai ditanam di daerah yang bersuhu panas, lebih dari 200 C dan udaranya kering. Oleh karena itu, daerah adaptasi terbaik bagi sorgum adalah dataran rendah, dengan ketinggian antara 1-500 m dpl. Daerah yang selalu berkabut dan intensitas radiasi matahari yang rendah tidak menguntungkan bagi tanaman sorgum. Pada ketinggian lebih 500 m dpl, umur panen sorgum menjadi lebih panjang.

TEKNIK BUDI DAYA

Sorgum dibudidayakan melalui biji (benih) dan juga dapat diperbanyak dengan stek batang, namun harus terlebih dahulu memunculkan primordia akar pada buku-buku batang. Tanaman sorgum dapat diratun dan akan dapat menghasilkan biji jika dipelihara dengan baik, bahkan ratun dapat dilakukan lebih dari satu kali. Budi daya tanaman sorgum meliputi pemilihan varietas, penyiapan benih, waktu tanam, penyiapan lahan, penanaman, pemupukan, pemeliharaan, pengendalian hama penyakit, dan penanganan hasil panen. Semua aspek tersebut harus mendapat perhatian untuk mendapatkan hasil maksimal. Varietas Varietas sorgum sangat beragam, baik dari segi daya hasil, umur panen, dan warna biji) maupun rasa dan kualitas bijinya. Umur panen sorgum berkisar dari genjah (kurang dari 80 hari), sedang (80 – 100 hari), dan dalam (lebih 100 hari). Tinggi batang sorgum tergantung varietas berkisar dari pendek (< 100 cm), sedang (100 – 150 cm), dan tinggi (>150 cm). Tinggi tanaman varietas lokal mencapai 300 cm. Varietas unggul umumnya berumur genjah, tinggi batang sedang, biji putih, dan rasa nasi cukup enak. Varietas unggul sorgum yang dianjurkan untuk ditanam disajikan pada Tabel 2. Varietas sorgum yang akan ditanam perlu disesuaikan dengan tujuan penggunaan. Apabila hasil biji sorgum digunakan untuk konsumsi dipilih varietas dengan rasa enak. Varietas lokal pada umumnya memiliki rasa yang enak dan dapat dijadikan berbagai makanan olahan. Apabila penanaman sorgum bertujuan untuk pakan ternak dan ditanam secara monokultur dapat digunakan varietas unggul nasional. Di daerah yang ketersediaan airnya terbatas penggunaan varietas yang berumur genjah lebih menguntungkan. Apabila menghendaki hasil yang tinggi dengan pemberian pupuk yang cukup dapat digunakan varietas unggul. Untuk menghasilkan etanol dianjurkan penggunaan varietas yang mempunyai rasa batang manis.

Tabel 2. Deskripsi beberapa varietas unggul sorgum.

Nama varietas	Tahun dilepas	Hasil biji (t/ha)	Umur (hari)	Bobot 1000 biji (g)	Warna biji
Sangkur	1991	3,6-4,0	82-96	25-35	coklat muda
Mandau	1991	4,5-5,0	91	25-30	coklat muda
Numbu	2001	4,0-5,0	100-105	36-37	krem
Kawali	2001	4,0-5,0	100-110	30	krem

Sumber: Balitsereal (2009).

Penyiapan Benih

Kebutuhan benih sorgum untuk satu hektar lahan berkisar antara 10-15 kg, bergantung pada varietas yang akan ditanam, ukuran benih, jarak tanam, dan sistem tanam. Untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman yang baik, vigor kecambah benih yang digunakan e"90%. Beberapa varietas memiliki masa dormansi benih satu bulan pertama setelah panen. Benih sorgum dapat dipertahankan kemampuan tumbuhnya selama periode tertentu asal disimpan dengan baik dalam kemasan yang dapat mempertahankan kadar airnya +10% dan disimpan pada ruangan yang bersuhu 10-160 C. Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan lahan, penanaman sorgum dapat dilakukan dengan menggunakan bibit. Penyemaian benih dilakukan 15-20 hari sebelum tanam. Cara pembuatan persemaian bibit sorgum hampir sama dengan persemaian padi. Bedanya, persemaian sorgum tidak digenangi air. Untuk mempermudah pencabutan bibit, tanah persemaian harus gembur dan untuk satu hektar pertanaman sorgum diperlukan 50 m² lahan persemaian.

Waktu Tanam

Sorgum dapat ditanam sepanjang tahun, baik pada musim hujan maupun musim kemarau asal tanaman muda tidak tergenang atau kekeringan. Di lahan kering, sorgum dapat ditanam pada awal atau akhir musim hujan secara monokultur setelah panen palawija. Jika ditanam pada musim kemarau, sorgum dapat ditanam setelah panen padi kedua atau setelah palawija di lahan sawah.

Pertanaman musim kemarau umumnya memberi hasil lebih rendah dibandingkan dengan musim hujan. Hal ini antara lain disebabkan oleh hama burung, selain proses pengisian biji kurang sempurna karena ketersediaan air terbatas.

Penyiapan Lahan

Lahan dibersihkan dari sisa-sisa tanaman sebelumnya atau gulma tanaman perdu yang dapat mengganggu pengolahan tanah. Pengolahan tanah dimaksudkan untuk menggemburkan tanah, meningkatkan aerasi tanah dan mengendalikan gulma. Pada lahan yang tingkat ketersediaan airnya cukup atau beririgasi, pengolahan tanah dapat dilakukan secara optimum, yaitu dibajak dua kali dan digaru satu kali. Setelah tanah diratakan, dibuat beberapa saluran drainase, baik di tengah maupun di pinggir lahan. Untuk lahan yang 8 Sorgum: Teknik Produksi dan Pengembangan mengandalkan residu air tanah, pengolahan hanya dilakukan secara sederhana dengan mencangkul permukaan tanah untuk mematikan gulma. Pengolahan tanah sederhana efektif menghambat penguapan air tanah.

Penanaman

Pada areal yang telah disiapkan sebelumnya dibuatkan lubang tanam dengan jarak tanam yang disesuaikan dengan varietas yang digunakan (60 cm-75 cm) x 20 cm, ketersediaan air, dan tingkat kesuburan tanah. Pada lahan yang kurang subur dan kandungan air tanah rendah sebaiknya menggunakan jarak tanam lebih lebar atau populasi tanam dikurangi dari populasi baku (sekitar 125.000 tanaman/ha). Untuk mengurangi penguapan air tanah, jarak tanam antarbaris dapat dipersempit tetapi jarak dalam baris diperlebar. Penanaman dapat dilakukan dengan cara ditugal. Pembuatan lubang tanam menggunakan alat tugal mengikuti arah yang telah ditentukan sesuai dengan jarak tanam yang diinginkan. Kedalaman lubang tanam tidak lebih dari 5 cm. Setiap lubang tanam diisi 3-4 benih, kemudian ditutup dengan tanah ringan atau pupuk organik. Penutupan lubang tanam dengan bongkahan tanah atau tanah berat menyebabkan benih sulit berkecambah dan menembus permukaan tanah. Penutupan lubang tanam dengan pupuk organik atau abu atau tanah ringan memudahkan benih tumbuh, 5 hari setelah tanam. Pada umur 2-3 minggu setelah tanam dapat dilakukan penjarangan tanaman dengan meninggalkan dua tanaman/rumpun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampai batas tertentu peningkatan populasi tanaman dapat meningkatkan hasil varietas yang mempunyai tinggi batang sedang (Tabel 3).

Pemupukan

Secara tradisional sorgum umumnya ditanam di lahan kering dengan tingkat kesuburan tanah rendah, sehingga hasil rendah. Sorgum dengan sistem perakaran menyebar berpotensi meningkatkan penyerapan hara dan air dari dalam tanah. Pada kondisi lingkungan terbatas, sorgum dapat tumbuh dengan baik dibandingkan tanaman pangan lainnya, namun hasilnya akan tinggi pada kondisi air dan hara yang optimal. Tanaman sorgum tumbuh baik pada tanah dengan pH 6-7,5. Pada tanah dengan pH 7,5 namun gejala defisiensi jarang terjadi pada tanaman sorgum. Pada tanah yang kekurangan hara mikro, hasil sorgum rendah. Hara makro adalah nitrogen, fosfor, dan kalium, sedangkan hara mikro adalah besi, seng, magnesium, boron, tembaga, molibdenum, khlor, dan timah.

Nitrogen merupakan salah satu hara pembatas pertumbuhan tanaman yang ketersediaannya terbatas hampir di semua lahan pertanian di Indonesia. Beragamnya jenis tanah dan tingkat ketersediaan hara dalam tanah menjadikan rekomendasi pemupukan disesuaikan dengan kondisi setempat. Hasil penelitian di Arkansas, Amerika Serikat menunjukkan hampir 50% N yang diberikan dialokasikan untuk pembentukan biji, 67% untuk P, dan 17% untuk K. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa serapan N tanaman sorgum tidak banyak selama 20 hari pertama, namun sampai tanaman berumur 60 hari penyerapan N mendekati 60% dari total N yang diberikan. Oleh karena itu, pemberian pupuk N dianjurkan pada saat tanam sebanyak 1/3-1/2 takaran dan sisanya diberikan pada saat tanaman berumur sekitar 30 hari (University of Arkansas

1998). Penggunaan pupuk perlu memperhatikan waktu dan cara pemberian, jenis dan takaran pupuk. Aspek tersebut tidak dapat disamakan di semua lokasi, karena tanah di masing-masing lokasi mempunyai sifat yang berbeda. Tanaman sorgum tanggap terhadap pupuk nitrogen. Takaran pupuk N bergantung pada tingkat kesuburan tanah dan varietas yang digunakan. Varietas unggul lebih tanggap terhadap pupuk N dibanding varietas lokal. Hasil pengujian di tanah Aluvial Bojonegoro menunjukkan bahwa takaran pupuk N optimum untuk sorgum adalah 90 kg N/ha. Pada lahan kering, penggunaan pupuk N tidak lebih dari 100 kg/ha, sedangkan pada lahan cukup air dapat mencapai 135 kg/ha. Pupuk N diberikan satu kali pada umur 10 hari setelah tanam atau dua kali, 1/3 takaran pada saat tanam dan 2/3 takaran 3-4 minggu setelah tanam atau bersamaan dengan pembumbunan. Pupuk diberikan di samping tanaman dengan cara tugal kemudian ditutup untuk mengatasi kehilangan pupuk N. Pupuk P dapat meningkatkan hasil sorgum.

Tabel 3. Pengaruh populasi tanaman terhadap hasil sorgum.

Populasi (tan/ha)	Jarak tanam (cm ²)	Hasil biji (t/ha)		
		MH	MK	
Tanah Aluvial Lamongan				
125.000	75 x 20	1,88	5,09	
175.000	75 x 15	2,19	4,96	
225.000	75 x 12	2,03	5,14	
Populasi (tan/ha)	Jarak tanam (cm ²)	Hasil biji (t/ha)		
		UPCA S2	KD 4	No. 6C
Tanah Mediteran-Vulkanik Probolinggo				
132.000	100 x 15	2,33	2,10	2,18
175.000	75 x 15	3,44	3,25	3,81
264.000	50 x 15	3,95	3,97	4,22
Populasi (tan/ha)	Jarak tanam (cm ²)	Hasil biji (t/ha)		
		Panen I	Panen II	Panen III
Tanah Regosol-Vulkanik Banyuwangi (ratun)				
74.000	75 x 35,5	3,38	1,63	1,68
100.000	75 x 26,5	3,39	2,23	2,25
126.000	75 x 21	3,68	2,35	2,34
151.000	75 x 17,5	3,93	2,55	2,56

Sumber: Aneka Beti et al. (1990)

Tabel 4. Bobot malai(kg/ha) dan bobot batang (kg/ha) tanaman sorgum berdasar lokasi di daerah Boto Jatiroto Wonogiri Jawa Tengah

Letak lahan	Bobot malai (kg/ha)	Bobot batang (kg/ha)
Lahan atas varitas samurai 1	2.26	5.47
Lahan tengah varitas samurai 1	4.28	15.39
Lahan bawah varitas samurai 1	2.47	8.94
Lahan atas varitas samurai 2	2.80	3.47
Lahan tengah varitas samurai 2	3.51	5.39
Lahan bawah varitas samurai 2	1.90	3.17

Sumber: Darban Haryanto, M.Nurcholis, Dwi Fitri Yudianto (2018)

Pada tanah Aluvial Bojonegoro, pemberian pupuk P sampai takaran 50 kg P₂O₅/ha meningkatkan hasil 20%. Pada tanah Mediteran Madura, pemberian pupuk P sebanyak 60 kg P₂O₅/ha meningkatkan hasil 56% di lahan tadah hujan dan 67% di lahan tegalan (Aneka Beti et al. 1990). Pada tanah Vulkanik dan Mediteran-Vulkanik, pemberian pupuk P dan K tidak meningkatkan hasil. Hal ini ditunjukkan oleh hasil penelitian di tanah Mediteran-Vulkanik Probolinggo dan Vulkanik Banyuwangi (Tabel 4). Di Blitar Selatan, walaupun kandungan P dalam tanah rendah sampai sedang, namun pemberian pupuk P tidak meningkatkan hasil (Tabel 5).

Tabel 5. Pengaruh pupuk N, P, dan K terhadap hasil sorgum UPCA S2 pada tanah Vulkanik Banyuwangi.

Takaran pupuk (kg/ha)			Hasil biji (t/ha)
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
0	0	0	1,93
45	0	0	1,37
90	0	0	4,21
90	0	0	4,21
90	30	0	3,98
135	0	0	4,99
135	30	0	4,79
90	0	0	4,21
90	0	30	4,21
135	0	0	4,99
135	0	30	4,79
90	30	0	3,98
90	30	30	4,13

Sumber: Aneka Beti et al. (1990)

Tabel 6. Pengaruh pupuk N dan P terhadap hasil sorgum varietas UPCA S pada tanah Mediteran di Blitar Selatan.

Takaran N (kg/ha)	Hasil biji (t/ha)			
	0 kg P ₂ O ₅ /ha	25 kg P ₂ O ₅ /ha	50 kg P ₂ O ₅ /ha	Rata-rata
0	1,27	2,13	1,66	1,69
45	3,45	3,10	3,37	3,30
90	3,79	3,66	3,57	3,67
135	3,77	3,88	4,27	3,97
180	5,36	5,11	4,43	4,97

Sumber: Aneka Beti et al. (1990)

Pemeliharaan

Selama pemeliharaan tanaman kegiatan yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pemberian air, dilakukan jika tanaman kekurangan air. Sebaliknya, kelebihan air justru harus segera dibuang melalui saluran drainase. Sorgum termasuk tanaman yang toleran kekeringan, namun pada periode tertentu memerlukan air dalam jumlah yang cukup, yaitu pada saat tanaman berdaun empat (pertumbuhan awal) dan periode pengisian biji sampai biji mulai mengeras.
2. Penyiangan gulma. Kompetisi tanaman sorgum dengan gulma dapat menurunkan hasil dan kualitas biji, terutama pada awal musim hujan. Bahkan keberadaan gulma dapat menurunkan hasil sorgum secara nyata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil sorgum turun 10% jika

penyiangan gulma tidak dilakukan sampai tanaman sorgum berdaun tiga helai, bahkan dapat menurunkan hasil lebih 20% jika tidak dilakukan penyiangan gulma selama 2 minggu pertama pertumbuhan. Pada pertanaman musim kemarau, kompetisi gulma menurunkan efisiensi dan hasil sorgum. Pengendalian gulma dapat menggunakan herbisida 2,4-D atau herbisida pratumbuh. Penyiangan gulma umumnya bersamaan dengan saat penjarangan tanaman atau bergantung pada pertumbuhan gulma. Penyiangan dapat dilakukan secara manual menggunakan sabit atau cangkul, dua kali selama pertumbuhan tanaman. Penyiangan kedua bergantung pada keadaan gulma di lapangan.

3. Pembumbunan, dilakukan bersamaan dengan pemupukan kedua (3-4 minggu setelah tanam) atau sebelumnya. Pembumbunan dilakukan dengan cara menggemburkan tanah di sekitar batang tanaman, kemudian menimbunkan tanah pada pangkal batang untuk merangsang pertumbuhan akar dan memperkokoh tanaman agar tidak mudah rebah

Tabel 7. Hasil biji sorgum yang ditanam setelah padi sawah di Lamongan dan Bojonegoro, MK 1993.

Perlakuan	Hasil biji kering (t/ha)	
	Lamongan	Bojonegoro
Teknologi petani + var Cempaka Putih	1,10	2,80
Teknologi petani + var. UPCA S-1	1,23	3,92
Teknologi introduksi + var Cempaka Putih	1,34	6,81
Teknologi introduksi + tanpa PK	2,04	7,92
Teknologi introduksi	2,06	8,10
BNT 5%	0,48	0,88

Keterangan: Tanam sorgum di Lamongan dan Bojonegoro masing-masing 10 hari dan 2 hari setelah panen padi sawah. Teknologi Petani: Olah tanah ringan, varietas unggul lama (Cempaka Putih), tanam benih 5-10 biji per lubang dengan jarak tanam 75 x 25 cm, pemupukan N 50-150 kg urea tanpa pupuk P dan K, pengendalian hama dan penyakit minimal, dan penyiangan cara petani. Teknologi introduksi: Olah tanah minimal (minimum tillage), varietas unggul baru UPCA S-1, jarak tanam 75 x 25 cm dua biji per lubang dan populasi dipertahankan 100.000 tan/ ha, pemupukan NPK (200 kg urea+100 kg TSP+100 kg KCl) dan pemupukan N (200 kg urea) tanpa pupuk P dan K, pengendalian hama dengan Furadan, dan penyiangan 2x pada umur 20 dan 40 hari). Sumber: Ismail dan Ispandi (1993).

4. Pengendalian hama dan penyakit, dilakukan jika tanaman menunjukkan gejala-gejala serangan. Cara dan waktu pengendalian bergantung pada jenis hama dan penyakit yang menyerang. Penelitian Ismail dan Aspandi (1993) di Bojonegoro dan Lamongan, Jawa Timur, menunjukkan bahwa penanaman sorgum segera setelah panen padi di lahan sawah berpengaruh terhadap hasil. Hal ini tampaknya berkaitan dengan ketersediaan air. Di Lamongan, tanam sorgum 10 hari setelah panen padi hanya mampu memberikan hasil 2,1 t/ha. Di Bojonegoro, dengan tanam sorgum dua hari setelah panen padi memberikan hasil 8,1 t/ha (Tabel 6). Panen Tanaman sorgum sudah dapat dipanen pada umur 3-4 bulan setelah tanam, bergantung pada varietas yang ditanam. Saat panen dapat ditentukan berdasarkan umur tanaman setelah biji terbentuk atau melihat ciri-ciri visual biji atau setelah lewat masak fisiologis. Panen juga dapat dilakukan setelah daun berwarna kuning dan mengering, biji bernas dan keras dengan kadar tepung maksimal. Terlambat panen menurunkan kualitas biji dan biji mulai berkecambah jika kelembaban udara cukup tinggi. Panen sebaiknya dilakukan pada keadaan cuaca cerah. Cara panen yang baik adalah memotong tangkai malai sepanjang 15-20 cm dari pangkal malai. Selanjutnya malai dijemur di bawah sinar matahari dan dirontok.

PUSTAKA

- Aneka Beti Y., A. Ispandi, dan Sudaryono. 1990. Sorgum. Monograf Balittan Malang No.5. Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang.
- Anonim. 2013. Budi daya Sorgum sebagai sumber pangan, pakan ternak, bahan baku industri untuk masa depan Indonesia. www.budidayasorgum.com.
- Anonim. 2013. Budi daya tanaman sorgum manis (Sorghum bicolor). www.anakagronomy.com.
- Balitsereal. 2009. Deskripsi varietas jagung, sorgum dan gandum. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Badan Litbang Pertanian.
- Deptan. 1990. Teknologi budidaya sorgum. Departemen Pertanian. Balai Informasi Pertanian Provinsi Irian Jaya. www.pustaka.litbang.deptan.go.id
- Deptan. 2004. Program pengembangan tanaman sorgum. Makalah Sosialisasi Pengembangan Agribisnis Sorgum dan Hermada. Jakarta, 10-11 Okt.
- Fahdiana Tabri dan Zubachtirodin 2018. Budidaya Tanaman Sorgum Balai Penelitian Tanaman Serealia
- ICRISAT. 2013. Sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench). International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. www.icrisat.org.
- Ismail, C. dan A. Ispandi. 1996. Perakitan paket teknologi budi daya sorgum pada lahan marginal di Jawa Timur. Dalam Sudaryono, A. Sumantri, A. Saleh, J. A. Beti, dan A. Winarto (Eds.) Risalah Simposium Prospek Tanaman Sorgum untuk Pengembangan Agroindustri. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang.
- Sudaryono. 1996. Prospek sorgum di Indonesia: potensi, peluang dan tantangan pengembangan agribisnis. Risalah Simposium Prospek Tanaman Sorgum untuk Pengembangan Agroindustri, 17-18 Januari 1995. Edisi Khusus Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian 4:25-38.
- Suwondo, B.I. 2011. Budi daya sorgum merah berbatang manis sebagai bahan pangan, pakan, dan energi.
- Sarottama Dharma Kalpariksa. www.sarottamagroups.com
- Toure, A. dan E. Weltzien. 2004. Guinea sorghum hybrids: Bringing the benefits of hybrid technology to a staple crop of sub-Saharan Africa. IER-ICRISAT. University of Arkansas. 1998. Grain sorghum production handbook. Guidelines and recommendations are based upon research. The Arkansas Corn and Grain Sorghum Promotion Board.

**PENAMBAHAN GLISIN PADA MEDIA MODIFIKASI MS
TERHADAP PERTUMBUHAN PLANLET KRISAN
(*Chrysanthemum indicum* L.) SECARA *IN VITRO***

Ari Wijayani, Bambang Supriyanta dan Rina Srilestari

Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian UPN “Veteran” Yogyakarta

Email : ariwijayani@yahoo.com

ABSTRACT

This research aim is to know the influence and get a glycine concentration on modification MS(Murashige and Skoog) medium that giving the best growth of chrysant .plantlet by in vitro. This research was conducted in Plant Biotechnological Laboratory Agriculture Faculty, from March till Mei 2018. This research is an experiment used a Completely Randomized Design (CRD) which arranged in six levels and three repetitions. The treatment is giving a several glycine concentration started with without glycine, 0,5 mg glycine/l, 1,5 mg glycine/l, 2,5 mg glycine/l, 3,5 mg glycine/l and 4,5 mg glycine/l. The data obtained were statistically analyzed using analysis of variance and Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at the level of 5%. The result showed that giving a several glycine concentration was not significant for all parameters, but giving glycine with concentration 3,5 mg/l showed the best result to the height of plant and root amount.

Keywords: *Chrysantemum, Plantlet, Glycine*

PENDAHULUAN

Krisan (*Chrysanthemum indicum* L.) merupakan tumbuhan yang dimanfaatkan sebagai tanaman hias yang memiliki bentuk dan warna yang menarik maupun sebagai bahan baku obat. Bunga potong ini termasuk terdalam komoditas penting dalam bisnis tanaman hias. Pengembangan krisan perlu terus diupayakan dalam upaya memenuhi kebutuhan konsumen yang terus meningkat.. Salah satu metode perbanyak massal yang digunakan dalam budidaya krisan adalah secara *in vitro*.

Salah satu masalah yang dihadapi dalam pengembangan budidaya krisan adalah ketersediaan bibit bermutu yang belum terpenuhi, sehingga untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan perbanyak secara *in vitro* (kultur jaringan) yang akan menghasilkan tanaman baru dengan kualitas dan kuantitas serta mempercepat proses pertumbuhan maupun produktivitas tanaman krisan .

Keberhasilan dalam penggunaan metode kultur jaringan sangat bergantung pada media yang digunakan. Medium MS modifikasi adalah media dasar yang digunakan dalam kultur jaringan tanaman dimana menggunakan vitamin B5 . Media ini merupakan media sederhana yang hanya terdiri dari senyawa-senyawa yang mengandung unsur hara makro dan mikro yang dalam penggunaannya untuk media tanam krisan sering ditambahkan N organik.

Di dalam media kultur jaringan, asam amino merupakan sumber N-organik yang lebih cepat diambil oleh eksplan daripada N yang terdapat di dalam media. Glisin merupakan asam

amino non-esensial yang berfungsi sebagai pendorong pertumbuhan sel dan regenerasi tanaman. Glisin dapat memproduksi glukosa ketika energi dibutuhkan dan esensial di dalam sintesis purin serta merupakan bagian dari struktur cincin porfirin klorofil.

Menurut Yusnita (2004), Penambahan asam amino glisin dengan konsentrasi 2 mg/l dalam media kultur jaringan dapat meningkatkan pertumbuhan sel tanaman dengan baik, karena penambahan glisin dalam media dengan konsentrasi tertentu dapat melengkapi vitamin sebagai sumber bahan organik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan percobaan laboratorium yang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Media yang digunakan berupa media MS yang menggunakan vitamin B5. Perlakuan dalam penelitian ini terdiri dari 6 level konsentrasi glisin dengan 5 ulangan sehingga diperoleh 30 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdapat 5 botol, sehingga total keseluruhan sebanyak 150 botol. Perlakuannya terdiri dari: G0 = tanpa glisin, G1 = konsentrasi glisin 0,5 mg/l, G2 = konsentrasi glisin 1,5 mg/l, G3 = konsentrasi glisin 2,5 mg/l, G4 = konsentrasi glisin 3,5 mg/l dan G5 = konsentrasi glisin 4,5 mg/l.

Parameter yang diamati adalah pertambahan tinggi plantlet, pertambahan jumlah akar dan persentase hidup plantlet. Data yang diperoleh dianalisis dengan sidik ragam dan dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pertambahan Tinggi Tanaman (cm)

Hasil sidik ragam memperlihatkan bahwa pemberian beberapa konsentrasi glisin pada media MS yang dimodifikasi berpengaruh tidak nyata terhadap pertambahan tinggi plantlet. Hasil uji jarak berganda Duncan taraf 5% disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pertambahan tinggi plantlet krisan pada pemberian beberapa konsentrasi glisin (cm)

Konsentrasi Glisin (mg/l)	Tinggi plantlet (cm)
0	4,42 c
0,5	4,82 b
1,5	5,27 bc
2,5	5,30 bc
3,5	6,28 a
4,5	5,36 bc

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama menunjukkan berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%

Tabel 1 menunjukkan bahwa pemberian glisin 3,5 mg/l memberikan pertambahan tertinggi yakni 6,28 cm berbeda nyata dengan pemberian glisin 0,5 mg/l yakni 4,82 cm serta tanpa pemberian glisin yaitu 4,42 cm.. Peningkatan pemberian glisin hingga 3,5 mg/l mampu meningkatkan pertambahan tinggi, hal ini menunjukkan bahwa kandungan nitrogen organik pada glisin mampu mendukung pertumbuhan vegetatif krisan. Dzulfikar *et al.* (2011), menyatakan bahwa pada masa vegetatif, tanaman membutuhkan unsur hara nitrogen untuk

melakukan proses-proses metabolisme. Nitrogen umumnya diserap oleh tanaman dalam bentuk NH_4 atau NO_3 . Setiono (2010) menyebutkan bahwa nitrogen akan diserap secara difusi jika konsentrasi nitrogen diluar dinding sel lebih tinggi daripada konsentrasi didalam. Proses difusi ini dapat berlangsung karena konsentrasi beberapa ion didalam dinding sel dipertahankan untuk tetap rendah, karena begitu ion-ion tersebut masuk kedalam dinding sel akan segera dikonversi ke bentuk lain, seperti nitrogen organik yang direduksi menjadi NH_4 dan NO_3 , yang selanjutnya digunakan dalam proses metabolisme.

Pada perlakuan tanpa glisin memperlihatkan pertambahan pertumbuhan yang tidak terlalu terlihat, baik di pertambahan tinggi. Hal ini diduga karena tanpa adanya pemberian glisin menyebabkan pertumbuhan plantlet menjadi lambat.

Sarief (1986) menyatakan bahwa nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman karena nitrogen merupakan penyusun dari semua protein, asam nukleat dan penyusun protoplasma secara keseluruhan. Havlin *et al.* (1999) menambahkan bahwa dengan cukup tersedianya klorofil maka proses fotosintesis akan meningkat sehingga karbohidrat yang dihasilkan bertambah dan dapat mempercepat pertambahan tinggi tanaman.

2. Pertambahan Jumlah Akar (buah)

Hasil sidik ragam memperlihatkan bahwa pemberian beberapa konsentrasi glisin pada media MS yang dimodifikasi berpengaruh tidak nyata terhadap pertambahan jumlah akar plantlet. Hasil uji jarak berganda Duncan taraf 5% disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pertambahan jumlah akar plantlet krisan pada pemberian beberapa konsentrasi glisin (buah)

Konsentrasi Glisin (mg/l)	Jumlah Akar (buah)
0	4,23 c
0,5	7,20 ab
1,5	6,90 ab
2,5	7,00 ab
3,5	8,17 a
4,5	7,43 ab

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama menunjukkan berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%

Tabel 2 menunjukkan bahwa pemberian glisin dapat meningkatkan jumlah akar di mana pemberian konsentrasi glisin 3,5 mg/l menghasilkan akar sebanyak 8,17 buah berbeda nyata dengan tanpa pemberian glisin yakni 4,23 buah. Sedikitnya pembentukan akar pada plantlet diduga karena krisan termasuk tanaman yang memiliki pertumbuhan lambat. Marks (2000) menyatakan bahwa plantlet berdasarkan sensitifitasnya terhadap hormon perakaran digolongkan menjadi dua, yaitu tanaman yang mudah berakar dan tanaman yang lambat berakar. Lakitan (1996) menyatakan bahwa hormon adalah suatu senyawa organik yang disintesis dalam suatu bagian tanaman dan kemudian diangkut ke bagian tanaman yang lain. Dalam hal ini, jaringan muda seperti meristem batang dan daun mensintesis auksin yang kemudian akan diangkut dari organ yang satu ke organ yang lain. Hartmann dan Kester (1975) menyatakan bahwa tunas dan daun berperan sebagai sumber auksin yang merangsang pembentukan akar, dimana auksin dari tunas akan diangkut ke dasar untuk mendorong pembentukan akar.

Pembentukan auksin erat kaitannya dengan nitrogen yang diserap oleh tanaman. Hendaryono dan Wijayani (2014) menyatakan bahwa asam amino sebagai salah satu senyawa organik merupakan komponen media yang berpengaruh baik terhadap pertumbuhan plantlet, karena membantu pembentukan hormon auksin yang dibutuhkan tanaman untuk memacu perkembangan akar. Rostiana dan Seswita (2007) menyatakan bahwa auksin sangat berperan dalam pembentukan akar dengan meningkatkan jumlah dan panjang akar. Meningkatkan jumlah dan panjang akar akan meningkatkan peran akar dalam proses absorpsi nutrisi tanaman. Tomia (2011) menambahkan bahwa fungsi dari hormon auksin adalah membantu dalam proses pertumbuhan, baik itu pertumbuhan akar maupun pertumbuhan batang.

Pada pemberian konsentrasi glisin 3,5 mg/l secara visual dapat dilihat bahwa plantlet yang terbentuk mempunyai akar yang lebih banyak, besar dan panjang. Hal ini diduga karena pembentukan jumlah akar yang lebih banyak mampu menyerap nutrisi pada media dan daun aktif membentuk klorofil sehingga fotosintesis dapat berlangsung. Menurut Salisbury dan Ross (1992), sel akar umumnya mengandung hormon auksin yang cukup untuk pemanjangannya secara normal. Hal ini sejalan dengan Ammirato (1986) yang menyatakan bahwa beberapa sel tanaman dapat tumbuh dan berkembang meskipun tanpa pemberian hormon tumbuh.

3. Persentase Hidup (%)

Persentase hidup plantlet krisan pada pemberian beberapa konsentrasi glisin pada media B5 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase hidup plantlet krisan pada pemberian beberapa konsentrasi glisin (%)

Konsentrasi Glisin (mg/l)	Persentase Hidup (%)
0	75 b
0,5	89 a
1,5	88,5 a
2,5	90,0 a
3,5	98,5 a
4,5	97 a

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa persentase keberhasilan pada penelitian ini berkisar antara 75-98,5 %. Tingkat keberhasilan pada penelitian ini cukup tinggi, walaupun persentase keberhasilannya tidak mencapai 100%. Tingginya tingkat keberhasilan pada penelitian ini sangat dipengaruhi oleh bahan tanam yaitu daun krisan yang sudah steril dan teknik pengambilan plantlet yang tepat dan benar. Hal ini sejalan dengan pernyataan Karjadi *et al.* (1995) bahwa keberhasilan jaringan untuk tumbuh dan berkembang dipengaruhi oleh kecermatan dalam pengambilan eksplan tersebut serta sterilisasi yang baik dan keberhasilan kultur *in vitro* dilihat dengan persentase kontaminasi berkisar antara 10-25%.

Kontaminasi oleh jamur dan bakteri dapat terjadi sewaktu-waktu walaupun sebelumnya semua alat dan bahan termasuk media tumbuh sudah disterilkan. Pada penelitian ini, sebagian plantlet terkontaminasi pada umur 3-8 minggu setelah tanam yang disebabkan

oleh jamur dan bakteri. Kontaminan diduga berasal dari ruang inkubasi akibat penutupan botol kultur yang kurang rapat dan didukung oleh sifat media tumbuh yang cocok untuk tumbuhnya jamur dan bakteri. Katuuk (1989) menyatakan bahwa media nutrisi yang dipakai untuk perbanyak tanaman secara *in vitro* pada dasarnya sesuai untuk pertumbuhan jamur dan bakteri.

Kontaminasi oleh jamur terlihat jelas pada media, yakni media dan eksplan diselimuti oleh spora berbentuk kapas berwarna putih ataupun hijau kehitaman, sedangkan kontaminasi oleh bakteri pada eksplan terlihat lendir berwarna kuning. Setiyoko (1995) menyatakan bahwa kontaminasi yang disebabkan oleh jamur terlihat jelas pada media, dimana media dan eksplan diselimuti oleh spora berwarna putih dan kontaminasi yang disebabkan oleh bakteri pada eksplan akan terlihat lendir berwarna kuning dan sebagian lagi melekat pada media membentuk gumpalan yang basah. Hal ini diduga bahwa selama inkubasi berlangsung, jamur dan bakteri terbawa bersamaan dengan masuknya peneliti

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pemberian glisin dengan konsentrasi 3,5 mg/l memperlihatkan pertambahan tinggi plantlet dan pertambahan jumlah akar yang lebih baik pada pertumbuhan plantlet krisan.

Saran

Untuk pertumbuhan vegetatif plantlet krisan secara *in vitro* disarankan untuk menambahkan glisin dengan konsentrasi 3,5 mg/l dan menggunakan asam amino yang lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada DP2M Kemenristekdikti atas biaya yang telah diberikan melalui hibah PTUPT, Juga kepada LPPM UPN Veteran Yogyakarta atas semua fasilitasnya sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Ammirato, P. V. 1986. Control and Expression of Morphogenesis in Culture, Plant Tissue Culture and its Agricultural Application. Butterworths University Pres. Cambridge.
- Dzulfikar, A.S., M. Muryono dan F. Hendrayana. 2011. Pengaruh pupuk nitrogen terhadap pertumbuhan dan produktivitas tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) varietas Prancak pada kepadatan populasi 45.000/ha di Kabupaten Pamekasan, Jawa Timur. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Ferziana dan E. Lisa. 2013. Pengaruh tripton dan arang aktif pada pembesaran bibit anggrek *Phalaenopsis in vitro*. Jurnal Penelitian Pertanian Terapan. Vol. 13 : 45-51.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizers: an Introduction to Nutrient Management. Prentice Hall Inc. Saddle River, New Jersey.
- Hendaryono, D.P.S dan A. Wijayani. 2014. Teknik Kultur Jaringan. Kanisius. Yogyakarta.
- Howards, J.A. 1996. Sumber Daya Hutan, Teori dan Aplikasi, Gajah Mada University Press. Jogjakarta.

- Karjadi, A.K., Luthfy dan Abubaer, B. 1995. Pengaruh pemberian auksin, sitokinin dan giberelin dalam memacu pertumbuhan “*multishoot*” tanaman kentang kultivar Granula. Bulletin Penelitian Hortikultura. Vol. 27. Jakarta.
- Katuuk, J.R.P. 1989. Teknik Kultur Jaringan dalam Mikropropagasi Tanaman. Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan. Jakarta.
- Lakitan, B. 1996. Fisiologi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Marks, M. 2000. Orchids Care and Growth. Universe Books, Inc., New York.
- Rostiana, O. dan D. Seswita. 2007. Pengaruh *indole butyric acid* dan *naphtaleine acetic acid* terhadap induksi perakaran tunas piretrum (*Chrysanthemum cinerariifolium* (trevir.)vis.) klon prau 6 secara *in vitro*. Bulletin Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik. Vol. 19 : 39-48.
- Setiono. 2010. Mekanisme Penyerapan Nutrisi Mineral. http://setiono774.blogspot.co_m. Diakses tanggal 15 Januari 2015.
- Setiyoko, B. 1995. Kultur meristem tanaman pisang (*Musa paradisiaca* L.) kultivar Ambon untuk memperoleh tanaman yang bebas *Cucumber Mosaic Virus*. Skripsi. Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Tomia, A. 2011. Pengaruh auksin terhadap induksi virus pada gugur daun cabai. Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan. Vol. 4 : 65-68.
- Yusnita. 2003. Kiat Mengatasi Permasalahan Praktis Kultur Jaringan, Cara Memperbanyak Tanaman secara Efisien. Agromedia Pustaka. Jakarta.

MINERALISASI EMAS DAERAH CIDOLOG DAN SEKITARNYA KABUPATEN SUKABUMI, JAWA BARAT

Heru Sigit Purwanto¹⁾, Suharsono¹⁾, & Adera Puntadewa²⁾

- 1) Geological Engineering, University of Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Indonesia
- 2) Post-Graduate Program, Geological Engineering, University of Pembangunan Nasional Veteran, Yogyakarta, Indonesia.

Email: sigitgeologi@hotmail.com

ABSTRACT

There is epithermal system of Cu-Pb-Zn deposit in Cidolog area, Sukabumi, West Java Province, Indonesia. The alterations in the research area were carefully classified into three types of alteration zones, they are argillic alteration, propylitic alteration and silicic alteration. The mineralization then was carefully classified as pyrite (FeS_2), chalcopyrite ($CuFeS_2$), Galena (PbS), Sphalerite (Zn,Fe)S, Hematite (Fe_2O_3), Magnetite (Fe_3O_4), Chalcocite (Cu_2S), Malachite ($CuCO_3(OH)_2$), Azurite ($Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$). The analysis result of Cu, Pb and Zn elements in the area showed relatively higher than another elements (Au, Ag). In the research area, the mineralization process is controlled by geological structure such as faults and fractures. The appearances of the mineralization is abundant and can be found fulfilling the fracture zone mainly shear joints. This study will emphasize on the measurement and detailed analysis to know more about the Galena, Chalcopyrite and Sphalerite mineralization process and other minerals controlled by structures patterns. The controlling structure of this area generally are fractures and faults zone in NW-SE direction, the analysis of controlling structure can really be a good aid in locating the mineralized areas.

In this research, presence of galena, chalcopyrite, sphalerite and bornite minerals were found at several fault zones and also brecciated quartz. It could be interpreted that several site locations are Epithermal Intermediate Sulfidation type deposit zones. However, the research area was generally classified as an Epithermal Low Sulfidation type deposit.

Keywords : *Epithermal, alteration, mineralization, deposits, structure.*

PENDAHULUAN

Cidolog merupakan daerah di Jawa Barat yang memiliki potensi cebakan mineral bijih, diantaranya emas, tembaga, plumbum dan zink. Keberadaan satuan batuan hasil dari proses vulkanisme purba berupa sedimen vulkanik dan intrusi, serta proses – proses geologi lainnya yang mendukung terjadinya proses deposit mineral bijih. Lokasi penelitian yang berada pada koordinat $106^{\circ}50'55,8''$ - $106^{\circ}51'54,9''$ bujur timur dan $7^{\circ}18'13,9''$ - $7^{\circ}18'51,26''$ lintang selatan menunjukkan adanya keberadaan struktur geologi yang mengontrol adanya potensi endapan mineral bijih di daerah tersebut. Daerah telitian merupakan tambang rakyat yang sudah tutup mereka mengambil bijih emas, tembaga dan galena. Penelitain sebelumnya menunjukkan bahwa daerah telitian dan sekitarnya merupakan tipe deposit Epithermal Low Sulfidation yang secara umum

keberadaannya pada urat-urat kuarsa (Suparka, 1987, Sunarya, 1989, Soeria Atmadja, 2001). Penelitian ini dimaksudkan khususnya untuk mengetahui zona alterasi dan mineralisasi bijih yang ada di daerah telitian, kemudian mengetahui lithologi dan struktur geologinya. Metode secara umum penelitian adalah pemetaan geologi permukaan. Sedangkan untuk mengetahui potensi cebakan mineral bijih, pada sampel urat tertentu dilakukan analisa laboratorium berupa AAS (*Atomic Adsorbition Spectrometry*), XRD (*X-Ray Diffraction*) dan sayatan poles (Mineragrafi).

Pada penelitian ini peneliti menemukan kehadiran mineral galena dan sphalerit dan bornite pada beberapa daerah zona sesar dan breksiasi kursor, hal ini dapat diinterpretasikan bahwa beberapa lokasi daerah telitian terdapat zona tipe deposit Epithermal Intermediate Sulfidation, akan tetapi secara umum daerah telitian merupakan tipe Epithermal Low Sulfidation.

GEOLOGI REGIONAL

Daerah penelitian merupakan bagian dari Fisiografi Pegunungan Selatan Jawa Barat (Van Bammelen, 1949) dengan stratigrafi yang menyusun daerah penelitian adalah Formasi Jampang dan Formasi Bentang. Formasi Jampang yang berumur Miosen Awal-Tengah tersusun oleh litologi breksi yang di atasnya ditindih oleh batupasir tufan dan lava andesit yang memiliki ketebalan berbeda-beda di setiap tempat. Di atas Formasi Jampang secara tidak selaras diendapkan Formasi Bentang berumur Miosen Akhir dengan litologi penyusun berupa batupasir tufan dengan sedikit sisipan lava di bagian bawah, pada bagian bawah tersusun atas perselingan batupasir tufan dengan sedikit sisipan lava, di atasnya diendapkan konglomerat dengan banyak fragmen batugamping, lalu batupasir tufan berlapis baik, perselingan batulempung dengan batupasir, juga dengan batugamping klastik bahkan batugamping terumbu. Struktur geologi yang berkembang di daerah Jawa Barat diidentifikasi secara umum menjadi 2 (dua) yaitu; sesar dekstral dengan arah baratlaut – tenggara dan sinistral dengan arah timurlaut - baratdaya. Di Jawa Barat pada umumnya, beberapa sesar tersebut diperkirakan mengalami peremajaan gerak pada Kala Pliosen hingga sekarang (Asikin, 1986).

PEMBAHASAN

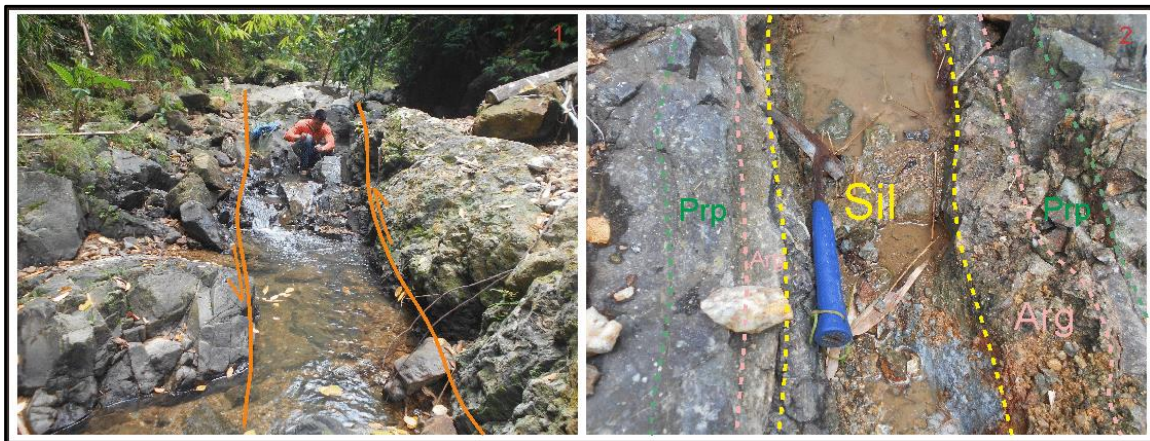
A. Geologi Daerah Penelitian

Berdasarkan pembagian satuan batuan hasil dari pemetaan geologi permukaan, daerah penelitian tersusun oleh batuan dari tua ke muda yaitu: Intrusi Diorit yang telah mengalami alterasi lemah hingga kuat, Intrusi Diorit ini diperkirakan merupakan batuan tertua di daerah penelitian karena memiliki kontak dengan batuan di atasnya, tersingkap pada dasar lembah dan menjadi alas dari aliran sungai. Di atas Intrusi Diorit secara tidak selaras ditindih oleh Satuan lava andesit-basalt yang memiliki kontak selaras dengan Satuan batupasir tufan, kontak antara dua satuan ini memiliki kedudukan relatif hampir horizontal. Satuan termuda di daerah penelitian berupa Intrusi Andesit yang dijumpai menerobos Satuan batupasir tufan (Gambar 1).

Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian berupa sesar utama geser kiri berarah tenggara-barat laut (**Gambar 1-a,b**) yang merupakan sesar utama pengontrol mineralisasi di daerah penelitian. Keberadaan urat mineralisasi dijumpai pada kekar gerus dengan arah berkisar N300°E, yang merupakan kekar gerus sintetik hasil dari pergerakan sesar geser kiri yang ada.

Alterasi di daerah penelitian berdasarkan data yang di dapatkan dibagi menjadi tiga

berdasarkan himpunan mineralnya, yaitu: Alterasi Silisik yang ditandai oleh himpunan mineral silika (SiO_2), secara umum alterasi ini hanya dijumpai pada bagian urat kuarsa dan sedikit berkembang di bagian luar. Alterasi Argilik yang tersusun oleh himpunan mineral lempung yang berdasarkan analisis X-Ray Diffraction didapatkan himpunan mineral kaolinit dan serisit. Alterasi Propilitik dicirikan dengan kehadiran mineral albit, klorit yang menggantikan sebagian mineral piroksen pada lava andesit-basalt yang ada di daerah penelitian. Alterasi di daerah penelitian secara umum mengikuti pola struktur geologi yang ada, dengan luasan alterasi tidak berkembang jauh dari zona sesar yang ada (**Gambar 1-a,b**).



Gambar 1. (a) Kenampakan zona sesar geser kiri yang merupakan sesar pengontrol alterasi dan mineralisasi daerah penelitian. (b) Urat mineralisasi dengan perubahan zona alterasi di sekitarnya pada litologi lava basalt.

B. Mineralisasi Daerah Penelitian

Mineralisasi yang terdapat pada daerah penelitian relatif berasosiasi terhadap urat kuarsa (*vein* ataupun *veinlets*) dengan tektur *quartz breccia* dengan arah relatif tenggara-baratlaut yang dijumpai pada litologi batupasir dan lava andesit-basalt. Urat mineralisasi yang ada merupakan hasil dari proses pengisian fluida hidrotermal bersamaan dengan pembentukan kekar gerus. Mineralisasi bijih yang terdapat pada daerah penelitian berupa mineral-mineral logam pembawa unsur logam utama berupa tembaga (Cu), timbal (Pb) dan seng (Zn) serta unsur logam ikutan lainnya, di antaranya adalah: Pirit (FeS_2), Kalkopirit (CuFeS_2), Galena (Pbs), Bornit (Cu_5FeS_4), Magnetit (Fe_3O_4), Emas (Au). Unsur bijih yang hadir berdasarkan analisa AAS memiliki kadar tertinggi sebagai berikut : Cu (14 ppm – 5.81%), Pb (15 – 3060 ppm), Zn (59 ppm – 1.02 %), Ag (0.3 – 16.4 ppm), dan Au (5 – 447 ppb). Hasil analisa di bawah (**Tabel 1**) merupakan data yang didapatkan dari analisa sampel urat kuarsa terpilih yang ada di daerah penelitian.

Tabel 1. Hasil analisa AAS sampel urat terplih daerah penelitian.

No	Metoda	AAS						
	Kode Conto	Cu ppm	Cu %	Pb ppm	Zn ppm	Zn %	Ag ppm	Au ppb
1	AAS LP-1	-	3.36	181	641	-	9.9	447
2	AAS LP-2	243	-	18	95	-	1.6	23
3	AAS LP-7	1247	-	3060	-	1.02	1.7	50
4	AAS LP-11	-	5.81	26	91	-	16.4	47
5	AAS LP-12	5016	-	88	178	-	7.2	67
6	AAS LP-16	888	-	15	188	-	0.3	15
7	AAS LP-47	14	-	15	59	-	2.3	5

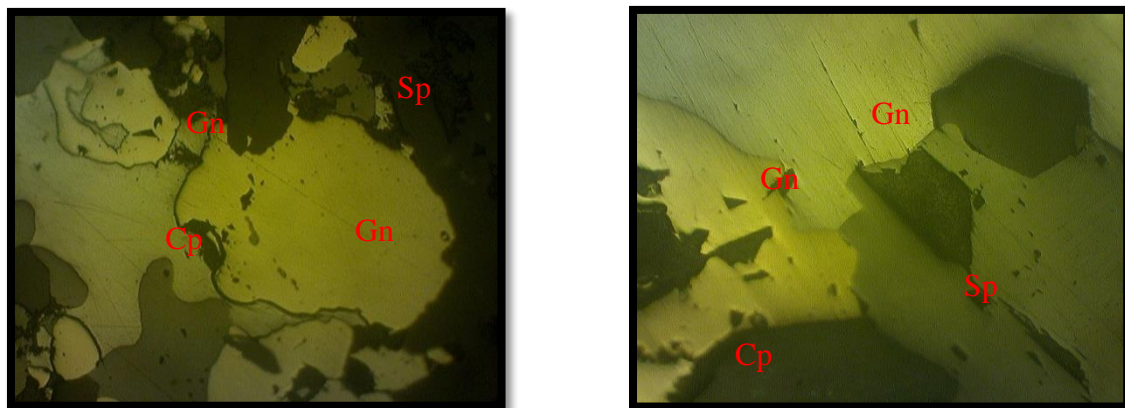
Catatan :

1 % = 10.000 ppm

1 ppm (gram/ton) = 1.000 ppb

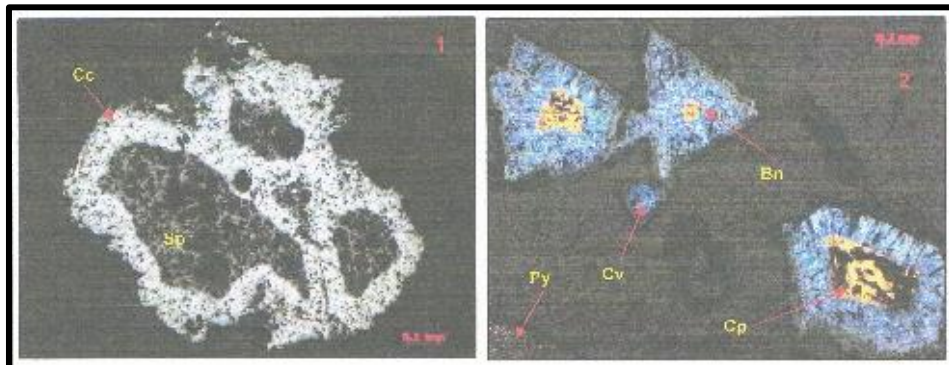
Hasil analisa mineragrafi dan kenampakan mineral bijih secara megaskopis pada beberapa sampel dan kenampakan lapangan adalah sebagai berikut:

Pengamatan pada lokasi 02, berdasarkan diskripsi di lapangan dan hasil dari analisis mineralography (LP 02) didapatkan mineral Chalcopyrite, Galena dan sphalerite yang diinterpretasikan tumbuh bersama.



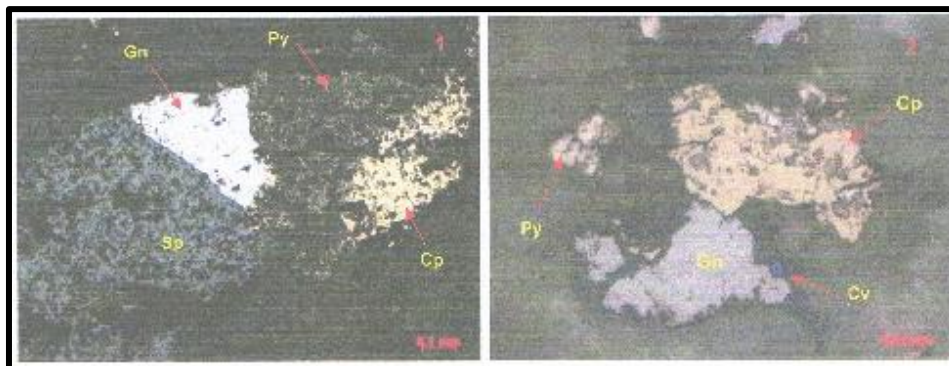
Gambar 2. Menunjukkan kehadiran Cp = Chalcopyrite, Gn= Galena dan Sp= Sphalerite tumbuh bersama (LP 02)

Daerah telitian pada lokasi pengamatan 01, berdasarkan kenampakan fisik di lapangan dan dari hasil kenampakan foto mineralography (LP 01, No 1) didapatkan mineral Kalkosit pada pinggiran mineral Sphalerite dan adanya kenampakan lain adanya mineral Kalkopirit bersama dengan oleh Bornit dan adanya mineral bijih lainnya berupa Pirit dan Kovelit.



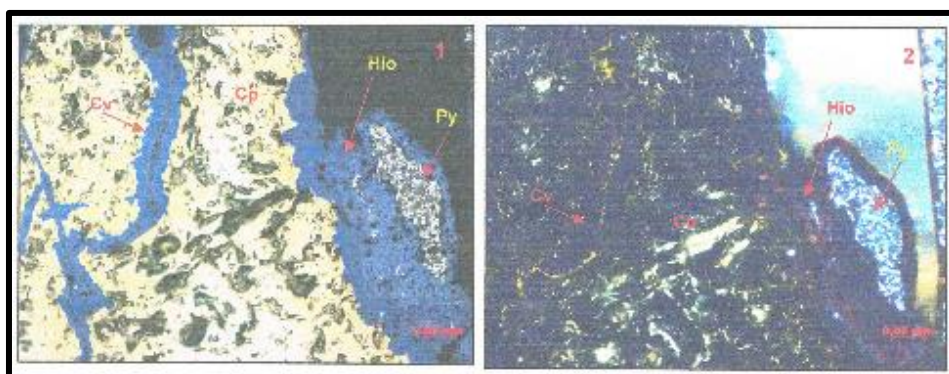
Gambar 3. (1) Cc=Kalkosit, Sp=sphalerit. (2) Bn=bornit, Py=pirit, Cv=kovelit, Cp=kalkopirit (LP 01)

Pengamatan pada lokasi 07 dengan sampel mineralography LP 7 No.1 nampak mineral Pirit yang tumbuh bersama dengan mineral Galena serta nampak pertumbuhan bersama mineral Galena dengan mineral Kalkopirit, mineral bijih lain yang hadir adalah Kovelit dan Sphalerit.



Gambar 4. (1) Py=pirit, Cp=kalkopirit, Gn=galena, Sp=sphalerit. (2) Cv=kovelit (LP 07)

Pengamatan pada lokasi LP 12 berdasarkan sampel mineralography menunjukkan adanya mineral bijih berupa Pirit, Kalkopirit dan Kovelit serta adanya Oksida besi yang mengelilingi mineral bijih yang diduga terbentuk akibat dari proses pelapukan berupa oksidasi.



Gambar 5. (1) Py=pirit, Cp=kalkopirit, Cv=kovelit, Hio=oksida besi. (2) Py=pirit, Cp=kalkopirit, Cv=kovelit, Hio=oksida besi (LP 12)

DISKUSI

Daerah telitian merupakan kawasan pertambangan emas rakyat yang sudah tutup, terdapatnya emas, banyak berhubungan dengan keberadaan mineral galena, chalcopyrite dan sphalerite serta beberapa mineral sekunder seperti malakit, kovelit.

Selama ini daerah telitian oleh para peneliti digolongkan tipe deposit sulfide rendah (“low sulfidation”), walaupun adanya keberadaan galena, yang diinterpretasikan sebagai mineral yang tidak merata kehadirannya di zona lokasi alterasi dan mineralisasi. Perbedaan mineral galena dianggap sebagai indikasi tipe deposite sulfide rendah yang dekat dengan zona sesar yang bertemperatur relative lebih tinggi.

Selanjutnya dalam penelitian ini ditemukan galena sangat banyak bersama pyrite chalcopyrite, sphalerite pada zona-zona sesar, breksiasi kuarsa dan kehadiran sekunder mineral kovelit, malakit.

Keberadaan alterasi silisik, argilik serta propilitik yang ada di daerah penelitian yang biasanya terdapat kehadiran mineral bijih pembawa emas, perak, seng dan timbal yaitu berupa mineral Chalcopyrite, Sphalerit Galena dan Pyrite berdasarkan klasifikasi yang telah dibuat oleh White (2009) ataupun Silitoe (2015), maka deposit epithermal daerah penelitian dapat diinterpretasikan sebagai tipe endapan Epithermal Sulfidasi Menengah (*Intermediate Sulfidation*) untuk zona daerah terdapatnya mineral galena dan sphalerite terutama pada beberapa lokasi dekat zona sesar dan breksiasi kuarsa (“Quartz brecciated”). Sedangkan daerah telitian secara umum merupakan deposit type Epithermal Sulfida Rendah (“Ephitermal Low Sulfidation”).

Tabel 2. Tabel klasifikasi tipe endapan epithermal daerah penelitian (Modifikasi dari simpulan Einaudi, 2003, Silitoe dan Hedenquist 2003 dalam Silitoe, 2010) .

Epithermal type	High-sulfidation (HS)	Intermediate-sulfidation (IS)	Low-sulfidation (LS)
Main mineralization styles	Steep and shallowly inclined replacement bodies, hydrothermal breccias	Veins, stockworks	Veins, stockworks, disseminated bodies
Main proximal alteration types	Silicification, vuggy residual quartz, quartz-alunite	Silicification, quartz-sericite/illite	Silicification, quartz-adularia-illite
Main gangue minerals	Quartz, alunite, barite	Quartz, calcite, manganoan carbonates, rhodonite, adularia	Quartz, chalcedony, adularia
Sulfide abundance	High (10–80 vol.%)	Moderate (5–30 vol.%)	Low (1–5 vol.%)
Sulfidation-state indicators	Enargite/luzonite/famatinite	Tetrahedrite, chalcopyrite, low-Fe sphalerite	Pyrrhotite, arsenopyrite, high-Fe sphalerite
Typical metal signature	Au-Ag-Cu ± Bi ± Te	Ag-Au-Zn-Pb-Mn ± Cu	Au ± Ag ± Se ± Mo

Summarized from Einaudi et al. (2003), Silitoe and Hedenquist (2003)

KESIMPULAN

Daerah Cidolog merupakan wilayah dengan potensi cadangan mineral bijih pembawa unsur Cu-Pb-Zn yang terdapat pada sistem urat kuarsa. Keberadaan urat kuarsa sebagai hasil dari aktifitas hidrothermal terdapat pada kekar gerus yang dikontrol oleh sesar geser kiri sebagai sesar utama. Alterasi yang berkembang mengikuti zona sesar dengan gradasi dari zona utama berupa Alterasi Silisik, Alterasi Argilik dan bagian terluar berupa Alterasi Propilitik. Adanya mineral bijih pembawa unsur Cu,Pb dan Zn yang dijumpai pada mineral Chalcopyrite, Sphalerit dan Galena, serta mineral sekunder malachite, kovelit dapat digunakan sebagai dasar pembagian tipe endapan epithermal di daerah penelitian adalah Epithermal Sulfidasi Rendah (“Epithermal Low

Sulfidation”) , sedangkan untuk beberapa daerah dekat zona sesar dan quartz breccia didaerah telitian merupakan tipe deposit Epithermal Sulfidasi Menengah (“Epithermal Intermediate Sulfidation”)

DAFTAR PUSTAKA

- John M Guilbert, Charles F Park Jr., 1986, *The Geology of Ore Deposits*, W. H Freeman and Company, New York, 985p
- Silitoe, R.H. 2015. *Mineralium Deposita*, vol. 50. Berlin : Springer.
- Soeria Atmadja, Sunarya, Sutanto, Hendaryono. 2001. Epithermal gold-copper mineralization late calc-alkaline magmatism and crustal extensioan in the Sunda –Banda Arc. Geological Society of Malaysia Annual Geological Conference 2001 June 2-3 2001, Pangkor Island, Perak Darul Ridzuan, Malaysia.
- Sukamto, RAB., 1975, *Jampang and Balekambang Regional Geological Map Sheet*, the Centre for Geological Research and Development, Directorate of Geology.
- Sunarya and Suharto, 1989. The Epithermal gold deposits in Cikotok area West Java First Workshop on epithermal gold mineralization ESCAP Resources Division and Geological Survey of Japan, Tsukuba 1989, 15p.
- Suparka, Suwijanto and Mawardi Nor. 1987. Structural control for epithermal gold mineralization in the Bayah and Jampang Blocks West Java. Paper Presentation at the 8th Asian Conference on Remote Sensing, Jakarta 22-27 October 1987, 11p.
- Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*, v. IA. Martinus Nijhoff, The Hague, 792h

Geopark Bojonegoro Menuju Geopark Internasional

Jatmika Setiawan¹⁾ dan Dedy Kristanto²⁾

¹⁾ Geological Engineering Programme, Faculty of Mineral Technology, UPN “Veteran”
Yogyakarta

²⁾ Petroleum Engineering Programme, Faculty of Mineral Technology, UPN “Veteran”
Yogyakarta

Email: jatmikosetiawan@yahoo.com

ABSTRACT

The development of geopark is increasingly vibrant in the world today, this is followed by the development of geopark in Indonesia. Proven now, Indonesia already has two International Geopark (Batur Global Geopark in Bali and Gunungsewu Global Geopark in Gunungkidul, Yogyakarta) and 9 (nine) National Geopark one of this National Geopark is National Petroleum Geopark of Bojonegoro.

Bojonegoro District very rich in resources including the hydrocarbons (oil and gas). Hydrocarbon are non-renewable energy, so there are possible at one time would become depleted. In order to anticipate it, so with the develop of the Bojonegoro Geoheritage for shall be saved and be conceived as are national values of geological site as: Watu Gandul, Selo Rejo & Sumber Air Panas, Gunung Watu, Banyu Kuning, Formasi Kalibeng, Dung Lantung, Kedung Maor, Goa Soko, Goa Fosfat, Makam Orang Kalang, Lokasi Penemuan Fosil, Penambangan Bentonite, Kayangan Api, Sendang Gong, Gunung Pegat, Struktur Lapangan Kawengan, dan Undak Bengawan Solo Purba dan Negri Atas Angin.

There will become to support the developing National Petroleum Geoheritage of Bojonegoro as a International levels of natural geology tourism object and will be built by sustainable development. There are may be an alternative for income in Bojonegoro District.

In the National Petroleum Geopark of Bojonegoro are divided into three part of areas, North area are Geosite of Petroleum; Central area of Fossil and South areas of Renewable energy.

Keywords : *Geopark, Bojonegoro, Geoheritage, petroleum system, sustainable development*

PENDAHULUAN

Kabupaten Bojonegoro, terletak diopinsi Jawa Timur. Kabupaten Bojonegoro ini adalah salah satu daerah yang dijumpai cadangan minyak bumi dan gas (hidrokarbon) di dalam buminya. Hidrokarbon adalah energi tidak terbarukan. Energi tidak terbarukan adalah energi yang diperoleh dari sumber daya alam yang waktu pembentukannya sampai jutaan tahun. Tak terbarukan karena apabila sumberdayanya di eksploitasikan, maka untuk mengganti sumberdaya sejenis dengan waktu yang sama, baru mungki ada atau belum pasti akan terjadi jutaan tahun yang akan datang. Hal ini karena, di samping waktu pembentukannya yang sangat lama, cara terbentuknya lingkungan tempat berkumpulnya energi inipun tergantung pada proses dan keadaan geologi saat itu. Perlu dipikirkan jika energi tak terbarukan nantinya akan habis, maka harus dicarikan solusi yang baik dan *sustainable development*. Salah satu alternatif adalah dibuat wisata alam geologi

yang akan dirangkum dalam cerita *Petroleum Geoheritage* Bojonegoro. Banyaknya warisan alam geologi yang harus diselamatkan dan dapat disusun sebagai Warisan Geologi Tingkat nasional. Hal tersebut akan menjadi pendukung untuk penyusunan *Petroleum Geoheritage* Bojonegoro sebagai wisata alam geologi tingkat nasional maupun Internasional.

TUJUAN PENELITIAN

Kajian ini bertujuan untuk mendata situs-situs warisan geologi di seluruh Kabupaten Bojonegoro untuk diungkap berdasarkan letaknya, keasliannya, sejarah geologinya dan kelas warisannya kemudian dihubungkan berdasarkan urutan kejadiannya, sehingga dapat dimanfaatkan untuk pariwisata baik yang bersifat minat khusus maupun wisata geologi secara umum dan diangkat secara nasional maupun internasional menjadi *Petroleum Geoheritage* Bojonegoro dengan pendanaan melalui PUPT tahun 2016 sebesar 150 Juta Rupiah dengan pendampingan dana dari Kabupaten Bojonegoro dan Pertamina EP Asset-4 Cepu.

METODOLOGI

Metode yang dipakai dalam Penelitian ini adalah pemetaan detil di lapangan seluruh Kabupaten Bojonegoro, pengambilan sampel dan analisis.

TINJAUAN LITERATUR

a. Pengertian *Geoheritage*

Geoheritage (berasal dari kata *geo* yang berarti “bumi” dan *heritage* yang berarti “warisan”) adalah situs atau area geologi yang memiliki nilai-nilai yang penting di bidang keilmuan, pendidikan, budaya, dan nilai estetika (*The Geological Society of America*, 2010). *Geoheritage* pertama yang sudah di syahkan oleh Kepala Badan Geologi adalah berjudul *Geoheritage* Jogja yang disusun oleh Tim Konsevasi *Geoheritage* Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta pada tahun 2014 (C. Prasetyadi, Achmad Subandrio, Bambang Prastitho, Jatmika Setiawan dan Adi Sulaksono, 2014). Dalam *Geoheritage* Jogja tersebut mengisahkan tentang “Geowarisan BABAD BUMI MATARAM, Menyingkap Riwayat Geologi Babad Tanah Jawi”.

b. Arti Penting *Geoheritage*

Geoheritage mempunyai peran yang sangat penting bagi :

- Pendidikan / keilmuan.

Geoheritage sebagai laboratorium alam tentu sangat bernilai dan bermanfaat sebagai sarana pemahaman mengenai proses-proses alam terbentuknya Pulau Jawa, khususnya di Kabupaten Bojonegoro.

- Informasi.

Geoheritage berupa situs-situs yang sifatnya nyata, tentu sangat bernilai karena menjadi sumber informasi yang langsung atau orisinal.

- Geowisata / wisata kebumian :

Wisata tidak selalu berkaitan dengan budaya, kuliner, panorama, dll. Wisata kebumian ini tentu dapat menjadi alternatif yang sangat bagus yang dapat memberikan pencerahan atau menambah wawasan peduli lingkungan, bahkan wawasan sadar bencana.

- Pemupuk rasa cinta terhadap tanah air.

Kekayaan alam Indonesia sangat mempengaruhi sebesar apa kecintaan masyarakat terhadap tanah air. Dengan memahami kejadian alam yang terekam dalam *Geoheritage*, masyarakat luas akan sadar bahwa Indonesia memiliki sejarah kegeologian yang sangat dahsyat.

SETTING GEOLOGI

Secara Geologi Kabupaten Bojonegoro pernah dibuat Peta Geologi oleh PUSAT PENGEMBANGAN DAN PENELITIAN GEOLOGI (W.H. CONDON., dkk, 1996) dengan skala 1 : 25.000. dan telah dikembangkan oleh Tim ESDM Kabupaten Bojonegoro. Formasi-formasi yang dijumpai di kabupaten Bojonegoro dari tua ke muda antara lain: Formasi Wonocolo, Formasi Tambakromo, Formasi Sonde, Formasi Pucangan, Formasi Mundu, Formasi Lidah, Formasi Ledok, Formasi Klitik, Formasi Kerek, Formasi Kalipucang, Formasi Kalibeng, Formasi Kabuh, Formasi Bulu, Endapan Undak, Breksi Pandan, Anggota Klitik, Anggota Dander, Anggota Atas Angin Formasi Kalibeng dan Alluvial (formasi ini mengikuti stratigrafi oleh Harsono P., 1983).

DATA DAN ANALISIS

Dari hasil pemetaan Lapangan dijumpai 19 titik Geotapak (Geosite) antara lain : Watu Gandul, Selo Rejo & Sumber Air Panas, Gunung Watu, Banyu Kuning, Formasi Kalibeng, Dung Lantung, Kedung Maor, Goa Soko, Goa Fosfat, Makam Orang Kalang, Lokasi Penemuan Fosil, Penambangan Bentonite, Kayangan Api, Sendang Gong, Gunung Pegat, Struktur Lapangan Kawengan, dan Undak Bengawan Solo Purba dan Negri Atas Angin.

PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari pemetaan detail dan deliniasi 19 geosite di Kabupaten Bojonegoro, Propinsi Jawa Timur seperti yang sudah diuraikan detil di Bab sebelumnya, dapat diulas secara terperinci sebagai berikut (**Gambar 1**).

Geosite Wonocolo

Wonocolo dipilih dan diusulkan sebagai geosite di dalam Petroleum Geoheritage Bojonegoro, dikarenakan tempat ini tersingkap batuan-batuan yang mewakili sistem petroleum di Bojonegoro dan adanya pengambilan minyak tradisional di sumur-sumur tinggalan Belanda. Pengambilan minyak tersebut diusahakan secara tradisional dengan mesin-mesin mobil, menggunakan rig-rig dari kayu jati. Sumur-sumur minyak ini pernah diusahakan oleh Belanda sejak Tahun 1926 dan sampai sekarang masih dapat diambil minyaknya dengan cara tradisional. Rig-rig pengambilan minyak secara tradisional tersebut berjumlah ratusan sehingga terlihat seperti di TEXAS. Puncak antiklin Wonocolo mempunyai ketinggian kurang lebih 450m di atas permukaan laut, sedangkan pemboran paling dangkal sekitar 200m dari puncak lipatan. Sehingga ketinggian minyak yang diambil di Wonocolo pada reservoir Wonocolo masih berada di atas permukaan laut. Hal ini dapat membuktikan bahwa pemboran minyak tradisional di Wonocolo adalah yang paling dangkal di seluruh Indonesia bahkan di seluruh Dunia. Sumur-sumur yang terpilih sebagai percontohan di Geosite Wonocolo antara lain Sumur D-105, Sumur D-138, Sumur D-80 dan Sumur D-99. Geosite Wonocolo ini dapat dikembangkan menjadi **Wisata Geologi Sumur Tua Wonocolo** yang merupakan Wisata Energi Tidak Terbarukan.

Geosite Watu Gandul

Watu Gandul dipilih dan diusulkan menjadi geosite di dalam Petroleum Geoheritage Bojonegoro, dikarenakan keunikan bentuknya dan dapat menjadi **wisata edukasi intrusi batuan beku andesit**. Keunikan Watu Gandul ini antara lain : Intrusi ini terletak hampir di tengah dari bukit-bukit yang memutar di sekelilingnya; Dijumpai rekahan-rekahan besar bersistem yang meninggalkan sisa batuan-batuan besar yang menggantung (terjepit) di antara batuan yang lain, sehingga seolah-olah mempunyai kesan batu besar tersebut menggantung; Kita bisa melihat keindahan alam sekelilingnya dari puncak bukit Watu Gandul dan dapat melihat matahari terbenam (*Sun Set*) dan Diperkirakan intrusi ini berumur Miosen Akhir yang mempengaruhi

kematangan minyak bumi di Bojonegoro.

Geosite Selorejo Dan Sumber Air Panas

Selorejo dipilih dan diusulkan menjadi geosite di dalam Petroleum Geohéritage Bojonegoro, dikarenakan adanya beberapa keunikan secara alami di lokasi tersebut. Keunikan-keunikan tersebut, antara lain : Merupakan intrusi andesit yang masih dapat dilihat langsung mengintrusi batugamping hingga membentuk onik; Dijumpainya dua sumber mata air panas yang mempunyai suhu kurang lebih 30-50°C dan dapat dikembangkan menjadi wisata pemandian air panas; Dijumpai endapan travertin yang menyerupai kepala gajah dengan belalainya; Kompleks Selorejo ini dapat dikembangkan menjadi **Wisata Energi Terbarukan** di dalam Petroleum Geohéritage Bojonegoro.

Geosite Gunung Watu

Gunung Watu dipilih dan diusulkan menjadi geosite di dalam Petroleum Geohéritage Bojonegoro, dikarenakan adanya beberapa keunikan secara alami di lokasi tersebut. Keunikan-keunikan tersebut, antara lain : Dijumpai intrusi batuan beku diorit (gambar sayatan tipis andesit); Dijumpai intrusi batuan beku andesit (gambar sayatan tipis diorit) dan Dijumpai bukti zenolit batuan beku diorit di dalam batuan beku andesit. Penduduk setempat memberi nama "**Tapak Butho**".

Di kawasan ini dapat dikembangkan **Wisata Edukasi Intrusi Batuan beku** yang sampai terulang dua kali. Hal ini mempunyai arti yang besar di Bojonegoro, sebab membuktikan bahwa kematangan minyak bumi yang menurut sistem petroleum adalah berumur Miosen Awal, terbukti karena adanya intrusi Diorit yang berusia Miosen Awal. Hal ini membuktikan bahwa intrusi dioritlah yang menyebabkan terjadinya kematangan minyak bumi di Bojonegoro.

Geosite Banyu Kuning

Banyu Kuning dipilih dan diusulkan menjadi geosite di dalam Petroleum Geohéritage Bojonegoro, dikarenakan adanya beberapa keunikan secara alami di lokasi tersebut. Keunikan-keunikan tersebut, antara lain : Air yang mengalir di sungai membentuk air terjun kecil, hangat dan berwarna kuning dan Air tersebut melewati batuan breksi yang mengandung banyak mineral besi (Fe), sehingga menyebabkan air tersebut berwarna kuning.

Di kawasan tersebut dapat dikembangkan **Wisata Air Kuning Yang Hangat**. Secara keilmuan, dijumpainya breksi di kawasan tersebut berarti pernah terjadi aktivitas vulkanik di Bojonegoro, yang secara umum belum pernah disinggung dalam Stratigrafi Zona Kendeng.

Geosite Formasi Kalibeng

Formasi Kalibeng yang tersingkap di permukaan dipilih dan diusulkan menjadi geosite di dalam Petroleum Geohéritage Bojonegoro, dikarenakan adanya beberapa keunikan secara alami di lokasi tersebut.

Keunikan-keunikan tersebut, antara lain : Formasi Kalibeng adalah salah satu batuan penutup (*cap rocks*) dalam sistem petroleum di Bojonegoro yang tersingkap di permukaan dan Kita dapat mempelajari batuan penutup tersebut tanpa harus dilakukan pemboran, seperti di tempat lain.

Di Kawasan tersebut dapat dikembangkan Wisata Minat Khusus berupa Formasi Kalibeng yang tersusun oleh batulempung yang tebal dengan sisipan betupasir dan batugamping tipis-tipis. Wisatawan dapat melihat secara langsung perkembangan dari bawah ke atas batuan penutup minyak bumi di Bojonegoro secara langsung yang berupa singkapan.

Geosite Dung Lantung

Dung Lantung dipilih dan diusulkan menjadi geosite di dalam Petroleum Geohéritage Bojonegoro, dikarenakan adanya beberapa keunikan secara alami di lokasi tersebut.

Keunikan-keunikan tersebut, antara lain : Dijumpai kedung yang selalu ada airnya dengan air terjun yang indah; Dijumpai Formasi Wonocolo yang tersingkap di permukaan. Formasi ini merupakan salah satu batuan reservoir dan batuan penutup di dalam sistem petroleum di

Bojonegoro dan Dijumpai rembesan minyak di beberapa tempat.

Di Kawasan Dung Lantung ini dapat dikembangkan **Wisata Minat Khusus Ilmu Kebumihan** yang berhubungan dengan sistem petroleum, karena kita dapat melihat langsung batuan reservoir yang tersingkap di permukaan. Batuan ini di bawah antiklin wonocolo sebagai batuan reservoir yang diambil minyaknya secara tradisional. Rembesan minyak dapat dilihat di tempat tersebut, karena salah satu puncak antiklin yang sudah tererosi. Sehingga memperlihatkan rembesan-rembesan minyak bumi.

Geosite Kedung Maor

Kedung Maor dipilih dan diusulkan menjadi geosite di dalam Petroleum Geohéritage Bojonegoro, dikarenakan adanya beberapa keunikan secara alami di lokasi tersebut.

Keunikan-keunikan tersebut, antara lain : Dijumpai Kedung yang dapat dikembangkan menjadi **Wisata Air**; Dijumpai Formasi Wonocolo yang tersingkap di permukaan dan Dijumpai Fossil Track kepiting laut (jingking) yang panjangnya 2-3 meter.

Di Kawasan ini dapat dikembangkan beberapa wisata antara lain : berbagai wisata air; Wisata Minat Khusus ilmu kebumihan berupa Formasi Wonocolo sebagai batuan reservoir di dalam sistem petroleum Bojonegoro dan struktur sedimen silang siur berskala besar yang tersingkap di permukaan; serta Wisata Minat Khusus berupa track fosil jingking yang cukup panjang sebagai bukti pernah terjadi bencana pada saat itu. Fosil ini menurut Prof. Shafeea merupakan geohéritage yang berkelas internasional.

Geosite Goa Soka

Goa soka dipilih dan diusulkan menjadi geosite di dalam Petroleum Geohéritage Bojonegoro, dikarenakan adanya beberapa keunikan secara alami di lokasi tersebut.

Keunikan-keunikan tersebut, antara lain : Dijumpai Goa batugamping yang masih lengkap dengan stalagmit dan stalagtitnya; Dijumpai Mata air yang tidak pernah kering di sepanjang tahun dan Dijumpai batugamping Formasi Paciran yang tebal dan menghasilkan goa batugamping.

Di Kawasan ini dapat dikembangkan wisata Goa batugamping yang masih lengkap dengan adanya stalagtit dan stalagmitnya. Sehingga wisatawan dapat melihat keindahannya dan terjadinya stalagtit dan stalagmit tersebut. Wisatawan juga dapat melihat secara langsung mata air yang tidak pernah kering, yang membuktikan bahwa batugamping bisa menjadi akiver air tanah.

Geosite Goa Fosfat

Goa Fosfat ini dipilih dan diusulkan menjadi geosite di dalam Petroleum Geohéritage Bojonegoro, dikarenakan adanya beberapa keunikan secara alami di lokasi tersebut.

Keunikan-keunikan tersebut, antara lain : Dijumpai Goa Batugamping yang kering dalam batugamping Anggota Dander dan Dijumpai banyak Fosfat di dalam goa hasil aktifitas kelelawar. Di kawasan ini dapat dikembangkan Wisata Goa batugamping yang mengandung banyak fosfat, sehingga wisatawan selain dapat menikmati indahnya Goa batugamping juga dapat melihat kelelawar-kelelawar yang bersarang di dalam gua yang menghasilkan fosfat.

Geosite Makam Orang Kalang

Makam orang kalang ini sebenarnya secara aturan geosite tidak dapat dimasukkan dalam salah satu geosite di dalam Petroleum Geohéritage Bojonegoro. Tetapi karena makam ini yang pertama ada di Bojonegoro yang menggunakan Batugamping Pasiran sisipan pada Formasi Wonocolo, maka diusulkan menjadi salah satu titik Geosite. Makam ini sudah mulai berorientasi kearah utara-selatan. Sehingga unik untuk dijadikan kawasan wisata.

Geosite Penemuan Fosil

Penemuan fosil-fosil besar dijumpai di sepanjang Sungai Bengawan Solo Purba di bagian barat dari Kabupaten Bojonegoro. Fosil yang dijumpai antara lain : Fosil Tanduk Rusa, Fosil Kepala Kerbau, Fosil Tanduk Banteng, Fosil Kepala Gajah Purba, Fosil Kuda Nil.

Di bagian timur dari Kabupaten Bojonegoro dijumpai fosil-fosil, antara lain : Fosil Ikan Paus

berupa tulang belakang dan gigi, Fosil Kepiting laut, Fosil-fosil binatang laut lainnya. Di sepanjang sungai Bengawan Solo Purba dapat dikembangkan Wisata Penemuan Fosil dan wisata air. Di tempat-tempat penemuan fosil tersebut dapat dibuatkan replikanya dan dapat dibuat wisata kehidupan binatang-binatang besar masa lalu. Dapat disimpulkan bahwa bagian barat Bojonegoro pada umur 10 ribu tahun ke bawah hingga Pleistosen sudah berupa daratan dan mengalir Sungai Bengawan Solo yang melimpah airnya. Sehingga binatang-binatang seperti Rusa, Kerbau, Banteng, Gajah dan kuda Nil dapat hidup dengan baik pada kawasan tersebut. Sedangkan pada Tempat ditemukannya fosil-fosil laut juga dapat dibuat replika dan dikembangkan wisata Fosil laut. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pada umur Pleistosen ke bawah di bagian Timur Kabupaten Bojonegoro masih berupa laut dangkal yang mana binatang-binatang laut masih bisa hidup di kawasan tersebut.

Geosite Bentonit

Bentonit di Desa Malo ini dipilih dan diusulkan menjadi geosite di dalam Petroleum Geoheritage Bojonegoro, dikarenakan adanya beberapa keunikan secara alami di lokasi tersebut. Keunikan-keunikan tersebut, antara lain : Bentonit yang dijumpai di Desa Malo berupa Na Bentonit yang dapat dipakai sebagai lumpur pemboran dan bahan baku keramik. Di Kawasan ini dapat dikembangkan wisata minat khusus berupa singkapan bentonit yang luas yang dapat dipakai menjadi Lumpur pemboran dan bahan baku keramik.

Kahyangan Api

Kahyangan Api ini dipilih dan diusulkan menjadi geosite di dalam Petroleum Geoheritage Bojonegoro, dikarenakan adanya beberapa keunikan secara alami di lokasi tersebut. Keunikan-keunikan tersebut, antara lain : Dijumpai sumber api abadi yang tidak pernah padam sepanjang tahun dan Dijumpai mata air “plupuk-plupuk” yang tidak pernah melimpah airnya. Di kawasan ini dapat dikembangkan Wisata Api Abadi yang tidak pernah padam di sepanjang tahun. Hal ini membuktikan di bawahnya ada antiklin yang mengandung gas, karena antiklin tersebut terpotong patahan, maka gas bocor dan di permukaan dapat menyebabkan adanya api abadi yang tidak pernah padam. Dijumpainya mata air “plupuk-plupuk” kurang lebih 150 meter di sebelah barat api abadi tersebut membuktikan bahwa gas yang bocor dari antiklin sebagian melalui media air, sehingga mengakibatkan plupuk-plupuk sepanjang tahun. Kawasan ini juga kita sebut sebagai kawasan yang *Non Renewable Energy*.

Geosite Sendang Gong

Sendang Gong ini dipilih dan diusulkan menjadi geosite di dalam Petroleum Geoheritage Bojonegoro, dikarenakan adanya beberapa keunikan secara alami di lokasi tersebut. Keunikan-keunikan tersebut, antara lain : Dijumpai sendang yang tidak pernah kering airnya di sepanjang tahun dan Dijumpai batugamping yang terkena patahan-patahan turun berundak. Kawasan ini dapat dikembangkan menjadi wisata air yang menarik dengan kolam yang tidak pernah kering airnya. Juga dapat dikembangkan wisataminat khusus untuk kalangan ilmu kebumihara, karena dijumpai batugamping yang tebal yang dapat menjadi akifer air tanah, dijumpainya patahan turun yang berundak dengan data yang bagus.

Geosite Gunung Pegat

Gunung Pegat ini dipilih dan diusulkan menjadi geosite di dalam Petroleum Geoheritage Bojonegoro, dikarenakan adanya beberapa keunikan secara alami di lokasi tersebut. Keunikan-keunikan tersebut, antara lain : Gunung ini sudah ditambang dan menghasilkan fenomena yang menarik dan Dijumpai batugamping Anggota Dander berupa batugamping tidak berlapis yang dapat digunakan sebagai batu pondasi dan batu bata putih. Di Kawasan ini dapat dikembangkan wisata alam geologi pemandangan indah batugamping yang tebal. Juga dapat dikembangkan Flying Fox dan lain-lainnya.

Geosite Struktur Kawengan

Struktur Antiklin Kawengan ini dipilih dan diusulkan menjadi geosite di dalam Petroleum Geoheritage Bojonegoro, dikarenakan adanya beberapa keunikan secara alami di lokasi tersebut. Keunikan-keunikan tersebut, antara lain : Dijumpainya singkapan Formasi Wonocolo, Formasi Ledok dan Formasi Lidah; Dijumpai pemboran minyak di puncak Antiklin Kawengan dengan sumur angguk dan Masih ujudnya struktur antiklin yang tersingkap di permukaan pada lintasan jalan utara selatan melalui puncak antiklin kawengan.

Di kawasan ini dapat dikembangkan Wisata Minat Khusus untuk orang-orang yang berminat di bidang ilmu kebumihan, karena masih dijumpainya bentukan yang nyata dan tersingkap di permukaan dan di puncaknya masih terdapat sumur angguk yang masih aktif sampai sekarang dan masih menghasilkan minyak. Kawasan ini termasuk dalam kawasan *Non Renewable Energy*.

Geosite Undak Bengawan Solo

Undak Bengawan Solo pada Sungai Bengawan Solo Purba ini dipilih dan diusulkan menjadi geosite di dalam Petroleum Geoheritage Bojonegoro, dikarenakan adanya beberapa keunikan secara alami di lokasi tersebut.

Keunikan-keunikan tersebut, antara lain : Dijumpai Bekas Sungai Bengawan Solo yang masih cukup luas; Dijumpai bukti-bukti struktur-struktur sedimen endapan sungai purba dan Dijumpai undak bengawan Solo Purba

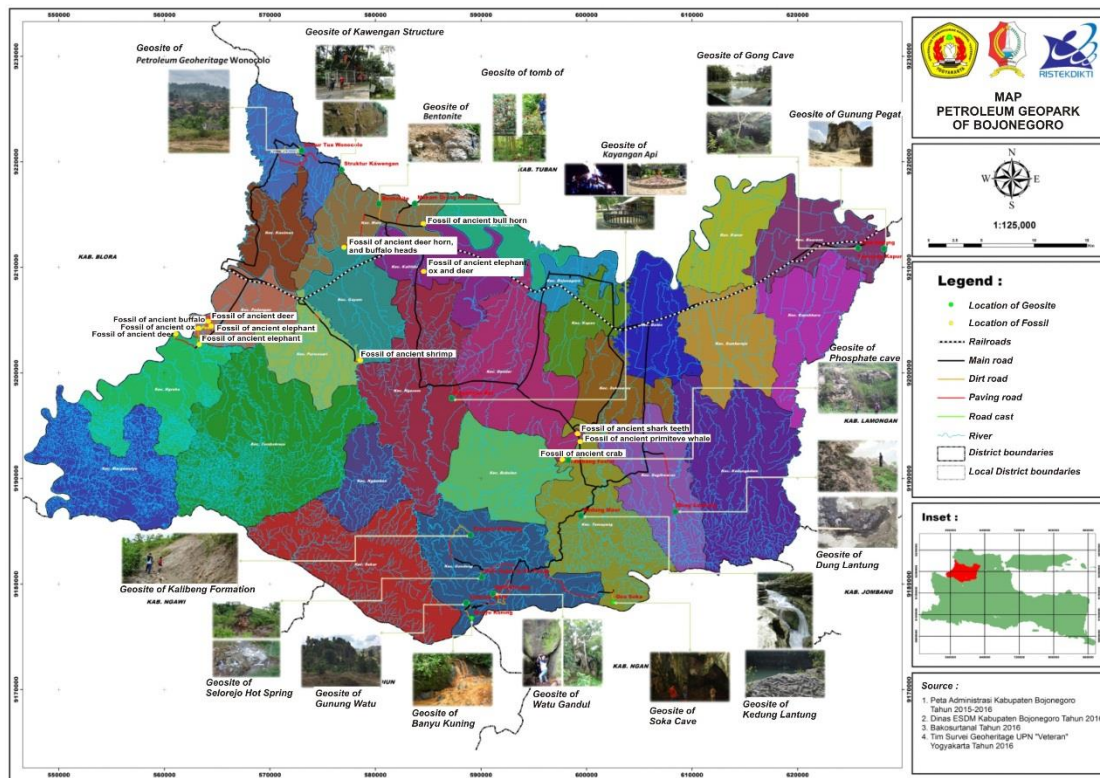
Di Kawasan ini dapat dikembangkan wisata air pada Bengawan Solo Purba yang melimpah airnya di musim penghujan. Juga dapat dikembangkan Wisata alam geologi minat khusus yang berupa undak sungai purba dan endapan-endapan sungai purba yang bisa membuktikan hukum Steno "The Present is The Key to the Past" yang jarang ditemukan di tempat lain.

Geosite Negri Atas Angin

Kawasan ini di daerah Negri Atas angin yang bertumpu pada pegunungan dengan ketinggian hingga 450m di atas muka laut. Di kawasan ini memiliki keindahan antara lain : daerahnya dingin; bisa melihat peandangan kota Bojonegoro dan bisa melihat matahari terbenam (sunset) di waktu sore hari.

LITERATUR

- Harsono Pringgoprawiro, 1983. Stratigrafi Regional Zona Rembang-Cekungan Jawa Timur Utara, Jawa Timur.
- W.H. CONDON., dkk, 1996. Peta Geologi Lembar Bojonegoro, dikeluarkan oleh PUSAT PENGEMBANGAN DAN PENELITIAN GEOLOGI.
- Hill, Wesly, 2010. UNESCO's Geoparks Initiative-Education, Conservation, Geotorism. Geological Society of America-abstract with Programs, Vol.42, No. 5, p.662
- C. Prasetyadi, Achmad Subandrio, Bambang Prastistho, Jatmika Setiawan dan Adi Sulaksono, 2014. Buku Jogja *Geoheritage*: "Geowarisan BABAD BUMI MATARAM, Menyingkap Riwayat Geologi Babad Tanah Jawi"-Cetakan Pertama ISBN 978-602-71940-3-8 p.37.



Gambar 1. Peta Geopark Bojonegoro

IDENTIFIKASI SEBARAN SISTEM AKUIFER DAERAH NON-CEKUNGAN AIR TANAH BERDASARKAN METODE DIPOLE-DIPOLE DI NGORO-ORO, PATUK, GUNUNGKIDUL

C. Prasetyadi, Achmad Rodhi, Puji Pratiknyo, Bambang Pratistho, Yody Rizkianto, M. Gazali Rachman

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, FTM-Teknik Geologi,

SARI

Daerah Ngoro-oro merupakan daerah padat penduduk yang berada pada daerah Non-Cekungan Air Tanah sehingga daerah ini memiliki cadangan air tanah yang terbatas. Meskipun demikian, daerah ini memiliki manifestasi air tanah berupa mata air, sumur gali dangkal dan sumur bor dalam yang mengindikasikan adanya variasi sistem akuifer. Untuk mengidentifikasi sistem akuifer tersebut dilakukan pendugaan geolistrik dengan metode dipole-dipole pada 2 lintasan terpilih. Hasil dari penelitian ini menunjukkan adanya 2 sistem akuifer, sistem akuifer antar butir dan sistem skuifer rekahan.

PENDAHULUAN

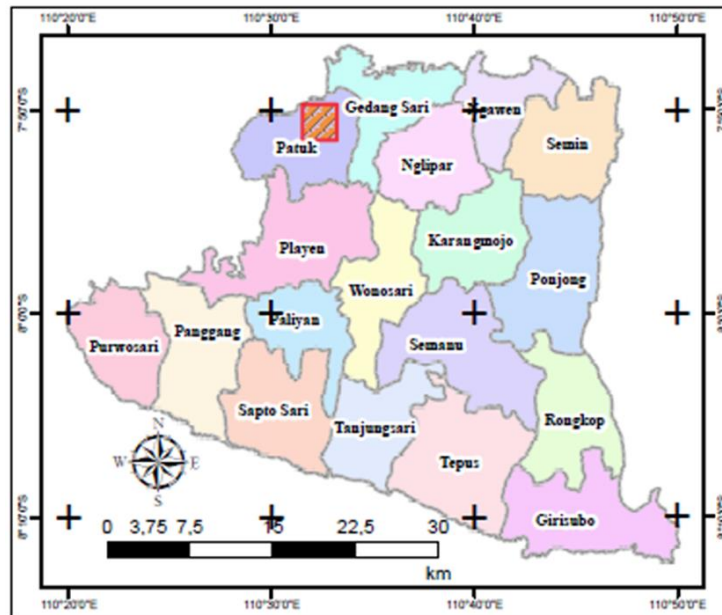
Kawasan Gunungkidul bagian utara tergolong sebagai kawasan Non CAT (Cekungan Air Tanah) (ESDM, 2008), dikontrol oleh lapisan-lapisan batuan hasil produk gunung api purba yang telah mengalami pemadatan membentuk batuan yang kurang baik porositas antar butirnya sehingga kurang baik sebagai akuifer dengan porositas antar butir. Kenyataan dilapangan didapatkan data bahwa di kawasan Non CAT tersebut ditemukan adanya sumur gali, sumur bor dan mata air yang airnya ada sepanjang tahun. Maka perlu dilakukan penelitian detail tentang keberadaan air tanah dan porositas baik primer maupun sekunder yang ada di kawasan Non CAT tersebut, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi keberadaan air tanah dan faktor yang mengontrolnya, sehingga dapat digunakan sebagai perangkat pendukung bagi daerah dan masyarakat dalam rangka pengelolaan air tanah.

Daerah penelitian terletak di daerah Ngoro-oro, Gunungkidul, Yogyakarta (Gambar 1). Daerah studi dapat dijangkau satu jam dari kota Yogyakarta, 20 km ke arah Tenggara.

METHODOLOGI

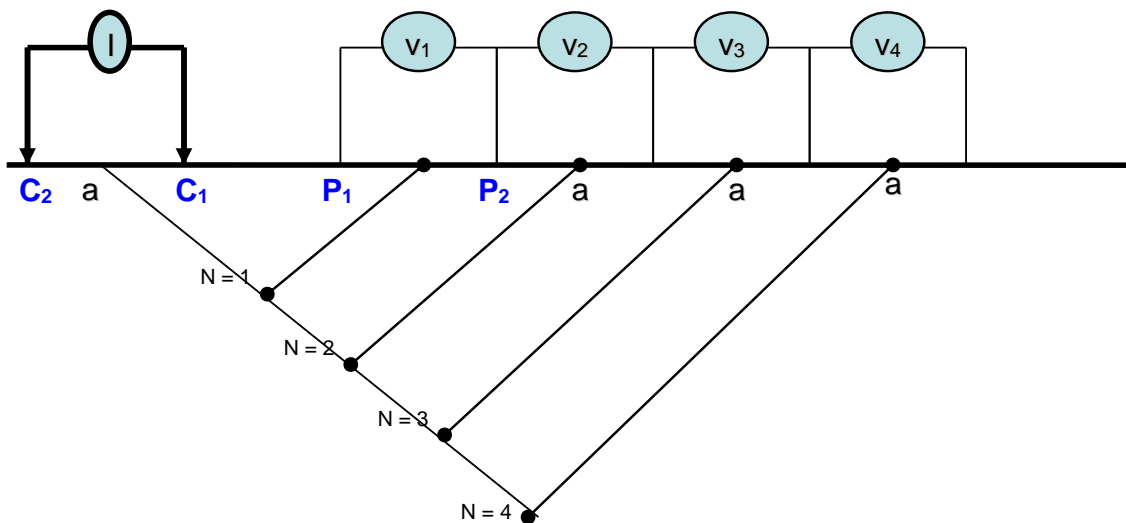
Pada area penelitian terdapat mata air dan sumur gali di sekitar pemukiman, selain itu juga ada sumur bor dengan kedalaman 60 – 80 meter. Hal ini mengindikasikan terdapat lebih dari satu sistem akuifer di area penelitian.

Untuk mengetahui persebaran dan kedalaman dari akuifer pada area penelitian, maka digunakan pengukuran geolistrik dengan metode pemetaan menggunakan konfigurasi dipole-dipole, elektroda arus dan elektroda potensial yang bergerak bersama-sama, sehingga diperoleh nilai tahanan jenis semu secara lateral (horisontal). Spasi elektroda yang digunakan adalah 40 meter.



Gambar 1. Peta Kabupaten Gunungkidul dengan area penelitian berupa kotak merah

Data tahanan jenis semu yang terukur diplot pada titik-titik yang sesuai dengan jumlah pengukuran dengan kedalaman yang ditunjukkan adalah kedalaman semu, sehingga dapat dibuat kontur *pseudodepth section* variasi resistivitas ke arah lateral dan ke arah kedalaman semu. Hasil pengukuran dengan menggunakan spasi antar elektroda arus dan elektroda potensial yang semakin lebar akan memberikan informasi struktur bawah permukaan yang lebih dalam. Dengan demikian, konfigurasi dipole-dipole ini dapat dianggap efektif untuk dipergunakan dalam pemetaan, baik kearah lateral maupun vertikal.



Gambar 2. Konfigurasi dipole-dipole

PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA

Kegiatan menggunakan metode dipole dipole ini dilakukan dengan crew 10 orang yaitu 1 orang operator, 2 asisten operator dan 7 orang untuk memasang elektroda maupun menarik kabel (Gambar 3). Kegiatan pengukuran dilakukan dengan langkah awal membentangi 4 buah kabel dengan panjang tiap kabel ± 80 m pada lintasan yang sudah ditentukan kemudian dilakukan pemasangan elektroda disetiap kabel dengan spasi 40 m. Setelah bentangan kabel sudah siap, maka kemudian dilakukan pengukuran dengan memasukan arus listrik lewat accu dan alat syscal junior. Data pengukuran disimpan dalam alat syscal dan di catat sebagai koreksi data. Setelah dilakukan pengambilan data dengan melakukan pengukuran geolistrik, maka langkah berikutnya yaitu melakukan pengolahan data.



Gambar 3. Kegiatan pengambilan data geolistrik

Pengolahan data setelah di donload dari alat syscal junior kemudian diolah menggunakan komputer dengan software Res2Dinv. Pengolahan data ini diperoleh hasil interpretasi pengukuran mencapai kedalaman ± 70 m dibawah permukaan. Dari hasil pengolahan menggunakan software Res2Dinv, kemudian dilakukan interpretasi dan editing menggunakan software Surfer, sehingga hasil yang diperoleh lebih jelas dalam melakukan analisa keberadaan anomali berupa nilai resistivity yang kontras dengan lapisan tanah disekitarnya. Nilai resistivitas dapat ditunjukkan dengan warna-warna yang terlihat dari hasil pengolahan data yang diperoleh sewaktu melakukan pengukuran. Kegiatan pendugaan geolistrik yang dilakukan sebanyak 2 lintasan dengan panjang tiap lintasan ± 640 m (Gambar 4). Koordinat tiap elektroda (per spasi 40 m) pada lintasan 1 maupun lintasan 2 dalam metode Dipole dipole ditunjukkan pada tabel 1



Gambar 4. Lintasan pendugaan geolistrik metode Dipole dipole.
 (sumber peta; google earth).

Tabel 1. Koordinat titik lintasan metode Dipole dipole.

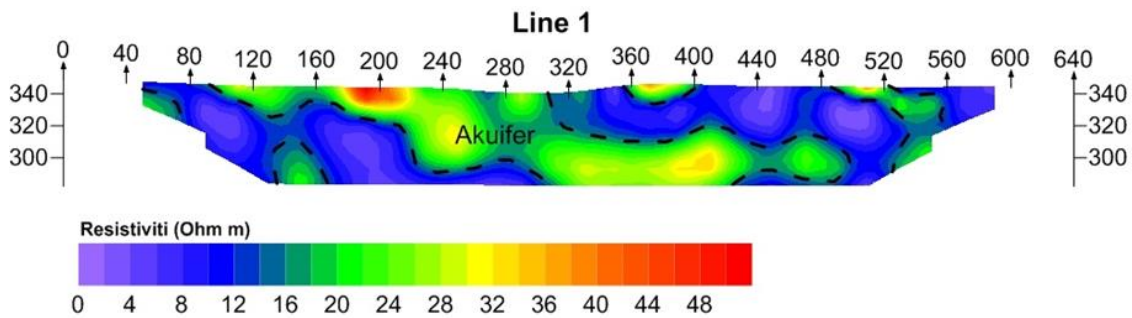
Meter	Lintasan 1		Lintasan 2	
	Koordinat UTM (49 M)	Elevasi	Koordinat UTM (49 M)	Elevasi
0	448762 9133978	354 m	448719 9133614	374 m
40	448745 9133944	352 m	448682 9133629	367 m
80	448730 9133906	350 m	448643 9133644	364 m
120	448712 9133871	348 m	448607 9133661	359 m
160	448692 9133837	348 m	448575 9133680	358 m
200	448674 9133803	347 m	448540 9133699	357 m
240	448652 9133767	347 m	448502 9133713	355 m
280	448624 9133742	343 m	448466 9133730	357 m
320	448602 9133707	343 m	448433 9133746	355 m
360	448577 9133679	350 m	448396 9133762	358 m
400	448555 9133647	350 m	448360 9133779	357 m
440	448530 9133615	348 m	448326 9133796	359 m
480	448512 9133577	349 m	448290 9133810	360 m
520	448494 9133542	347 m	448254 9133828	364 m
560	448476 9133510	348 m	448217 9133844	369 m
600	448455 9133473	349 m	448183 9133862	373 m
640	448431 9133440	348 m	448149 9133880	379 m

Berdasarkan hasil data dari pengukuran 2 line menggunakan metode Dipole dipole dapat

diinterpretasikan sebagai berikut;

a) Line 1

Kegiatan pengukuran geolistrik pada line 1 dimulai pada koordinat UTM 448762 mE, 9133978 mS kemudian mengarah ke $\pm N 210^\circ E$ (timur laut-barat daya) yang diakhiri pada koordinat UTM 448431 mE, 9133440 mS. Dari hasil pengukuran diperoleh hasil seperti pada gambar dibawah ini.

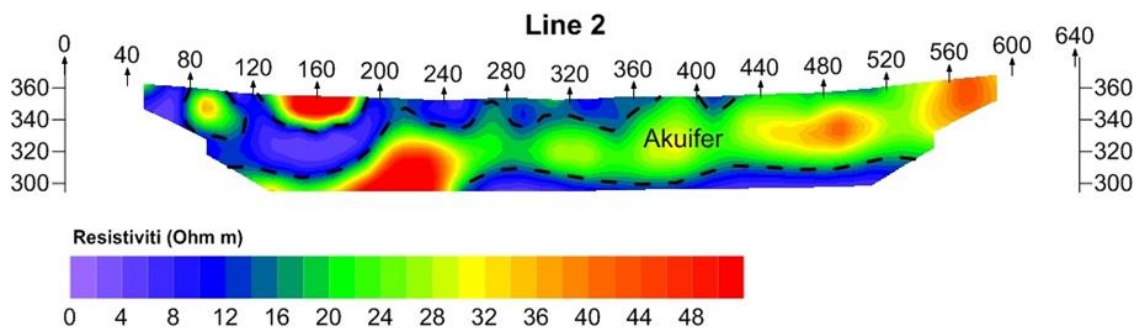


Gambar 5. Hasil pendugaan geolistrik metode dipole dipole pada line 1

Dari hasil interpretasi tersebut dapat terlihat bahwa kemungkinan terdapat zona akuifer yang cukup banyak (ditunjukkan dengan garis putus-putus). Nilai resistivity $\pm 0-12$ Ohm m diinterpretasikan sebagai litologi tuf atau batulempung. Sedangkan nilai resistiviti > 12 Ohm m diinterpretasikan sebagai lapili atau batupasir yang merupakan zona akuifer.

b) Line 2

Kegiatan pengukuran geolistrik pada line 2 dimulai pada koordinat UTM 448719 mE, 9133614 mS kemudian mengarah ke $\pm N 295^\circ E$ (tenggara-baratlaut) yang diakhiri pada koordinat UTM 448149 mE, 9133880 mS. Dari hasil pengukuran diperoleh hasil seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 6. Hasil pengukuran geolistrik metode dipole dipole pada line 2.

Dari hasil interpretasi tersebut dapat terlihat bahwa kemungkinan terdapat zona akuifer yang cukup banyak (ditunjukkan dengan garis putus-putus). Nilai resistivity $\pm 0-12$ Ohm m diinterpretasikan sebagai litologi tuf atau batulempung. Sedangkan nilai resistiviti > 12 Ohm m diinterpretasikan sebagai lapili atau batupasir yang merupakan zona akuifer

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terimakasih kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini.

KESIMPULAN

Hasil dari pendugaan geolistrik dengan metode dipole-dipole adalah:

1. Berdasarkan nilai resistivity terdapat beberapa jenis litologi, tuff, batulempung, lapili, breksi
2. Terdapat 2 sistem akuifer:
 - Akuifer dangkal adalah akuifer antar butir yang berasosiasi dengan batupasir, lapili, tuff dan batulempung.
 - Akuifer dalam adalah akuifer rekahan berasosiasi dengan breksi vulkanik.

DAFTAR PUSTAKA

- ESDM (2008) : Peta Cekungan Air Tanah Provinsi DIY*
Todd, D.K., (1980) : *Groundwater Hydrology*, John Wiley and Sons, New York.
Van Bemmelen, R.W. 1949, *The Geology of Indonesia*. Vol IA. Martinus Nijhoff.

PENGARUH DOSIS PUPUK KOTORAN SAPI SEBAGAI PUPUK ORGANIC TERHADAP PERSENTASE PENGENDALIAN GULMA PADI DENGAN HERBISIDA BERBAHAN AKTIF PENOXsulAM

Abdul Rizal, Dyah Arbiwati dan Lelanti Peni Wiratri
Fakultas Pertanian UPN “Veteran” Yogyakarta
Email: abdul.rizal@upnyk.ac.id

ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis pupuk kotoran sapi sebagai pupuk organik terhadap persentase pengendalian gulma tanaman padi dengan aplikasi herbisida berbahan aktif Penoxsulam. Penelitian dilaksanakan di Godean, Sleman, Daerah Istimewa, Yogyakarta, jenis tanah Regosol dengan menggunakan rancangan acak kelompok lengkap dengan 5 perlakuan dan satu kontrol. Perlakuan dosis pupuk kotoran sapi sebagai pupuk organik adalah a) 0 ton/ha ; b) 5 ton/ha; c) 10 ton/ha;d) 15 ton/ha; and e)20 ton/ha, sebagai kontrol adalah tanpa pemupukan kotoran sapi dan tanpa aplikasi herbisida Penoxsulam. Dosis herbisida penoxsulam yang digunakan adalah dosis anjuran yang terdapat dalam label. Untuk mengetahui persentase pengendalian digunakan rumus Abbot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) herbisida Penoxsulam efektif untuk mengendalikan gulma padi *F. Miliace*, *C. difformis*, *L. octovalvis*, dan *C. iria*, dan *M. minuta*. (2) pada tanaman padi yang dipupuk dengan kotoran sapi semakin besar dosis yang digunakan aplikasi herbisida Penoxsulam tidak efektif untuk mengendalikan *E. cruss-galii* dan *L.chinensis**

Kata kunci : guma, tanaman padi, penoxsulam

PENDAHULUAN

Penggunaan kotoran ternak atau kotoran sapi sebagai pupuk sudah populer di banyak daerah pedesaan. Jenis pupuk ini tidak sekaya nitrogen seperti banyak jenis lainnya, namun, kadar amonia yang tinggi dapat membakar tanaman ketika kotoran segar langsung diterapkan. Pupuk kompos sapi, di sisi lain, dapat memberikan banyak manfaat bagi tanaman. Kotoran sapi pada dasarnya terdiri dari rumput dan biji-bijian yang dicerna. Kotoran sapi mempunyai bahan organik yang tinggi dan kaya nutrisi, mengandung 3 persen nitrogen, 2 persen fosfor, dan 1 persen kalium (3-2-1 NPK).

Kotoran sapi telah diketahui dapat mempengaruhi sifat fisik dan kimia tanah, sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman padi. Peningkatan pertumbuhan tanaman padi diikuti dengan peningkatan kesuburan gulma, sehingga gulma menjadi salah satu masalah yang harus dikelola dengan baik untuk menghindari penurunan hasil. Gulma adalah tumbuhan yang tidak diinginkan yang tumbuh pada tanaman budidaya dan bersaing untuk memperoleh sumber daya seperti nutrisi, air dan cahaya . Penurunan hasil akibat gulma diperkirakan berada di kisaran 45-95 % , tergantung pada sistem budaya; musim tanam; jarak tanam; jumlah pupuk diterapkan; kondisi ekologi dan iklim; dan durasi , waktu, jenis , dan jumlah gulma infestasi (Moody 1991, Amping - Nyarko dan De Datta 1991)

Penoxsulam, 2-(2,2-difluoroethoxy)-N-(5,8-dimethoxy[1,2,4]triazolo[1,5-c] yrimidin-2-yl)-6-(trifluoromethyl) benzenesulfonamide, merupakan herbisida dalam kelompok *Triazolopyrimidines sulfonamide*. Bahan aktif penoxsulam digunakan sebagai herbisida pasca tumbuh yang digunakan pada tanaman padi dan sebagai zat penghambat pertumbuhan enzim *acetolacetate synthase* (ALS) yang mirip dengan *imidazolinone* dan *sulfonylurea* (Ottis *et al.*, 2003). Bahan aktif ini memiliki spektrum luas, diabsorpsi oleh gulma terutama melalui daun, dan sebagian kecil melalui akar, dan ditranslokasikan. Penoxsulam merupakan herbisida berspektrum luas yang dapat mengendalikan gulma semusim, tahunan, dan dwitahunan pada rumput golf. Penoxsulam dapat mengendalikan semua jenis gulma (daun lebar, rumput, dan teki) kecuali *Leptochloa* spp., *Dactiloteneum* spp., dan *Cyperus rotundus* (Gopal *et al.*, 2010).

Berdasarkan hal tersebut dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh dosis pupuk kotoran sapi sebagai pupuk organik terhadap persentase pengendalian gulma tanaman padi dengan aplikasi herbisida berbahan aktif Penoxsulam.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Godean, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, pada bulan Mei sampai dengan September 2018, Jenis tanah Regosol. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanaman padi kultivar Ciherang, Pupuk kotoran sapi, herbisida bahan aktif Penoxsulam. Pupuk Urea, SP 36 dan KCl, insektisida pada tanaman padi, Target gulma sasaran adalah *E cruss-galli* (ECHCG), *Leptochloa cinensis* (LEFCH), *Cyperus difformis* (CYPDI), *Fimbristylis miliace* (FIMMI), *Spenochlea zeylanica* (SPDZE), *Ludwigia octovalvis* (LUDOC), *Monochoria vaginalis* (MOOVA), *marsilea minuta* (MASMI), *Cyperus iria* (CYPIR) yang merupakan gulma utama pada tanaman padi.

Penelitian ini merupakan penelitian lapangan dengan rancangan perlakuan faktor tunggal, dan rancangan lingkungan rancangan kelompok acak lengkap. Sebagai perlakuan adalah (A1) kotoran sapi dosis 0 kg/ha (A2), kotoran sapi dosis 5 kg/ha (A3), kotoran sapi dosis 10 kg/ha (A4), kotoran sapi dosis 15 kg/ha (A5), kotoran sapi dosis 20 kg/ha (A5), dan sebagai control (A6) tanpa aplikasi herbisida dan tanpa pupuk kotoran sapi. Aplikasi herbisida Penoxsulam dilakukan pada 12 HST dengan dosis anjuran yang tertera pada label. Setiap perlakuan di ulang sebanyak 4 ulangan, Luas petak petak percobaan adalah 4mX5m. Tanam padi dilakukan dengan sistem pindah tanam, berumur 21 hari dengan jarak tanam 20cmX20cm. Metode aplikasi herbisida dengan menggunakan *automatic sprayer*, dengan volume semprot 300 l/ha, Pada saat aplikasi herbisida, kondisi tanah dalam kondisi *macak-macak*.

Parameter pengamatan meliputi a) Persen tingkat keracunan (visual) tanaman padi pada 3, 7, 14, dan 28 hari setelah aplikasi keracunan masih terlihat, terus diamati hingga gejala keracunan tidak terlihat. Skoring *phytotoxicity* pada tanaman padi yang digunakan adalah skala 0-10 sebagai berikut : 0 = tidak ada keracunan; 1 = terlihat spot-spot ringan; 2 = keracunan sangat ringan; 3 = sangat terlihat keracunan daun. 4 = daun menguning; 5 = daun terbakar; 6 = > 25% ; kerusakan daun; 7 = > 50% kerusakan daun; 8 = > 90% kerusakan daun; 9 = beberapa tanaman rusak, tetapi tidak mati; 10 = Mati. b). Pengendalian gulma per spesies (% *visual biomass reduction vs control*) pada 14, 28, 42 dan 56 hari setelah aplikasi, menggunakan rumus Abbot. Diukur pada setiap petak perlakuan dengan membandingkannya dengan kontrol (tanpa pengendalian)

Rumus Abbot :
 % Pengendalian=
$$\left(\frac{N_{UT} - N_T}{N_{UT}} \right) \times 100 \%$$

(1) N_{UT} = Jumlah gulma pada petak tanpa perlakuan pada waktu pengamatan

(2) N_T = Jumlah gulma pada perlakuan pada waktu pengamatan

Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis ragam. Apabila ada pengaruh nyata dalam analisis ragam dilanjutkan dengan uji beda nyata Tukey's dengan tingkat signifikansi 5 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Keracunan tanaman Padi (visual)

Hasil pengamatan keracunan tanaman padi 3, 7, 14, dan 28 HSA. dapat diketahui bahwa tidak ada keracunan herbisida Penoxsulam pada tanaman padi yang di beri pupuk kotoran sapi maupun control,

2. Persentase pengendalian gulma (%)

Tabel 1 menunjukkan bahwa mulai awal pertumbuhan pada berbagai pemberian pemberian pupuk kotoran sapi nernagai dosis, aplikasi herbisida Penoxsulam efektif untuk mengendalikan gulma dengan persentase pengendalian di atas 90 persen.

Table 1. Persentase pengendalian *E. Cruss-galii* 14, 28, 42 dan 56 HSA..

Kode	Pupuk organic kotoran sapi	% pengendalian <i>E. Cruss-galii</i>				Rata-2
		pengamatan ... HSA..				
		14	28	42	56	
A1	Kotoran sapi 0 kg/ha	100,0a	100a	95,00a	98,75a	99,606
A2	Kotoran sapi 5 kg/ha	95,00a	95,00a	95,00a	92,50a	94,78
A3	Kotoran sapi 10 kg/ha	97,50a	98,00a	97,50a	98,75a	96,00
A4	Kotoran sapi 15 kg/ha	95,50a	85,00b	85,00b	87,75b	95,23
A5	Kotoran sapi 20 kg/ha	90,30a	80,00b	76,00b	75,50b	90,93
A6	Kontrol	0	0	0	0	0

Pada pertumbuhan selanjutnya sampai 56 HAS, aplikasi herbisida Penoxsulam pada gulma padi dengan pemberian kotoran sapi sampai dosis 10 ton /ha efektif mengendalikan gulma, sedang pada dosis 15 kg/ha dan 20/ha herbisida Penoxsulam tidak efektif untuk mengendalikan gulma dengan persentase di bawah 90 persen.

Tabel 2. Persentase pengendalian *L. cinensis*.14, 28, 42 dan 56 HSA..

Kode	Herbisida	% pengendalian <i>L. cinensis</i>				Rata-2
		Pengamatan ... HSA.				
		14	28	42	56	
A1	Kotoran sapi 0 kg/ha	100,0a	100,0a	100,0a	98,75a	99,69
A2	Kotoran sapi 5 kg/ha	97,50a	95,67a	95,25a	90,50a	94,73
A3	Kotoran sapi 10 kg/ha	95,75a	95,00a	97,50a	95,75a	96,00
A4	Kotoran sapi 15 kg/ha	95,50a	94,67a	95,00a	95,75a	92,23
A5	Kotoran sapi 20 kg/ha	95,75a	91,67b	90,75b	85,50b	90,91
A6	Kontrol	0	0	0	0	0

Tabel 2 menunjukkan persentase peendalian gulma tanaman padi dengan aplikasi herbisida penoxsulam dan pupuk kotoran sapi berbagai dosis. Dari Tabel tersebut dapat diketahui bahwa aplikasi herbisida penoxsulam efektif untuk mengendalikan gulma *L. cinensis* pada beberapa dosis pupuk kotoran sapi, tetapi pada dosis pupuk kotoran sapi 20 ton/ha memperlihatkan bahwa pada 42 HSA dan 56 HAS aplikasi Penoxsulam tidak efektif mengendalikan gulma *L. cinensis*,

Dari Table 3. diketahui bahwa *F. Miliace* keberadaannya diketahui mulai 28 HSA., aplikasi herbisida penoxsulam efektif untuk mengendalikan gulma tanaman padi pada pemberian berbagai dosis pupuk kotoran sapi.

Tabel 3. Persentase pengendalian *F. miliace* 14, 28, 42 dan 56 HSA.

Kode	Herbisida	% pengendalian <i>F. miliace</i>				Rata-2
		Pengamatan ... HSA.				
		14	28	42	56	
A1	Kotoran sapi 0 kg/ha	-	100,0a	100,0a	98,25a	99,41
A2	Kotoran sapi 5 kg/ha	-	100,0a	100,0a	96,50a	98,83
A3	Kotoran sapi 10 kg/ha	-	100,0a	100,0a	100,a	100
A4	Kotoran sapi 15 kg/ha	-	100,0a	98,75a	93,75a	97.75
A5	Kotoran sapi 20 kg/ha	-	100,0a	95,00a	94,25a	96.42
A6	Kontrol	-	0.	0	0	0

Table 4. Persentase pengendalian *C. difformis* 14, 28, 42 dan 56 HSA.

Kode	Herbisida	% pengendalian <i>C. difformis</i>				Rata-2
		Pengamatan ... HAS				
		14	28	42	56	
A1	Kotoran sapi 0 kg/ha	100,0a	100,0a	100,0a	100,0a	100
A2	Kotoran sapi 5 kg/ha	100,0a	100,0a	100,0a	100,0a	100
A3	Kotoran sapi 10 kg/ha	100,0a	100,0a	100,0a	97,50a	99,38
A4	Kotoran sapi 15 kg/ha	100,0a	95,00a	97,50a	97,5.0a	97,70
A5	Kotoran sapi 20 kg/ha	100,0a	97,50a	98,75a	95,00a	97,70
A6	Kontrol	0	0	0	0	0

Tabel 4 menunjukkan bahwa aplikasi herbisida Penoxsulam efektif untuk mengendalikan gulma *C. difformis* , hal ini ditunjukkan dengan persentase pengendalian gulma diatas 95 persen,

Tabel 5. Persentase pengendalian *L. octovalvis* 14, 28, 42 dan 56 HSA.

Kode	Herbisida	% pengendalian <i>L. octovalvis</i>				Rata-2
		Pengamatan ... HAS.				
		14	28	42	56	
A1	Kotoran sapi 0 kg/ha	100,0a	100,0a	100,0a	100,0a	100
A2	Kotoran sapi 5 kg/ha	100,0a	100,0a	100,0a	100,0a	100
A3	Kotoran sapi 10 kg/ha	100,0a	100,0a	100,0a	100,0a	100
A4	Kotoran sapi 15 kg/ha	100,0a	97,0a	97,50b	96,00b	97,63
A5	Kotoran sapi 20 kg/ha	100,0a	96,5a	95,00b	90,00b	95,73
A6	Kontrol	0	0	0	0	0

Dari Tabel 5. dapat diketahui bahwa persentase pengendalian gulma *L. octovalvis* akibat aplikasi herbisida penoxsulam pada berbagai dosis pupuk kotoran sapi. Dari Table tersebut dapat diketahui bahwa aplikasi herbisida efektif untuk mengendalikan gulma pada berbagai dosis pupuk kotoran sapi.

Persentase pengendalian *C. iria* 14, 28, 42 dan 56 HSA. disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Persentase pengendalian *C. iria* 14, 28, 42 dan 56 HSA.

Kode	Herbisida	% pengendalian <i>C. iria</i>				Rata-2
		Pengamatan ... HAS.				
		14	28	42	56	
A1	Kotoran sapi 0 kg/ha	100,0a	100,0a	100,0a	100,0a	100
A2	Kotoran sapi 5 kg/ha	100,0a	100,0a	100,0a	100,0a	100
A3	Kotoran sapi 10 kg/ha	100,0a	100,0a	100,0a	100,0a	100
A4	Kotoran sapi 15 kg/ha	100,0a	100,0a	100,0a	100,0a	100
A5	Kotoran sapi 20 kg/ha	100,0a	100,0a	100,0a	100,0a	100
A6	Kontrol	0	0	0	0	0

Dari Table 7. dapat diketahui bahwa herbisida Penoxsulam efektif untuk mengendalikan gulma *C. iria* pada tanaman padi yang diberi pupuk kotoran sapi berbagai dosis,

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) herbisida Penoxsulam efektif untuk mengendalikan gulma padi *F. Miliace*, *C. difformis*, *L. octovalvis*, dan *C. iria*, dan *M. minuta*. (2) pada tanaman padi yang dipupuk dengan kotoran sapi semakin besar dosis yang digunakan aplikasi herbisida penoxsulam tidak efektif untuk mengendalikan *E. cruss-galii* dan *L. chinensis*

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada yang terhormat kementerian Riset, Teknologi , dan Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini dengan skim penelitian Riset Strategi Nasional (STRANAS)

DAFTAR PUSTAKA

- Ampong-Nyarko K, De Datta SK. 1991. A handbook for weed control in rice. Manila (Philippines): International Rice Research Institute. 113 p.
- Gopal, R., R.K. Jat, R.K. Malik, V. Kumar, M.M. Alam, M.L. Jat, M.A. Mazid, Y.S. Saharawat, A. McDonald, and R. Gupta. 2010. Direct Dry Seeded Rice Production Technology and Weed Management in Rice Based Systems. International Maize and Wheat Improvement Center, New Delhi. 28 p.
- Moody K. 1991. Weed management in rice. In: Pimentel D, editor. Handbook of pest management in agriculture. Boca Raton (Florida): CRC Press. p 301-328.
- Ottis, B.V. , R.E. Talbert, M.S. Malik, and A.T. Ellis. 2003 Rice Weed Control with Penoxsulam (Grasp). Pest management : weed. AAES Research Series 517B.R. Wells Rice Research Studies 2003

STUDI LABORATORIUM DAN SIMULASI RESERVOIR UNTUK MENINGKATKAN PEROLEHAN MINYAK MENGUNAKAN INJEKSI POLIMER

Suranto^{a)}, Boni Swadesi^{a)}, Ratna Widyaningsih^{a)}, , Retno Ringgani^{b)}

^{a)} Jurusan Teknik Perminyakan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

^{b)} Jurusan Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

ABSTRAK

Polimer merupakan bahan kimia yang ditambahkan ke dalam injeksi air berfungsi untuk memperbaiki perbandingan mobilitas air-minyak sehingga menghasilkan efisiensi penyapuan yang bagus. Namun, dalam injeksi polimer terdapat beberapa masalah terkait dengan kestabilan terhadap kondisi reservoir, yaitu temperatur dan salinitas reservoir. Karena kedua parameter tersebut dapat membuat polimer terdegradasi yang ditandai dengan penurunan viskositas polimer. Dalam studi ini dilakukan simulasi injeksi polimer menggunakan simulator black oil IMEX untuk mengetahui seberapa besar recovery factor yang dihasilkan dari polimer yang dibuat dari hasil uji laboratorium.

Tahapan yang dilakukan dalam studi ini adalah : membuat polimer dari monomer akrilamida kemudian dimodifikasi dengan ditambahkan TEOS (silika), uji reologi larutan polimer (PAM, PAM Si, HPAM dan HPAM Si) menggunakan viscometer brookfield, memilih polimer yang sesuai untuk di simulasikan berdasarkan hasil uji reologi, input data ke dalam simulasi reservoir, prediksi dengan empat skenario. Skenario basecase : 1 sumur produksi. Skenario 1 (injeksi air) : 1 sumur injeksi dan 1 sumur produksi dengan pola ¼ five spot. Skenario 2 (injeksi polimer HPAM) : pola yang digunakan seperti skenario 1, polimer yang digunakan HPAM. Skenario 3 (injeksi polimer HPAM Si) : seperti skenario 2 namun membedakan jenis polimer yang diinjeksikan.

Hasil yang didapatkan adalah berdasarkan hasil uji reologi di laboratorium, pengaruh penambahan TEOS (silika) terhadap polimer adalah dapat meningkatkan berat molekul polimer sehingga viskositas polimer meningkat dan polimer yang tahan (stabil) terhadap kenaikan temperatur dan salinitas adalah polimer HPAM. Sedangkan berdasarkan hasil simulasi yang dijalankan, skenario 3 Bz yang merupakan skenario injeksi polimer menggunakan polimer HPAM Si konsentrasi 10,000 ppm dengan laju injeksi 5,000 bbl/day adalah skenario yang cocok digunakan pada model reservoir ini karena memberikan kenaikan RF yang paling tinggi dibandingkan dengan skenario yang lainnya, yaitu RF meningkat sebesar 43.2658% di akhir masa produksi.

Kata kunci : monomer akrilamida, polimer, viskositas, OOIP, recovery factor, injeksi air, injeksi polimer.

I. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Tenaga alamiah dari reservoir (*natural flow*) untuk mendorong minyak ke permukaan semakin lama akan berkurang. Selanjutnya, dilakukan pengangkatan minyak ke permukaan

dengan menggunakan pompa (*artificial lift*). Setelah melaksanakan perolehan minyak tahap pertama tersebut, ternyata masih terdapat minyak sisa yang belum dapat diproduksi. Untuk itu dilakukan perolehan minyak tahap kedua, yaitu injeksi air. Namun dalam prakteknya, injeksi air belum bisa mendesak saturasi minyak sisa sepenuhnya. Hal tersebut diakibatkan rasio mobilitas air-minyak yang kurang baik. Untuk itu diperlukan bahan kimia yang ditambahkan ke dalam air injeksi. Bahan kimia tersebut adalah polimer. Jenis-jenis polimer yang sering digunakan adalah *polyacrylamide* dan *polysaccharide* (Van Pollen, H.K., 1980).

Injeksi polimer adalah injeksi dengan menambahkan bahan pengental (*thickening agent*) ke dalam air injeksi. Hal tersebut untuk meningkatkan viskositas air dan mengurangi volume total air. Selain itu, untuk meningkatkan efisiensi penyapuan karena memperbaiki perbandingan mobilitas air-minyak (Needham et al., 1987).

Namun, dalam melakukan injeksi polimer terdapat beberapa masalah yang harus dihadapi. Salah satunya adalah terkait stabilitas polimer pada kondisi reservoir yaitu temperatur dan salinitas. Temperatur dan salinitas dapat membuat polimer terdegradasi yang dapat dilihat dari penurunan viskositas akibat kenaikan temperatur dan salinitas.

Uji Laboratorium ini untuk meneliti pengaruh dari temperatur reservoir dan salinitas terhadap kestabilan viskositas polimer, sehingga akan mendapatkan jenis polimer yang paling stabil untuk digunakan. Kemudian, polimer yang didapatkan dari uji laboratorium di simulasikan untuk mengetahui efek dari penggunaan injeksi polimer tersebut terhadap *recovery factor*.

b. Maksud dan Tujuan

Maksud dalam studi ini adalah untuk melihat peningkatan perolehan minyak dan keberhasilan injeksi polimer pada simulasi reservoir menggunakan polimer hasil uji laboratorium. Sedangkan tujuannya adalah untuk mengetahui penambahan TEOS (silika) terhadap viskositas polimer, mendapatkan jenis polimer yang stabil (tahan) terhadap temperatur dan salinitas, mengetahui penambahan *recovery factor* setelah injeksi polimer (dengan variasi laju injeksi, konsentrasi polimer dan viskositas), memilih skenario yang tepat (laju injeksi, konsentrasi polimer dan viskositas polimer) yang dapat memberikan *recovery factor* yang maksimum

c. Pembatasan Masalah

- 1) Uji sensitivitas reologi polimer yang diberikan hanya terhadap temperatur dan salinitas
- 2) Studi tidak mencakup pembuatan model reservoir hingga tahapan penyalarsan model, karena model reservoir telah selaras
- 3) Model reservoir yang digunakan *artificial* dan homogen serta data yang digunakan dalam simulasi adalah data sekunder
- 4) Jenis simulasi reservoir yang digunakan diasumsikan tanpa kandungan komposisional yang spesifik, sehingga model yang digunakan adalah *Black Oil*
- 5) Sensitivitas yang dilakukan dalam pembuatan skenario injeksi polimer adalah terhadap laju injeksi, konsentrasi dan viskositas polimer

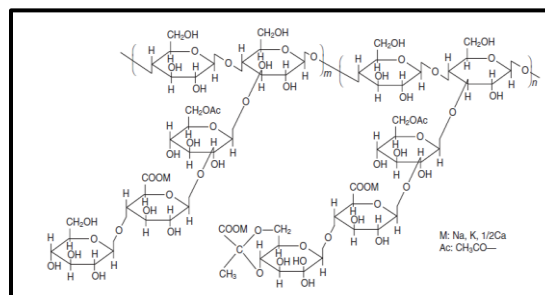
II. TINJAUAN PUSTAKA

a. Injeksi Polimer

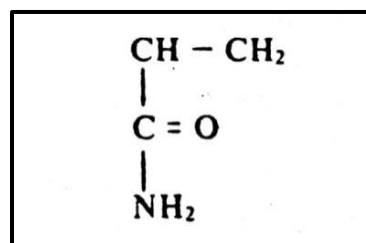
Polimer adalah rangkaian molekul sederhana berukuran sangat panjang yang terbentuk dari perulangan unit-unit kimia kecil dan sederhana yang mana dapat berbentuk linier membentuk rantai panjang atau rantai bercabang. Molekul-molekul yang bergabung membentuk polimer disebut monomer. Injeksi polimer merupakan injeksi air yang disempurnakan, karena menambahkan bahan pengental (polimer) ke dalam air injeksi. Kemudian, bahan pengental (polimer) tersebut diinjeksikan ke dalam reservoir. Hal tersebut bertujuan untuk memperbaiki sifat fluida pendorong sehingga dapat meningkatkan perolehan minyak. Polimer dapat meningkatkan viskositas fluida pendorong dan memperbaiki perbandingan mobilitas antara air

dan minyak. Hal ini akan meningkatkan efisiensi penyapuan dari fluida pendorong. Terdapat 2 jenis polimer yang sering digunakan, yaitu polisakarida dan poliakrilamida (Green, Don.W., Willhite, G.Paul., 1998).

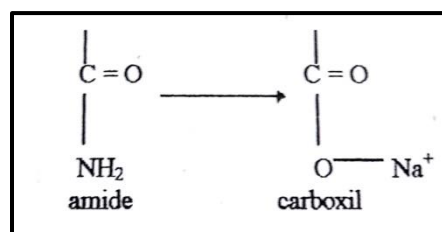
Polisakarida (*xanthan gum*) merupakan biopolimer yang dihasilkan dari mikroorganisme *Xanthomonas Campestris* melalui proses fermentasi pada media karbohidrat. Media karbohidrat tersebut mendapatkan *supply* protein dan energi gas nitrogen (N₂). Larutan encer *xanthan gum* sangat pseudoplastik. Dibawah kondisi shear yang besar seperti pemompaan, larutan *xanthan gum* mempunyai viskositas yang sangat kecil. Adanya sedikit *Sodium Chloride* (NaCl) akan menurunkan viskositas larutan *xanthan gum* yang berkonsentrasi rendah. *Xanthan gum* (**Gambar 1**) bersifat ionik dan bersifat polar. Gugus fungsi polar seperti -OH dan -NH₂ akan mengakibatkan terbentuknya ikatan hidrogen sehingga gaya antar molekul polimer meningkat dan akan menaikkan kekerasan polimer sehingga lebih tahan terhadap degradasi mekanis daripada polimer poliakrilamida. Sedangkan, poliakrilamida merupakan polimer sintetis yang disintesis dari monomer akrilamida (**Gambar 2**) dan dibuat berdasarkan mekanisme radikal bebas. Polimer ini sangat fleksibel dan sensitif terhadap kerusakan mekanis dan degradasi karena memiliki rantai yang panjang dan diameter molekul kecil. Dari hasil reaksi hidrolisis parsial poliakrilamida dengan NaOH menghasilkan polimer HPAM. Degradasi mekanis HPAM (**Gambar 3**) yang ionik dipengaruhi salinitas. Semakin tinggi kegaraman, semakin banyak jumlah gugus bermuatan HPAM yang ternetralisir dan menyebabkan ukuran molekul mengecil. Sedangkan degradasi kimia adalah adanya bakteri (Van Pollen, H.K., 1980).



Gambar 1. Struktur Molekul *Xanthan Gum* (Van Pollen, H.K., 1980)



Gambar 2. Struktur molekul akrilamida (Van Pollen, H.K., 1980)



Gambar 3. Struktur molekul HPAM (Van Pollen, H.K., 1980)

b. Reologi Polimer

Larutan polimer merupakan fluida non Newtonian, dimana hubungan antara *shear stress* dengan *shear rate* tidak linear. Viskositas larutan polimer akan menurun seiring dengan naiknya *shear rate*, temperatur dan salinitas dan pH. Pada *shear rate* rendah fluida *shear thinning* berkelakuan seperti fluida Newtonian, namun seiring dengan peningkatan *shear rate* maka berkelakuan seperti fluida *shear thinning* (Green, Don.W., Willhite, G.Paul., 1998). Untuk salinitas, Dengan adanya penambahan elektrolit seperti NaCl ke dalam larutan polimer, maka akan menetralkan muatan di rantai samping molekul polimer. Karena gugus karboksilat (-COO-) dikelilingi oleh beberapa Na⁺ yang melindungi muatannya sehingga gaya tolak menolak antar gugus karboksilat (-COO-) pun berkurang dan viskositas pun menurun. Lalu, Pengaruh temperatur pada viskositas adalah dengan naiknya temperatur, maka aktivitas dari rantai polimer dan molekul-molekulnya meningkat serta gesekan antara molekul berkurang sehingga dapat menyebabkan degradasi pada polimer (Sheng, James, 2010).

c. Simulasi Reservoir

Simulasi reservoir adalah memodelkan kondisi reservoir secara matematik dengan mengintegrasikan berbagai data yang ada (geologi, geofisik, petrofisik, reservoir, produksi) untuk memperoleh kinerja reservoir pada berbagai kondisi sumur dan skenario produksi sehingga akan diperoleh perkiraan yang baik terhadap rencana atau tahapan pengembangan lapangan selanjutnya.

Tujuan dari simulasi reservoir adalah membuat model kondisi reservoir yang sebenarnya menjadi bentuk model yang lebih sederhana melalui bentuk model numerik dengan memakai software yang ada di komputer. Selain itu, dapat digunakan untuk perencanaan dalam operasi pengurusan minyak tahap lanjut pada reservoir agar mendapatkan jenis pengurusan minyak tahap lanjut yang paling optimal (Chriclow B. Henry, 1977).

III. ALAT DAN BAHAN

a. Alat

- 1) Labu leher tiga
- 2) Pendingin balik
- 3) Gelas beker
- 4) Corong pemisah
- 5) Termometer
- 6) Oven
- 7) *Magnetic Stirrer with heater*
- 8) *Stirrer Bar*
- 9) Timbangan digital
- 10) *Viscometer Brookfield*

b. Bahan

- 1) Monomer akrilamida
- 2) Aquades
- 3) NaOH
- 4) Inisiator kalium persulfat
- 5) Metanol
- 6) TEOS
- 7) HCl
- 8) Endapan kering polimer PAM
- 9) Endapan kering polimer PAMSi

- 10) Endapan kering polimer HPAM
- 11) Endapan kering polimer HPAMSi
- 12) Bubuk NaCl
- 13) Larutan polimer PAM
- 14) Larutan polimer PAMSi
- 15) Larutan polimer HPAM
- 16) Larutan polimer HPAMSi

IV. PROSEDUR PERCOBAAN

a. Pembuatan Polimer PAM

1. Mencampur 7.5 gr akrilamida+120 ml aquades+NaOH (sampai pH 8)
2. Memasukkan campuran tersebut ke dalam labu leher tiga
3. Menyalakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm sambil menyalakan pemanas sampai suhu 55°C
4. Memasukkan inisiator kalium persulfat 0.4 gr ketika suhu mencapai suhu 55°C
5. Mengaduk campuran selama 105 menit
6. Mengendapkan polimer dengan metanol
7. Mengeringkan pada suhu 80 °C

b. Pembuatan Polimer PAMSi

1. Mencampur endapan polimer PAM kering 10 gr akrilamida+150 ml aquades+TEOS 1 tetes+HCl (sampai pH 4-5)
2. Memasukkan campuran tersebut ke dalam labu leher tiga
3. Menyalakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm dengan suhu 60 °C
5. Mengaduk campuran selama 60 menit
6. Mengendapkan polimer dengan metanol
7. Mengeringkan pada suhu 80 °C

c. Pembuatan Polimer HPAM

1. Mencampur endapan polimer PAM kering+ 240 ml NaOH 0.5 N
2. Memasukkan campuran tersebut tadi ke dalam labu leher tiga
3. Menyalakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm sambil menyalakan pemanas sampai suhu 55°C
5. Mengaduk campuran selama 90 menit
6. Mengendapkan polimer dengan metanol
7. Mengeringkan pada suhu 80 °C

d. Pembuatan Polimer HPAMSi

1. Mencampur endapan polimer HPAM kering 10 gr akrilamida+150 ml aquades+TEOS 5 gr +HCl (sampai pH 4-5)
2. Memasukkan campuran tersebut tadi ke dalam labu leher tiga
3. Menyalakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm dengan suhu 60 °C
5. Mengaduk campuran selama 60 menit
6. Mengendapkan polimer dengan metanol
7. Mengeringkan pada suhu 80 °C

e. Pembuatan Larutan Polimer

1. Mencampurkan masing-masing polimer kering PAM, PAM Si, HPAM dan HPAM Si dengan aquadest berdasarkan konsentrasi yang akan dibuat :

- a. 0.1 wt % = 0.05 gr polimer kering + 49.95 gr aquades
 - b. 0.5 wt % = 0.25 gr polimer kering + 49.75 aquades
 - c. 1 wt % = 0.5 gr polimer kering + 49.5 gr aquades
2. Mengaduk campuran polimer kering dan aquades dengan *magnetic stirer* selama minimal 16 jam agar homogen.

f. Uji Reologi

Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah *Viscometer Brookfield*.

1. Memasukkan sampel larutan polimer kedalam *cup*
2. Memutar *spindle* sebanyak 5 putaran selama semenit sebelum melakukan pengukuran
3. Kecepatan (RPM) yang digunakan adalah 8 RPM
4. Mengukur viskositas dengan konsentrasi larutan PAM sebanyak 10,000 ppm pada temperatur ruang dan kecepatan (RPM) 8 selama 2 menit. Kemudian dengan konsentrasi dan kecepatan (RPM) yang sama, naikkan temperatur menjadi 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C dan 80 °C
5. Mengulangi langkah dari nomor 1-4 untuk konsentrasi 5,000 ppm dan 1,000 ppm
6. Untuk larutan polimer PAMSi, HPAM dan HPAMSi dengan konsentrasi yang sama mengulangi langkah dari nomor 1-5.

g. Injeksi Polimer dengan Simulator IMEX

1. Pengumpulan model geologi, data sifat fisik batuan dan fluida reservoir dari *paper*
2. Menginput data-data tersebut ke dalam simulator IMEX CMG
3. Inisialisai dan *History matching*
4. Prediksi selama 12 tahun untuk skenario basecase dan prediksi selama 50 tahun dengan pola $\frac{1}{4}$ *five spot* untuk tiga skenario, yaitu : Skenario 1 (*basecase*+injeksi air), Skenario 2 adalah sama seperti Skenario 1 tetapi dilakukan penambahan polimer HPAM, Skenario 3 sama seperti Skenario 2, namun polimer yang digunakan adalah polimer HPAMSi. Sensitivitas yang digunakan pada ketiga skenario tersebut adalah terhadap laju injeksi
5. Analisa hasil dari masing-masing skenario untuk mengetahui peningkatan *recovery factor* dan menentukan skenario mana yang menghasilkan kumulatif produksi serta *recovery factor* minyak paling besar.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Sintesis Polimer

Hasil dari satu kali running pembuatan polimer PAM menghasilkan 7.7 gram polimer kering (**Gambar 4**) dan metanol yang digunakan untuk mengendapkan polimer tersebut sebanyak 240 ml. Kemudian, dari satu kali running pembuatan polimer PAMSi menghasilkan 8.6 gram polimer kering (**Gambar 5**) dan membutuhkan 407 ml metanol untuk mengendapkan. Selanjutnya, hasil dari satu kali running polimer HPAM menghasilkan polimer seberat 6.5 gram (**Gambar 6**) dan membutuhkan metanol untuk mengendapkannya sebanyak 480 ml. Serta pada HPAMSi, menghasilkan polimer kering seberat 3.9 gram (**Gambar 7**) dan membutuhkan metanol sebanyak 630 ml untuk mengendapkannya.

Penambahan TEOS (silika) pada polimer bertujuan agar mendapatkan polimer yang tahan terhadap kenaikan temperatur. Namun, hasil yang didapat adalah dengan menambahkan TEOS (silika) ke dalam polimer hanya meningkatkan berat molekul dari polimer sehingga viskositasnya meningkat, tetapi tidak membuat polimer tersebut tahan terhadap kenaikan temperatur.

b. Hasil Uji Reologi

Endapan polimer kering (PAM, PAMSi, HPAM dan HPAMSi) yang dihasilkan dari sintesis polimer selanjutnya digunakan untuk membuat larutan-larutan polimer tersebut. Alat

yang digunakan *Viscometer Brookfield DV3TLV* dengan kecepatan putar (RPM) yang digunakan 8. Sensitivitas yang diberikan pada pengukuran reologi adalah temperatur dan salinitas karena dapat menyebabkan polimer terdegradasi. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui dan mendapatkan polimer yang tahan terhadap penurunan viskositas akibat kenaikan temperatur dan salinitas. Konsentrasi polimer (PAM, PAM Si, HPAM dan HPAM Si) yang dibuat adalah 1,000 ppm, 5,000 ppm dan 10,000 ppm, lalu dari masing-masing konsentrasi polimer tersebut diberikan salinitas sebanyak 0, 10,000 ppm dan 30,000. Setelah larutan-larutan polimer dibuat (**Gambar 8**), kemudian mengukur viskositasnya dengan berbagai variasi temperatur. Temperatur yang diberikan adalah 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C. Untuk melihat seberapa tajam penurunan viskositas dari polimer PAM, PAM Si, HPAM dan HPAM Si akibat pengaruh temperatur dan salinitas dapat dilihat pada grafik (**Gambar 9-Gambar 20**). Dari kedua belas grafik tersebut disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur maka viskositas polimer (PAM, PAM Si, HPAM dan HPAM Si) akan mengalami penurunan. Sedangkan untuk sensitivitas terhadap salinitas, semakin tinggi harga salinitas yang diberikan kepada polimer HPAM dan HPAM Si maka viskositasnya akan menurun. Namun, untuk polimer PAM dan PAM Si, viskositasnya meningkat seiring dengan besarnya harga salinitas yang diberikan. Pada polimer PAM Si dan HPAM Si terlihat trend penurunan viskositas yang cukup tajam dibandingkan dengan polimer PAM dan HPAM sehingga dapat disimpulkan bahwa polimer PAM Si dan HPAM Si tidak tahan terhadap kenaikan temperatur walaupun mempunyai nilai viskositas yang lebih tinggi dari polimer yang tidak ditambahkan TEOS (silika). Polimer yang telah ditambahkan TEOS (silika) memiliki viskositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan polimer yang tidak ditambahkan silika. Nilai viskositas PAM Si lebih besar daripada PAM dan nilai HPAM Si lebih besar daripada nilai HPAM dikarenakan silika yang terdapat dalam TEOS dapat menaikkan berat molekul. Dimana jika berat molekul besar maka viskositas akan semakin besar pula.

c. Hasil Simulasi Injeksi Polimer

Luas area pada model reservoir ini adalah 313.6 acres yang menghasilkan *Original Oil in Place* (OOIP) sebesar 116,500,000 STB. Sumur yang beroperasi pada model ini sebanyak 2 sumur, yaitu 1 sumur produksi dan 1 sumur injeksi. Sumur produksi dan sumur injeksi diletakkan di paling ujung grid dari model dan berlawanan arah secara diagonal (**Gambar 21**). Model yang digunakan adalah model reservoir cartesian 3 dimensi yang diambil dari *paper* yang berjudul "*Integrated Clustering/ Geostatistical/ Evolutionary Strategies Approach for 3D Reservoir Characterization and Assisted History-Matching In a Complex Carbonate Reservoir, SACROC Unit, Permian Basin*". Model reservoir cartesian 3D pada SACROC Unit, Permian Basin adalah heterogen. Namun, pada studi ini model reservoir cartesian 3D dibuat homogen dan telah dilakukan penyesuaian, sehingga tahap inisialisasi dan *history matching* tidak termasuk.

Pemilihan jenis, konsentrasi dan viskositas polimer yang digunakan untuk injeksi polimer berdasarkan dari *screening criteria* data reservoir seperti yang terlihat pada **Tabel 1**. Kemudian untuk pemodelan reservoir menggunakan data yang didapat dari paper acuan seperti yang tercantum dalam **Tabel 2 hingga Tabel 5**.

Skenario akan dibagi menjadi 4 jenis, yaitu skenario *basecase*, skenario 1 (injeksi air), skenario 2 (injeksi polimer menggunakan polimer HPAM) dan skenario 3 (injeksi polimer menggunakan polimer HPAM Si). Pada skenario injeksi air, sensitivitas yang digunakan yaitu laju injeksi. Pada skenario 2 dan 3 yaitu injeksi polimer, sensitivitas yang digunakan adalah laju injeksi, konsentrasi dan viskositas polimer yang diinjeksikan. Pola sumur injeksi-produksi yang digunakan adalah $\frac{1}{4}$ *five spot* dan prediksi kinerja reservoir dengan skenario tersebut dilakukan selama 30 tahun mulai dari 1 Agustus 2025 sampai dengan 1 Agustus 2075.

Skenario *basecase*, yaitu tidak ada kegiatan *workover*, penambahan sumur infill maupun sumur injeksi. Sumur produksi pada skenario ini hanya ada 1 sumur. Pada akhir skenario *basecase*, laju produksi minyak mencapai 413 bbl/day yang menghasilkan kumulatif produksi

minyak (Np) sebesar 6,013,300 STB dan RF sebesar 5.16%.

Sensitivitas laju injeksi yang digunakan pada skenario injeksi air dan injeksi polimer adalah sebesar 1,000 bbl/day, 5,000 bbl/day, 9,000 bbl/day dan 11,000 bbl/day. Selain laju injeksi, sensitivitas yang diberikan untuk injeksi polimer (skenario 2 dan skenario 3) adalah terhadap konsentrasi polimer dan viskositas. Konsentrasi polimer yang digunakan pada skenario 2 dan 3 sama, yaitu 1,000 ppm, 5,000 ppm dan 10,000 ppm.

Skenario 1 terbagi menjadi 4 berdasarkan laju injeksi, yaitu skenario 1 A, 1 B, 1 C dan 1 D. Skenario 1 A adalah injeksi air dengan laju injeksi 1,000 bbl/day, skenario 1 B merupakan injeksi air dengan laju injeksi 5,000 bbl/day, skenario 1 C mempunyai laju injeksi 9,000 bbl/day dan skenario 1 D menggunakan laju injeksi 11,000 bbl/day untuk injeksi air.

Skenario 2 dan 3 terbagi menjadi 12 bagian berdasarkan laju injeksi, konsentrasi polimer dan viskositas polimer. Yang membedakan antara skenario 2 dan 3 adalah jenis polimer yang digunakan. Skenario 2 menggunakan polimer HPAM dan skenario 3 menggunakan polimer HPAM Si. Untuk polimer dengan konsentrasi 1,000 ppm diberi nama x, sedangkan untuk konsentrasi 5,000 ppm adalah y dan konsentrasi 10,000 ppm adalah z. Nilai viskositas mengikuti konsentrasi polimer dengan jenis polimernya (HPAM maupun HPAM Si). Kemudian, pada laju injeksi 1,000 bbl/day diberi nama A, sehingga skenario pada laju ini adalah 2 Ax, 2 Ay dan 2 Az. Untuk laju injeksi 5,000 diberi nama B sehingga skenario pada laju ini adalah 2 Bx, 2 By dan 2 Bz. Pada laju injeksi 9,000 ppm diberi nama C sehingga skenarionya adalah 2 Cx, 2 Cy dan 2 Cz. Pada laju injeksi 11,000 bbl/day dibagi menjadi 3 dan diberi nama D sehingga skenarionya adalah 2 Dx, 2 Dy dan 2 Dz. Begitupun untuk skenario 3, skenario yang dibuat sama seperti skenario 2 yaitu terbagi menjadi 12 bagian (3 Ax, 3 Ay, 3 Az, 3 Bx, 3 By, 3 Bx, 3 Cx, 3 Cy, 3 Cz, 3 Dx, 3 Dy dan 3 Dz). Hasil dari skenario-skenario tersebut dapat dilihat pada **Tabel 6**.

KESIMPULAN

1. Penambahan TEOS (silika) pada polimer dapat meningkatkan berat molekul polimer sehingga memberikan hasil viskositas yang besar.
2. Polimer yang tahan terhadap kenaikan temperatur dengan variasi salinitas adalah polimer HPAM.
3. Pengujian yang dilakukan terhadap model reservoir, memberikan peningkatan factor perolehan dari scenario *base case* sebesar 5.16%.
4. Dari hasil pemodelan di reservoir, maka laju injeksi polimer yang optimum diperoleh sebesar 5,000 bbl/day. Pada skenario 1 pada laju injeksi 5,000 bbl/day menghasilkan faktor perolehan sebesar 32.5%.
5. Skenario yang direkomendasikan adalah skenario 3 Bz menggunakan laju injeksi 5,000 bbl/day dengan konsentrasi polimer HPAM Si sebesar 10,000 ppm dan viskositas 11.4 cp, karena memberikan kenaikan factor perolehan yang paling tinggi dibandingkan dengan skenario yang lainnya, yaitu mengalami peningkatan sebesar 43.3% dari akhir produksi.

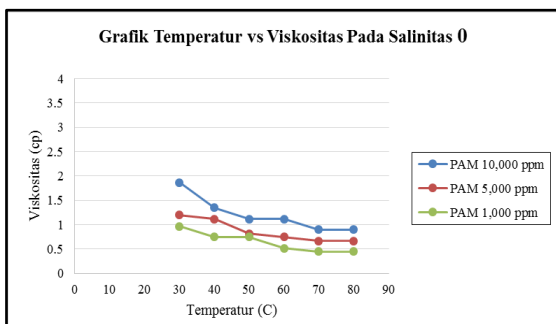
DAFTAR PUSTAKA

- Ainulqulba, Fathunisa. 2017. "Studi Laboratorium dan Simulasi Reservoir Untuk Meningkatkan Perolehan Minyak Menggunakan Injeksi Polimer", Teknik Perminyakan UPN "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- Chriclow B. Henry., "Modern Reservoir Engineering – A Simulation Approach", Prantice Hall, Inc, Oklahoma, 1977.
- Evolutionary Strategies Approach for 3D Reservoir Characterization and Assisted History-Matching in a Complex Carbonate Reservoir, SACROC Unit, Permian Basin*". Society of Petroleum Engineers.
- Gonzalez, R. J., Eslinger, E., Reeves, S. R., Schepers, K. C., & Back, T. (2008, January 1),

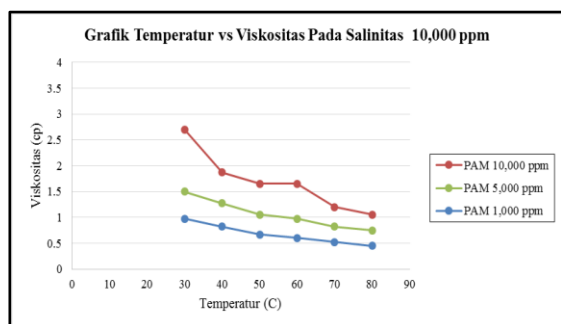
“Integrated Clustering/Geostatistical/Evolutionary Strategies Approach for 3D Reservoir Characterization and Assisted History-Matching in a Complex Carbonate Reservoir, SACROC Unit, Permian Basin”. Society of Petroleum Engineers
 Green, Don.W., Willhite, G.Paul., “Enhanced Oil Recovery”. Henry L. Doherty Memorial Fund of AIME. SPE of AIME, New York, 1972.
 Nararya, D., “Polimerisasi Akrilamid Dengan Pelarut Aquadest dan Inisiator Kalium Persulfat pada Kondisi Basa”, 2005.
 Sheng, James J., “Modern Chemical Enhanced Oil Recovery”, Gulf Professional Publishing, 2010.
 Van Pollen, H.K. & Associates, Inc. : “Fundamentals Of Enhanced Oil Recovery”, PennWell Books, Tulsa, Oklahoma, 1980.



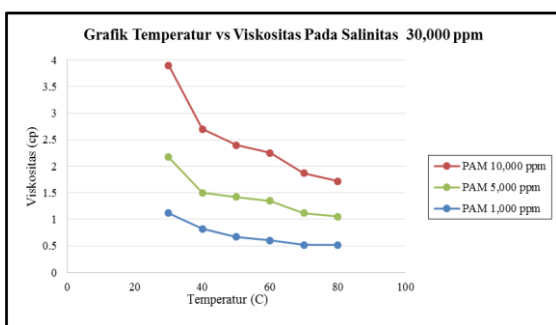
Gambar 4. Polimer PAM Gambar 5. Polimer PAMSi Gambar 6. Polimer HPAM Gambar 7. Polimer HPAMSi Gambar 8. Larutan Polimer



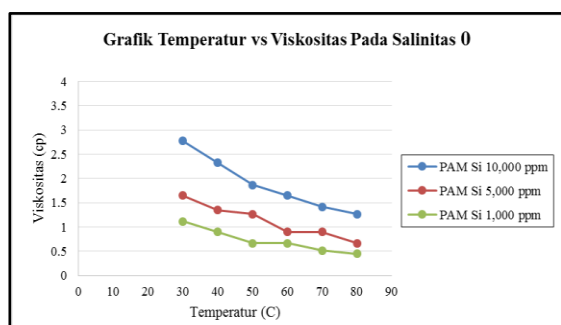
Gambar 9.
 Viskositas PAM pada Salinitas 0



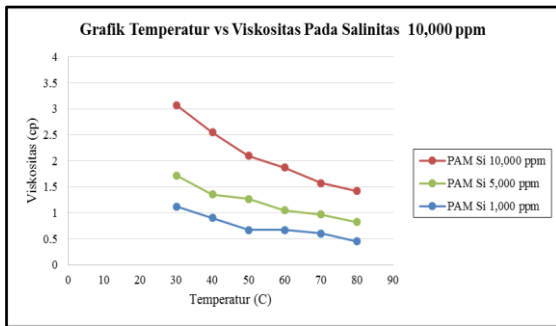
Gambar 10.
 Viskositas PAM pada Salinitas 10,000 ppm



Gambar 11.
 Viskositas PAM pada Salinitas 30,000 ppm

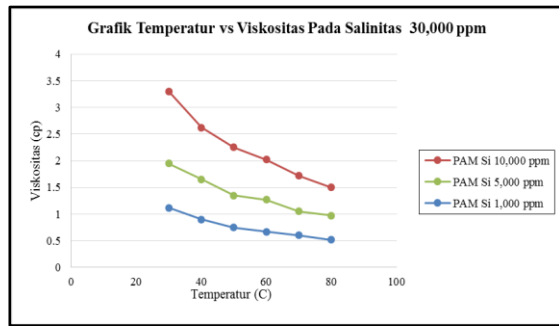


Gambar 12.
 Viskositas PAMSi pada Salinitas 0



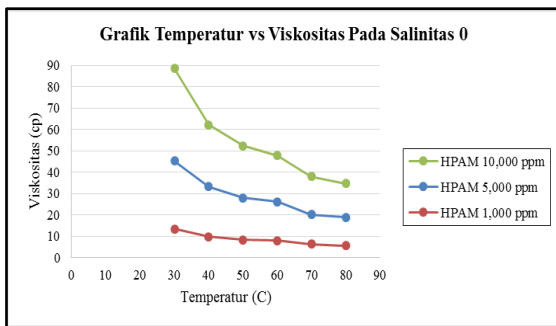
Gambar 13.

Viskositas PAMSi pada Salinitas 10,000 ppm



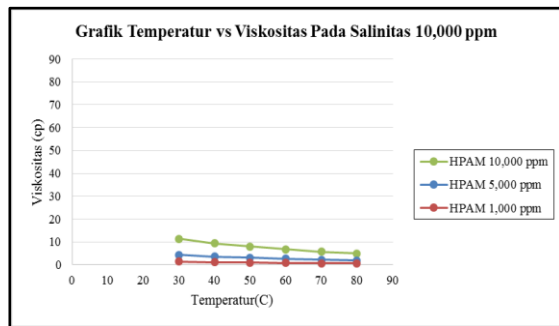
Gambar 14.

Viskositas PAMSi pada Salinitas 30,000 ppm



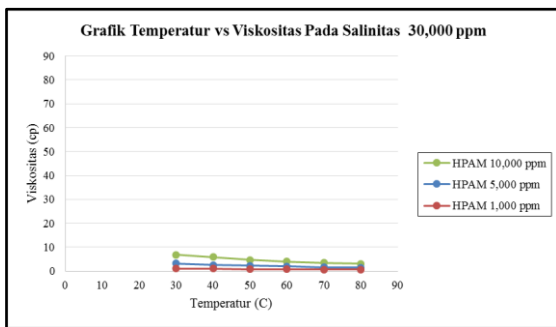
Gambar 15.

Viskositas HPAM pada Salinitas 0



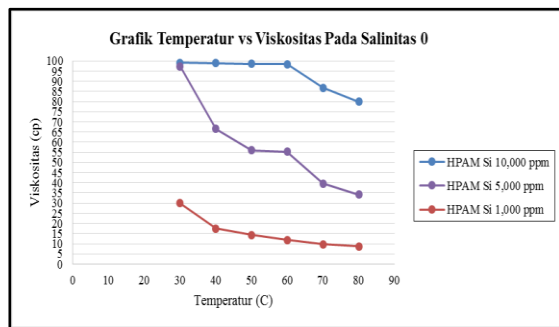
Gambar 16.

Viskositas HPAM pada Salinitas 10,000 ppm



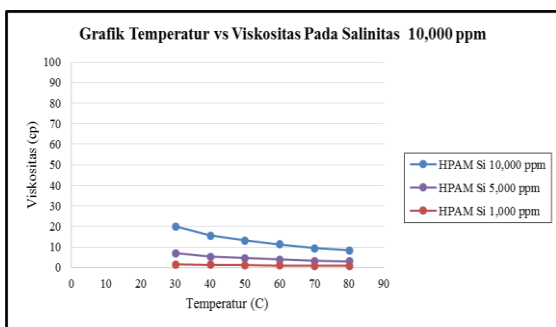
Gambar 17.

Viskositas HPAM pada Salinitas 30,000 ppm



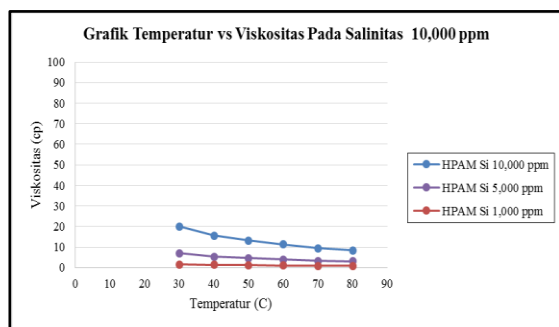
Gambar 18.

Viskositas HPAMSi pada Salinitas 0



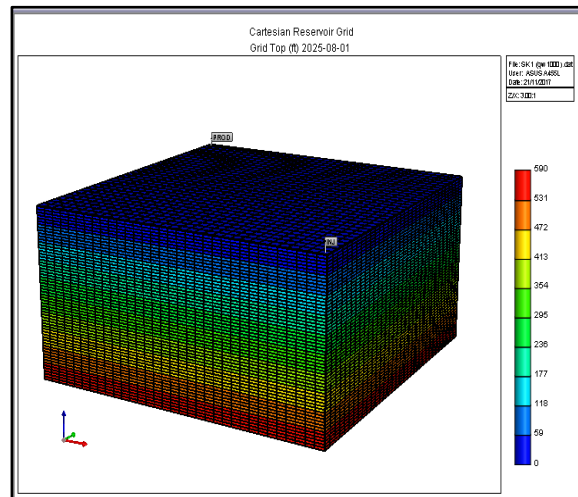
Gambar 19.

Viskositas HPAMSi pada Salinitas 10,000



Gambar 20.

Viskositas HPAMSi pada Salinitas 30,000



Gambar 21. Model 3 Dimensi Horizontal

Tabel 1. Kriteria Pemilihan Injeksi Polimer
 (Lemigas, 1994)

Parameter Reservoir	Kriteria	Parameter Reservoir	Kriteria
Jenis Batuan	<i>Sandstone</i> atau <i>limestone</i>	Salinitas (ppm)	< 50000
Kedalaman (ft)	< 9000	Permeabilitas rata-rata (mD)	> 40
Temperatur reservoir (°F)	< 200	Porositas rata-rata (%)	20
Viskositas minyak (cp)	< 200	Saturasi minyak rata-rata (%)	> 40
Gravity (° API)	> 25	Wetabilitas	<i>Water wet</i>

Tabel 2. Data Sifat Fisik Batuan Reservoir

Parameter	Nilai
Pr (psia)	3137 @ 4300 ft
Tr (°F)	132
Φ (%)	10
K (mD)	45
WOC (ft)	4500

Tabel 3. Data Sifat Fisik Fluida Reservoir

Parameter	Nilai
Viskositas Minyak (cp)	0.35
Viskositas Air (cp)	0.51
<i>Oil Gravity</i> (API)	41
Densitas Minyak (lb/ft ³)	52.3
Densitas Air (lb/ft ³)	62.3
Sw (fraksi)	0.21

Tabel 4.

(a). Tabulasi Data Saturasi Air dan Permeabilitas Relatif Sistem *Water-Oil*

Sw (fraksi)	krw (fraksi)	kro (fraksi)
0.21	0	0.86
0.244375	0.0305123	0.686117
0.27875	0.0700989	0.538923
0.313125	0.11403	0.415796
0.3475	0.161045	0.314205
0.381875	0.210494	0.231714
0.41625	0.261973	0.165989
0.450625	0.315205	0.114796
0.485	0.369984	0.076014
0.519375	0.426153	0.0476345
0.55375	0.483587	0.027772
0.588125	0.542183	0.0146715
0.6225	0.601856	0.00671875
0.656875	0.662532	0.00245473
0.69125	0.72415	0.000593859
0.725625	0.786655	0.0000525
0.76	0.85	0

(b) Tabulasi Data Saturasi Air dan Tekanan Kapiler

Sw (fraksi)	Pc (psi)
0.21	145
0.244375	118.54839
0.27875	94.41129
0.313125	75.233871
0.3475	56.387097
0.381875	41.177419
0.41625	30.156682
0.450625	21.008065
0.485	15.056452
0.519375	9.4354839
0.55375	6.4596774
0.588125	3.483871
0.6225	2.8225806
0.656875	2.4919355
0.69125	1.6705069
0.725625	1.0023041
0.76	0

Tabel 6. Hasil Prediksi Skenario Model Simulasi Reservoir Pada Berbagai Laju Injeksi

Skenario	PV	Cp (ppm)	μ (cp)	Np (STB)	RF Prediksi(%)	Penambahan RF (%)	Laju injeksi (bbl/day)
Skenario 1 (Injeksi Air)							1,000
1 A	0	0	0.51	21,002,000	18.0275	12.8659	
Skenario 2 (Injeksi Polimer HPAM)							5,000
2 Ax	0.16	1,000	0.82	21,192,176	18.1907	13.0291	
2 Ay	0.16	5,000	2.62	21,750,940	18.6703	13.5087	
2 Az	0.16	10,000	6.75	22,165,042	19.0258	13.8642	
Skenario 3 (Injeksi Polimer HPAM Si)							5,000
3 Ax	0.16	1,000	1.12	21,334,150	18.3126	13.1510	
3 Ay	0.16	5,000	3.97	21,945,978	18.8377	13.6761	
3 Az	0.16	10,000	11.4	22,299,586	19.1413	13.9797	5,000
Skenario 1 (Injeksi Air)							
1 B	0	0	0.51	37,858,000	32.4961	27.3345	

Skenario 2 (Injeksi Polimer HPAM)							
2 Bx	0.8	1,000	0.82	40,870,380	35.0819	29.9203	
2 By	0.8	5,000	2.62	48,366,764	41.5165	36.3549	
2 Bz	0.8	10,000	6.75	54,167,284	46.4955	41.3339	
Skenario 3 (Injeksi Polimer HPAM Si)							
3 Bx	0.8	1,000	1.12	42,899,840	36.8239	31.6623	
3 By	0.8	5,000	3.97	50,948,120	43.7323	38.5707	
3 Bz	0.8	10,000	11.4	56,417,896	48.4274	43.2658	
Skenario 1 (Injeksi Air)							
1 C	0	0	0.51	41,721,000	35.8120	30.6504	9,000
Skenario 2 (Injeksi Polimer HPAM)							
2 Cx	1.44	1,000	0.82	44,084,524	37.8408	32.6792	
2 Cy	1.44	5,000	2.62	44,084,524	40.2532	35.0916	
2 Cz	1.44	10,000	6.75	47,177,848	40.4960	35.3344	
Skenario 3 (Injeksi Polimer HPAM Si)							
3 Cx	1.44	1,000	1.12	45,273,864	38.8617	33.7001	
3 Cy	1.44	5,000	3.97	47,095,716	40.4255	35.2639	
3 Cz	1.44	10,000	11.4	47,418,760	40.7028	35.5412	
Skenario 1 (Injeksi Air)							
1 D	0	0	0.51	42,505,000	36.4850	31.3234	11,000
Skenario 2 (Injeksi Polimer HPAM)							
2 Dx	1.76	1,000	0.82	44,291,396	38.0184	32.8568	
2 Dy	1.76	5,000	2.62	44,843,904	38.4926	33.3310	
2 Dz	1.76	10,000	6.75	43,201,584	37.0829	31.9213	
Skenario 3 (Injeksi Polimer HPAM Si)							
3 Dx	1.76	1,000	1.12	44,893,988	38.5356	33.3740	
3 Dy	1.76	5,000	3.97	44,164,372	37.9093	32.7477	
3 Dz	1.76	10,000	11.4	42,956,004	36.8721	31.7105	

EVALUASI POTENSI SUMUR TUA DI LAPANGAN BANYUBANG SERTA PENERAPAN TEKNOLOGI UNTUK SUMUR TUA YANG EFISIEN DAN EFEKTIF

M. Irhas Effendy¹, Sudarmoyo² Sayoga Heru Prayitno²

¹Fakultas Ekonomi dan Bisnis UPN “Veteran” Yogyakarta

²Fakultas Teknologi Mineral UPN “Veteran” Yogyakarta

INTISARI

Sumur tua adalah sumur-sumur minyak bumi yang dibor sebelum tahun 1970 dan pernah diproduksi serta terletak pada lapangan yang diusahakan pada suatu wilayah kerja yang terikat kontrak kerja sama dan tidak diusahakan lagi oleh KKKS. Pemerintah berupaya mengoptimalkan produksi minyak bumi termasuk juga sumur tua. Pengelolaan sumur tua diutamakan dilakukan oleh perusahaan daerah seperti BUMD dan KUD, dengan tujuan meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar.

Penelitian ini dilakukan di sumur tua Lapangan Banyubang yang terletak di Kecamatan Jiken, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Saat ini sumur tua di Lapangan Banyubang dikelola oleh Koperasi Unit Desa (KUD) Wargo Tani Makmur.

Evaluasi potensi sumur tua berdasarkan ketersediaan data yang ada. Tentu saja kita tidak bisa berbicara akan data yang ideal tetapi minimal dengan adanya peta produksi jaman Belanda kita dapat melakukan suatu tahapan untuk mengetahui kedalaman reservoir yang mempunyai potensi.

Ketika berbicara tentang potensi sumur tua, kita tidak boleh berimajinasi akan hasil yang besar. Oleh karena itu perlu juga teknologi yang efisien dan efektif untuk pengusaha sumur tua, supaya biaya yang keluar untuk pengusaha sumur tua ini juga efisien dan efektif.

Berdasarkan penelitian ini diperoleh hasil kedalaman reservoir yang berpotensi antara 200 – 260 meter, sedangkan untuk teknologi diharapkan dengan adanya RIG ESP (Effisien Smart Professional) ini dapat menjadi solusi didalam melakukan reaktivasi sumur tua.

Keywords : *Sumur tua, RIG ESP, Evaluasi potensi sumur tua*

PENDAHULUAN

Pengusahaan sumur tua diatur dalam Peraturan Menteri ESDM Nomer 01 tahun 2008 tentang Pedoman Pengusahaan Pertambangan Minyak Bumi Pada Sumur Tua. Berdasarkan aturan tersebut, jika permohonan pengelolaan sumur tua disetujui, Dirjen Migas atas nama Menteri ESDM memberikan persetujuan memproduksi kepada KKKS. Selanjutnya, KKKS dan KUD atau BUMD wajib menindaklanjuti dengan perjanjian memproduksi minyak bumi. Bagan alir permohonan pengusahaan pertambangan Minyak Bumi pada sumur tua berdasarkan Permen Nomer 01 tahun 2018 ditunjukkan pada **Gambar 1**.

Lapangan Banyubang adalah merupakan lapangan tua yang ditemukan tahun 1903 dan sampai dengan tahun 1933 telah dibor 31 sumur (22 minyak, 1 gas & 8 kering). Lapangan ini kemudian ditinggalkan pada tahun 1933 tanpa alasan yang jelas setelah mencapai kumulatif

produksi 93.000 m³. Sebagai obyek utama reservoirnya adalah lapisan batugamping klastik Formasi Ngrayong yang berumur Middle Miocene. Lapangan ini berada pada struktur antiklin yang berarah relatif barat laut – tenggara (**Gambar 2**).

Pengusahaan sumur tua jika dilakukan dengan teknologi yang ada saat ini kurang efisien dan efektif dalam segi biaya investasi maupun operasional. Oleh karena peneliti juga melakukan suatu inovasi yaitu RIG ESP yang diharapkan dapat mengoptimalkan pengusahaan sumur tua di Indonesia.

DASAR TEORI

Evaluasi pada lapangan sumur tua tidak dapat disamakan dengan kondisi ideal yang sesuai dengan teori dan ketersediaan data yang banyak. Tetapi lebih pada memaksimalkan ketersediaan data yang ada dan dievaluasi secara kaidah pada teknik perminyakan.

Peta produksi jaman Belanda mencakup informasi mengenai nomor sumur, kedalaman produksi (meter), kedalaman TD (meter), laju alir produksi minyak awal (M³/hari), laju alir produksi gas awal (M³/hari), laju alir produksi akhir minyak (M³T/hari), laju alir produksi akhir gas (M³T/hari), kumulatif produksi minyak (1000 M³) dan lamanya produksi (bulan). Cara pembacaan ini ditunjukkan pada **Gambar 3**.

Peneliti sudah melakukan research & development mulai dari tahun 2003 sampai tahun 2016. Inovasi Teknologi Tepat Guna ini telah memiliki ijin operasi serta dicoba untuk melakukan reaktivasi sumur-sumur *suspended* di PT. PERTAMINA EP Asset 4 Field Cepu.

Berdasarkan evaluasi penggunaan teknologi RIG Tepat Guna ini ternyata masih memiliki kekurangan, oleh karena itu peneliti melakukan suatu modifikasi supaya menghasilkan teknologi yang efisien dan efektif untuk pengusahaan sumur tua yaitu RIG ESP (*RIG Efficient Smart Professional*). *Research road map* ditunjukkan pada **Gambar 4**.

METODOLOGI

Tahapan evaluasi lapangan sumur tua :

- a. Pengumpulan data
 - Informasi geologi dan stratigraphy regional
 - Hasil survey sumur tua
- b. Pembacaan peta produksi jaman Belanda
- c. Membuat stick diagram berdasarkan data peta jaman Belanda

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap pengumpulan data :

Geologi dan Stratigraphy Regional

Secara umum sistem pemerangkapan hidrokarbon di daerah ini merupakan perangkat-perangkat struktur, walaupun secara detail juga tidak menutup kemungkinan system pemerangkapan stratigrafi maupun kombinasinya. Terutama pada sedimen-sedimen berumur Neogen, perangkat-perangkat antiklin sangat mendominasi, yaitu seperti pada perangkat lapangan Minyak tua (Semanggi, Nglobo, Ledok, Banyubang, Kawengan, Gabus, Trembes, Trembul dsb.).

Terbentuknya struktur-struktur antiklin tersebut diawali dari fase tektonik Neogen, yang diakibatkan oleh gaya kompresi utama utara – selatan akibat interaksi dari lempeng Australia, Eruasia dan Pasifik, sehingga menghasilkan struktur perlipatan berarah relatif barat – timur. Gaya kompresi ini diperkirakan ikut andil menggenerasikan hidrokarbon yang terbentuk pada sedimen Paleogen (Formasi Ngimbang sampai Formasi Kujung). Disamping itu gaya kompresi ini juga ditafsirkan turut mengontrol reaktifasi sesar-sesar tua yang terbentuk sebelumnya menjadi sesar-sesar geser (*wrench fault*) yang mempunyai arah relatif timurlaut – baratdaya dan sesar-sesar naik / normal yang berarah barat – timur.

Fase tektonik berikutnya (fase tektonik Pasca Neogen), gaya kompresi utama ini semakin memuncak, mengakibatkan terjadinya patahan inversi, menghasilkan struktur perlipatan (antiklin / sinklin) yang disertai dengan perkembangan sesar-sesar naik berarah barat – timur serta reaktifasi sesar-sesar *strikeslip* timurlaut – baratdaya. Sesar-sesar *strikeslip* (utama) timurlaut – baratdaya tersebut yang memisahkan atau menjadi penyekat struktur-struktur antiklin tersebut, sehingga menjadi suatu pola struktur antiklin berjajar (*en-echelon fold*), yang merupakan daerah lapangan minyak di daerah ini (seperti lapangan Banyubang, Semanggi, Nglobo, Ledok, Kawengan, Gabus, Trembes dsb.). Sedangkan sesar-sesar (utama) barat – timur secara global memisahkan zona pemerangkapan menjadi 3 jalur (zona), yaitu : jalur utara, jalur tengah dan jalur selatan. Pemisahan struktur antiklin dalam sistem pemerangkapan hidrokarbon ini dapat terlihat dengan jelas pada **Gambar 5**.

Menurut Mujiono et.al, 2001 diatas batuan Pratersier produk Kapur-Yura ini, menumpang secara tidak selaras sedimen yang lebih muda sebagai produk proses sedimentasi Tersier. Adapun urutan stratigrafi Regional Jawa timar utara dari tua ke muda adalah sebagai berikut (ditunjukkan pada **Gambar 6**) :

- Formasi Ngimbang
- Formasi Kujung
- Formasi Tuban
- Formasi Ngrayong
- Formasi Wonocolo
- Formasi Ledok
- Formasi Mundu

Pembacaan Peta produksi jaman Belanda

Hasil dari pembacaan peta produksi jaman Belanda ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Teknologi Efisien dan Efektif untuk pengusahaan sumur tua

Peneliti mulai dari pertama hanya menggunakan RIG Trombos dan menggunakan kekuatan manusia untuk melakukan reaktivasi sumur tua. Kemudian peneliti melakukan suatu inovasi untuk membuat RIG Tepat Guna, berawal dari peralatan untuk bor air yang kemudian dimodifikasi menjadi peralatan untuk bor minyak. Berdasarkan pengalaman para peneliti yang telah berkecimpung di sumur tua, RIG Tepat Guna masih belum efisien dan efektif karena lokasi sumur tua saat ini posisinya ada yang di dalam hutan sampai berada di pemukiman penduduk. Oleh karena itu muncul gagasan RIG ESP. Proses perkembangan teknologi ini ditunjukkan pada **Gambar 7**, **Gambar 8** menunjukkan desain RIG ESP, **Gambar 9** maket RIG ESP yang telah dibuat.

KESIMPULAN

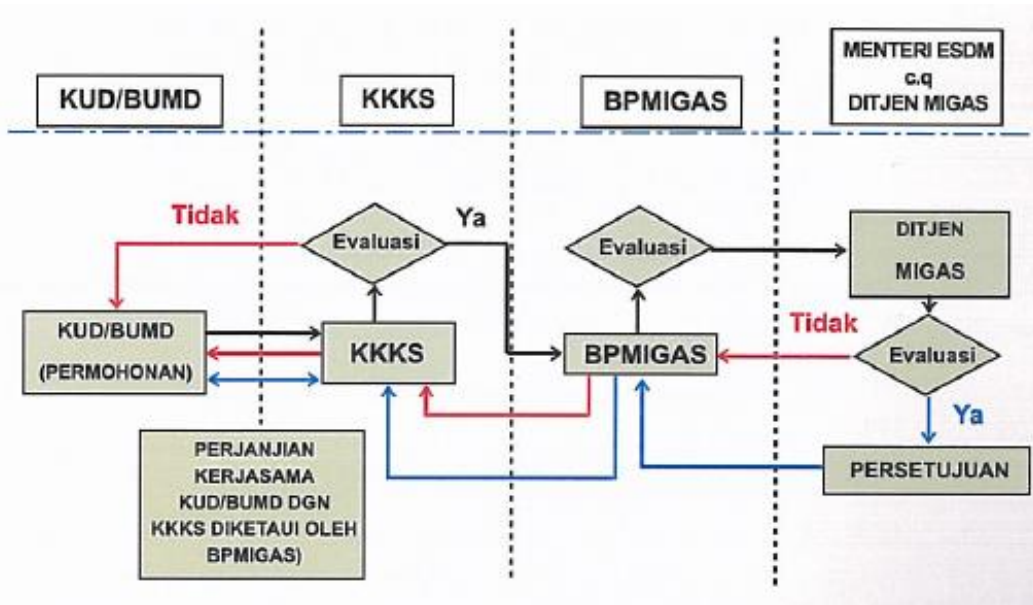
1. Berdasarkan evaluasi potensi sumur tua di Lapangan Banyubang diperoleh reservoir yang potensi di kedalaman 200 – 260 meter.
2. Berdasarkan peta dan produksi Belanda lapangan Banyubang masih mempunyai prospek untuk direaktivasi dan diproduksi.
3. Penggunaa RIG ESP ini dapat menjadi suatu solusi untuk pengusahaan sumur tua secara efektif dan efisien.

Sedangkan untuk teknologi RIG ESP ini diharapkan dapat menjadi suatu solusi untuk pengusahaan sumur tua.

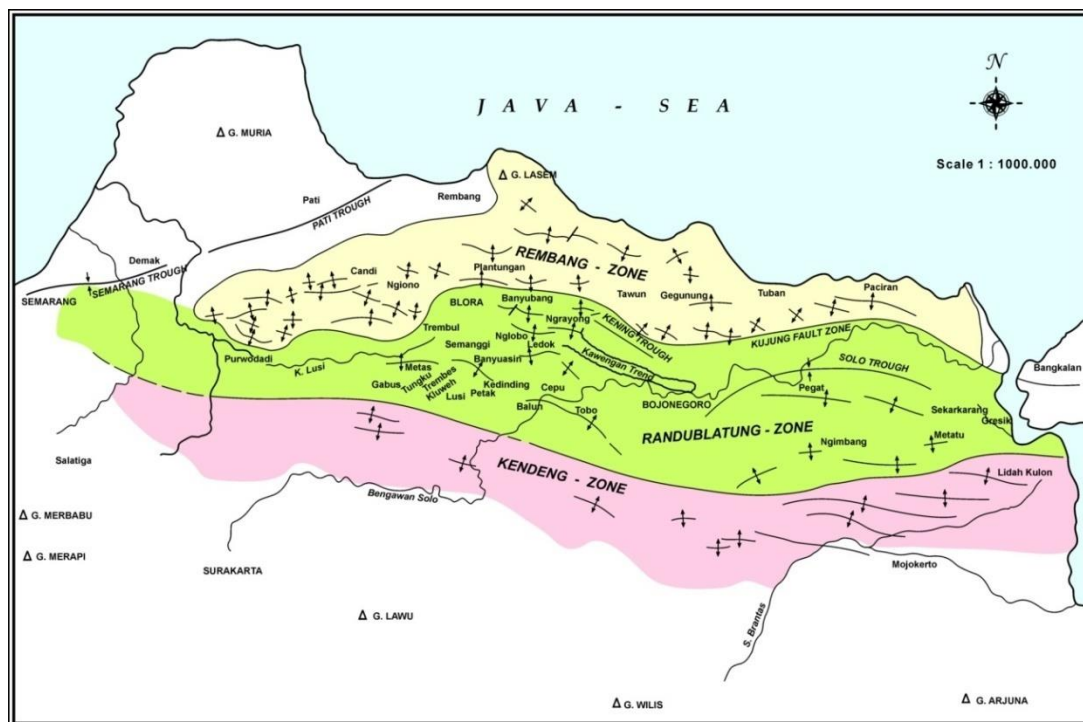
REFERENSI

- Awang, H.S., *Oligo Miocene Reefs : East Java's Giant Field*, Jakarta. IPA, 1989, Oil & Gas Fields Atlas North East Java, Jakarta, 2002.
- Brennan MJ and Schwartz E.1985. Evaluating natural resources investments. *Journal of Business*, 58(2): 135-157.
- Chermak JM and Patrick RH, A Well-based cost function and the economics of exhaustible resources : The Case of Natural Gas. *Journal of Environmental Economics and Management*, 28:174-189.
- Heru Prayitno S, "Re-produksi Sumur-Sumur Tua di Wilayah Cepu dan Sekitarnya Sebagai Upaya Meningkatkan Produksi Minyak Nasional" Simposium dan Kongres IX IATMI 2006 Jakarta.
- Heru Prayitno S, Dokumentasi Pengelolaan Sumur-sumur Tua Wilayah Cepu Dan Sekitarnya, 2003-2008
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, nomor 01 tahun 2008 tentang pedoman pengusahaan pertambangan minyak bumi pada sumur tua.
- Team Eksplorasi., Kajian Daerah Prospek Usaha Hulu Migas Di Kabupaten Blora, PPPTMGB "Lemigas", Jakarta, 2003.

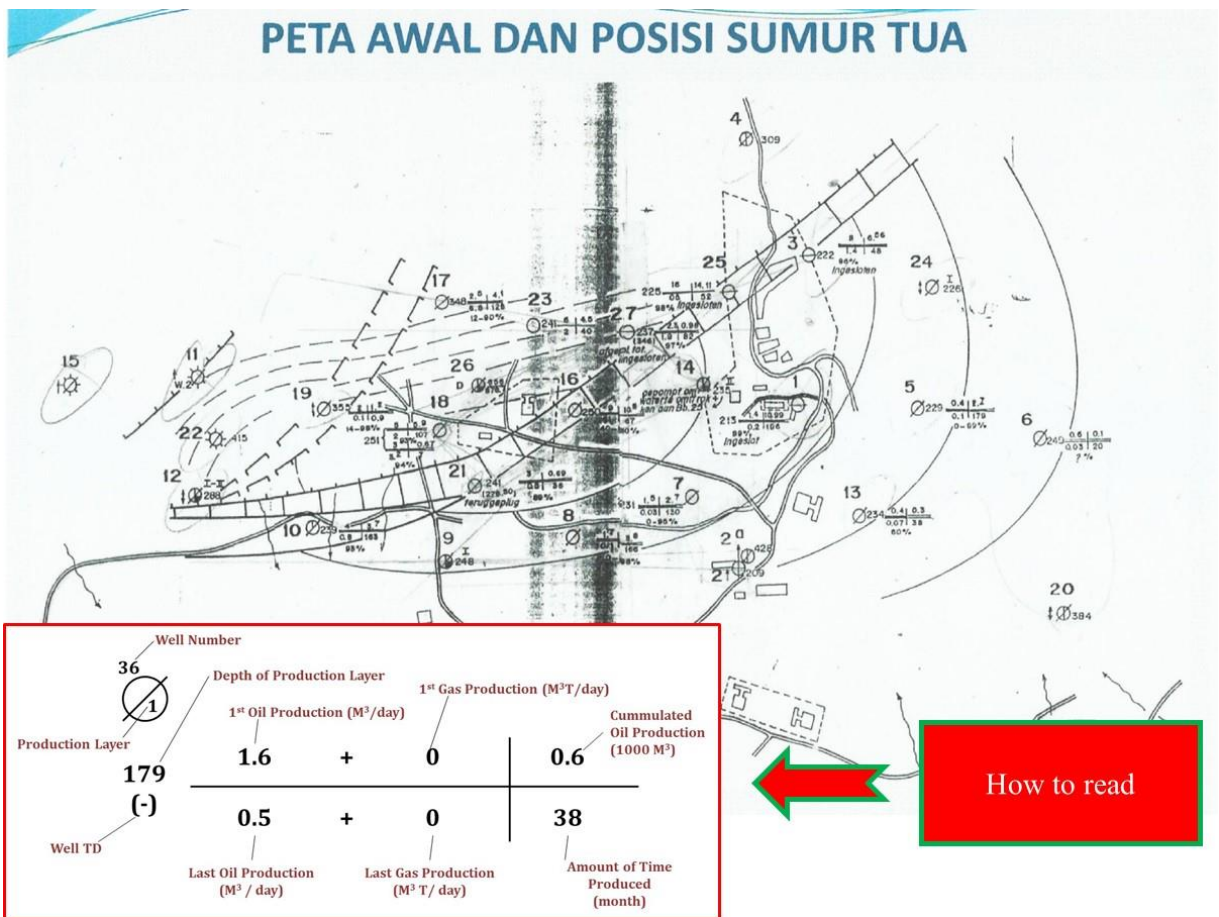
Lampiran



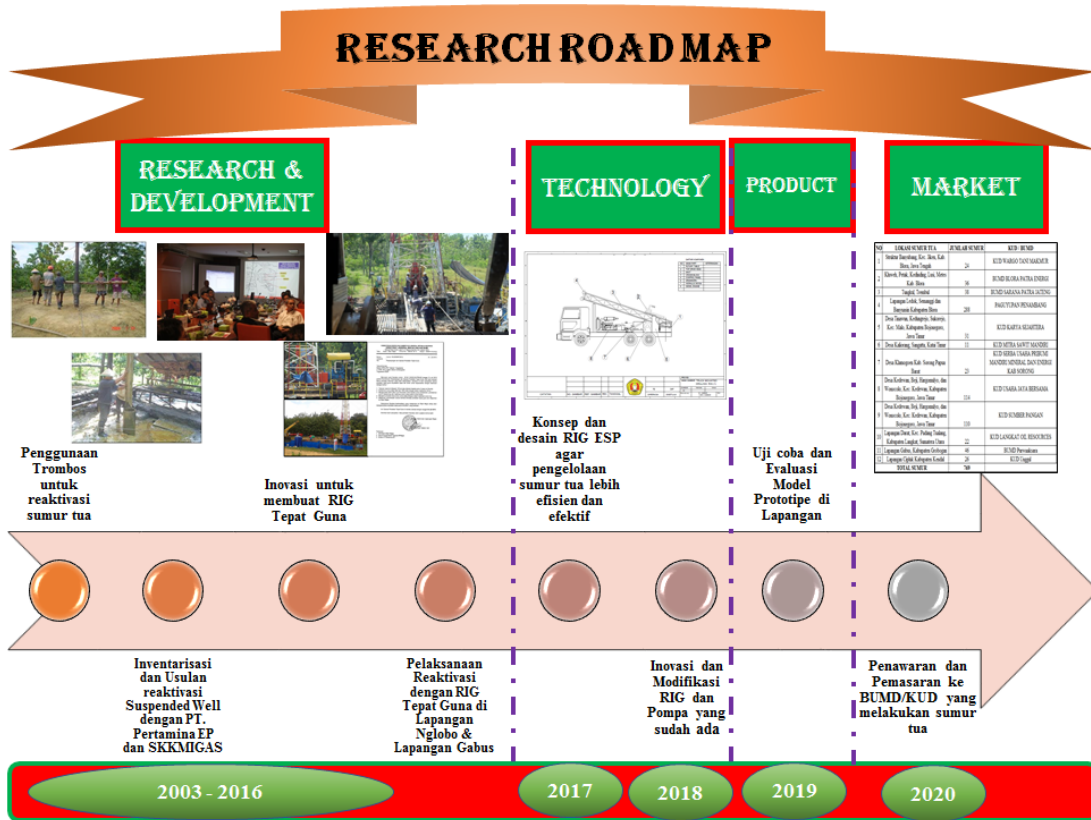
Gambar 1. Bagan Alir Permohonan Pengusahaan Pertambangan Minyak Bumi Pada Sumur Tua Berdasarkan Permen 01/2008



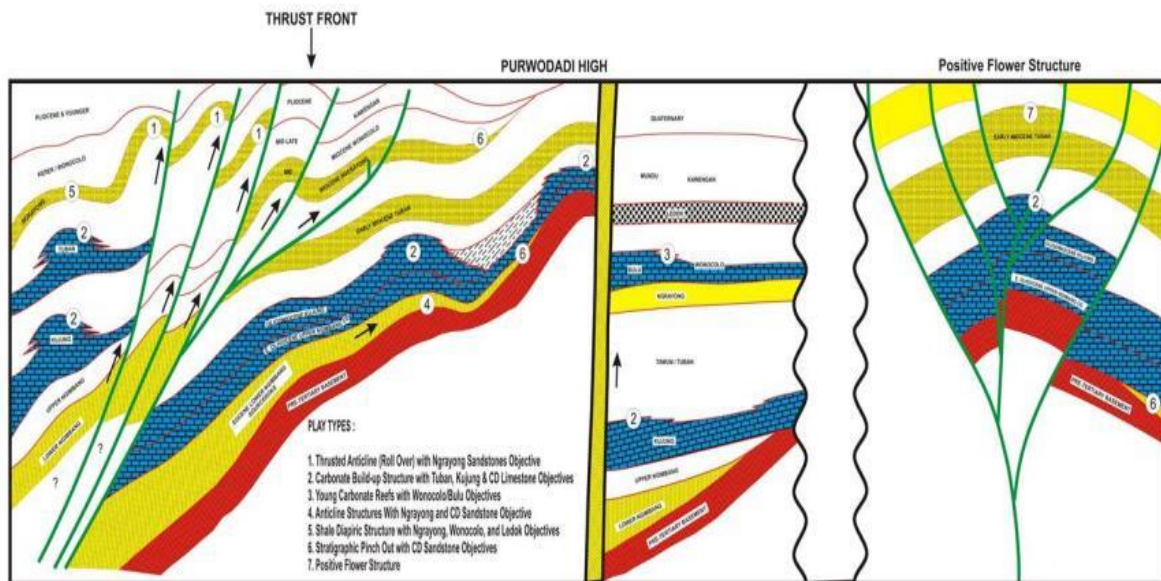
Gambar 2. Fisiso tektonostratigrafi cekungan Jawa Timur Utara (Sabardi, 1991)



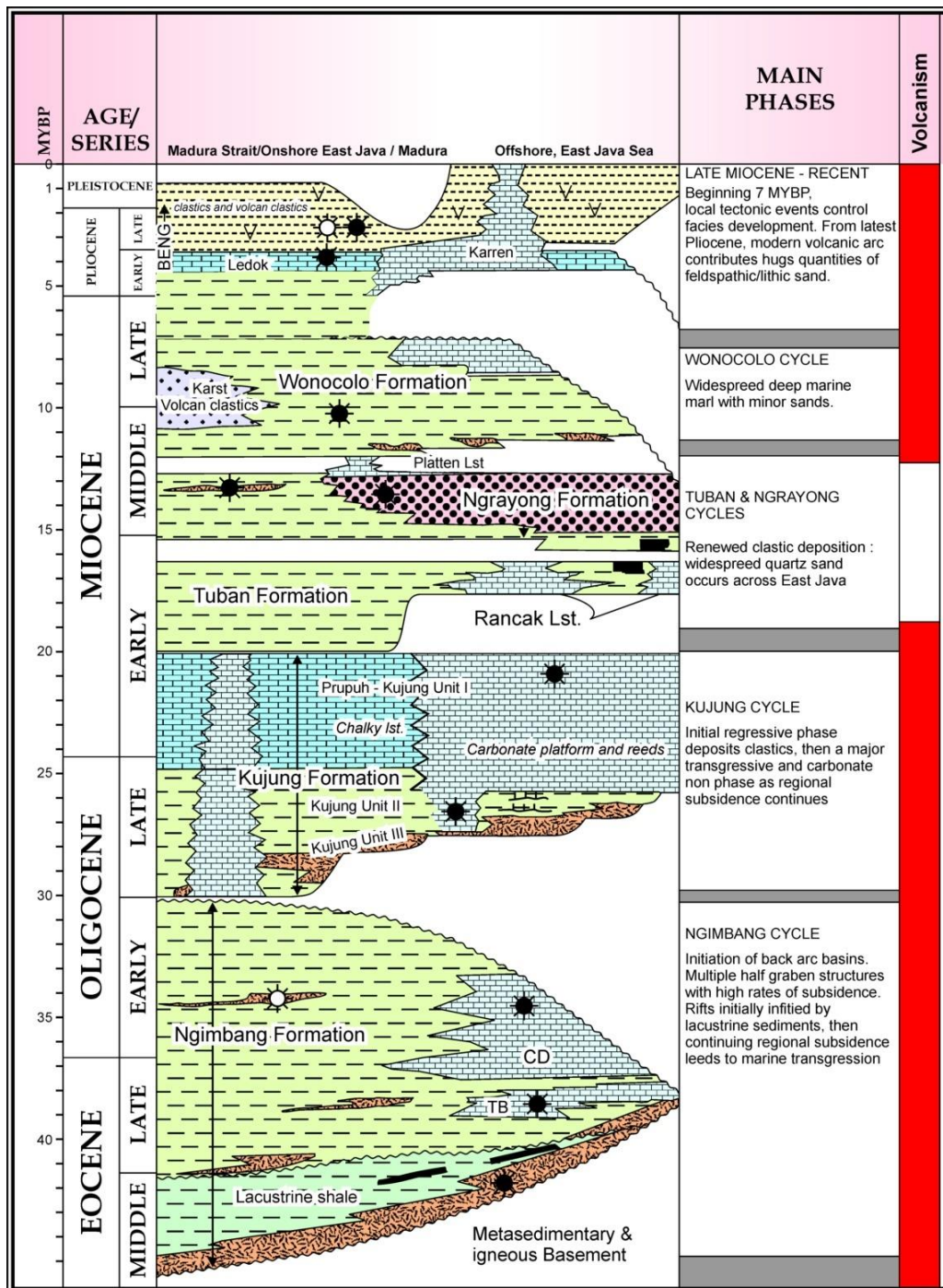
Gambar 3. Cara Pembacaan Peta Produksi Belanda



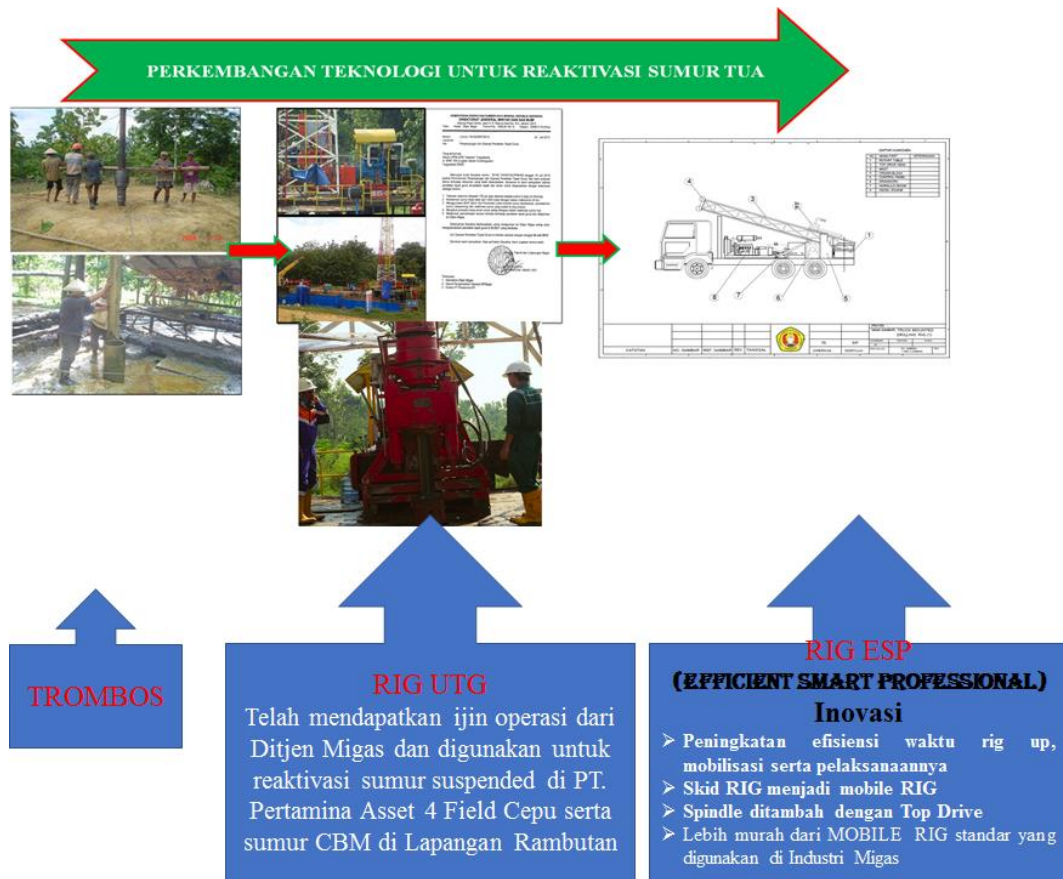
Gambar 4. Research road map RIG ESP



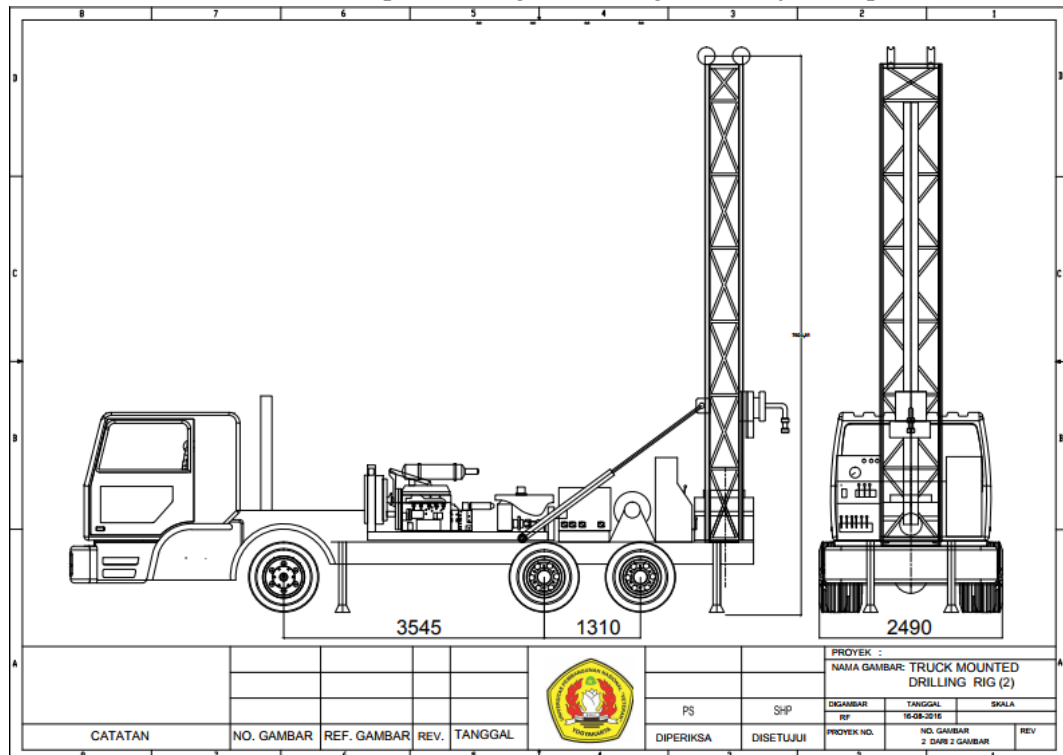
Gambar 5. Pemisahan struktur antiklin dalam sistem pemerangkapan hidrokarbon



Gambar 6. Urutan stratigrafi Regional Jawa Timur Utara



Gambar 7. Proses perkembangan teknologi ini ditunjukkan pada



Gambar 8 Desain RIG ESP



Gambar 9. Maket RIG ESP

Disain Deteksi dan Peringatan Dini Kawasan Rawan Bencana Tanah Longsor Menggunakan Internet of Thing (IoT)

Awang Hendriato Pratomo¹, Suharsono², Bambang Pratistho³, Dessyanto Boedi Prasetyo¹, Yudha Agung Pratama², Basuki Purnawan³

¹) Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik Industri, UPN “Veteran” Yogyakarta

²) Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta

³) Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta

awang@upnyk.ac.id, suharsono@upnyk.ac.id, bambangpratistho@upnyk.ac.id,
dess95@gmail.com, yudhaagungpratama@gmail.com, ukie_0209@yahoo.com

ABSTRAK

Bencana tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering menimbulkan banyak korban jiwa dan kerugian material yang besar. Bencana alam tanah longsor terjadi disebabkan oleh pola pemanfaatan lahan yang tidak mengikuti kaidah kelestarian lingkungan, seperti gundulnya hutan akibat deforestasi, dan perubahan fungsi hutan menjadi lahan pertanian dan permukiman di lahan yang berada di lereng yang terjal. Pemantauan dan pemetaan kawasan rawan bencana tanah longsor dilaksanakan untuk memperoleh penggambaran lokasi yang sulit dijangkau serta memetakan koordinat yang tepat untuk mengetahui kawasan rawan bencana tanah longsor. Dalam hal ini Internet of Things memiliki peranan penting, penggunaan Internet of Things dalam pemantauan kawasan rawan bencana tanah longsor akan menghemat waktu. Internet of Things memiliki kemampuan untuk memantau kawasan bencana tanah longsor secara real time. Internet of Things memiliki kelebihan yang lebih besar hal ini disebabkan kemampuan Internet of Things untuk mengintegrasikan berbagai jenis sensor yang terhubung melalui jaringan internet. Pemilihan Internet of Things berdasarkan atas kebutuhan akan sistem yang lincah untuk melakukan updating data serta pengawasan yang terus menerus. Perumusan topik penelitian bidang Mitigasi bencana alam dan Peningkatan sistem informasi kebencanaan untuk peringatan dini dan deteksi dini yang efektif.

1. PENDAHULUAN

Bencana tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering menimbulkan banyak korban jiwa dan kerugian material yang sangat besar, seperti rusaknya lahan pertanian, permukiman, sarana dan prasarana fisik. Bencana alam tanah longsor dapat terjadi karena pola pemanfaatan lahan yang tidak mengikuti kaidah kelestarian lingkungan, seperti gundulnya hutan akibat deforestasi, dan konversi hutan menjadi lahan pertanian dan permukiman di lahan berkemiringan lereng yang terjal. Bencana tanah longsor telah kerap kali terjadi di Kabupaten Sleman, tanah longsor sering terjadi saat musim hujan. Pada Desember 2014 terjadi tanah longsor di Dusun Karang Sari hingga menyebabkan 1 orang tewas, dan pada Februari 2015 juga terjadi tanah longsor di Dusun Hargomulyo hingga menyebabkan 1 rumah rusak parah karena tertimbun tanah longsor (Harian Jogja, 2015).

Tanah longsor kerap disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi dan banyaknya kawasan hutan gundul yang menyebabkan air hujan tidak bisa terserap pada kawasan

tersebut (Iswanto et al, 2009). Sehingga jatuh membawa material bukit. Kejadian longsordisebabkan oleh ketidakstabilan lahan yang diakibatkan umumnya oleh ulah manusia (Suryono 2008; Widiyatmoko et al, 2010). Ketidakstabilan lahan terjadi karena dua hal, pertama hilangnya tumbuhan atau pohon-pohon didataran tinggi yang memiliki fungsi mengikat butir-butir tanah sekaligus menjaga pori-pori tanah dibawahnya sehingga infiltrasi air hujan berjalan lancar (Widiyatmoko et al, 2010). Kedua, akibat eksploitasi lahan miring yang tidak tepat misal pembangunan pemukiman dengan memotong tebing atau pengambilan tanah atau pasir di daerah bawah yang berlebihan. Kedua hal penyebab longsor tersebut dipacu oleh adanya hujan lebat yang datang tiba-tiba, sehingga tanah tidak mampu lagi menahan hantaman air hujan dan tergelincir kebawah (Suryono 2008; Widiyatmoko et al, 2010).

Dalam upaya untuk memantau kawasan rawan bencana tanah longsor merupakan satu kebutuhan yang utama (Novianta 2011). Pemantauan dan pemetaan dilaksanakan untuk memperoleh penggambaran secara visual tempat-tempat yang sulit dijangkau serta memetakan koordinat yang tepat untuk mengetahui daerah rawan bencana tanah longsor. Dalam hal ini Internet of Things mengambil peranan penting, penggunaan Internet of Things dalam operasi pemetaan dan pemantauan kawasan rawan bencana tanah longsor akan menghemat waktu.

Internet of Things memiliki kemampuan untuk memantau kawasan bencana tanah longsor secara real time. Internet of Things dirancang dengan menggunakan mikroprosesor untuk memberikan informasi pergerakan tanah, curah hujan, resapan air tanah pada kawasan bencana tanah longsor tanpa ada kendali manusia (Autonomous). Internet of Things dilengkapi dengan berbagai sensor yang dapat memantau pergerakan tanah dan menggambarkan keadaan tanah secara *realtime* (Bergen et al, 2009; Lu et al 2012; Bergen et al, 2009). Pemasangan sensor-sensor khusus pada tempat yang berbahaya tidak mungkin dapat dilaksanakan pada kawasan rawan bencana diperlukan untuk pemerolehan data secara realtime pada daerah yang tidak dapat dijangkau manusia (Pounds et al, 2004; Gurdan. Etal, 2007).

2. TINJAUAN LITERATUR

2.1. Bencana Tanah Longsor

Longsor merupakan suatu gerakan tanah pada lereng. Dimana gerakan tanah merupakan suatu gerakan menuruni lereng oleh massa tanah atau batuan penyusun lereng, akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Jika massa yang bergerak ini didominasi oleh massa tanah dan gerakannya melalui suatu bidang pada lereng, baik berupa bidang miring atau lengkung, maka proses pergerakannya disebut sebagai longsoran tanah.

Potensi terjadinya gerakan tanah pada lereng tergantung pada kondisi batuan dan tanah penyusunnya, struktur geologi, curah hujan dan penggunaan lahan. Tanah longsor umumnya terjadi pada musim hujan, dengan curah hujan rata-rata bulanan > 400 mm/bulan. Tanah yang bertekstur kasar akan lebih rawan longsor bila dibandingkan dengan tanah yang bertekstur halus (liat), karena tanah yang bertekstur kasar mempunyai kohesi agregat tanah yang rendah. Jangkauan akar tanaman dapat mempengaruhi tingkat kerawanan longsor, sehubungan dengan hal tersebut wilayah tanaman pangan semusim akan lebih rawan longsor bila dibandingkan dengan tanaman tahunan.

Berdasarkan beberapa pola terjadinya longsor yang terjadi, beberapa faktor yang menjadi penyebab utama terjadinya longsor adalah curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah, perubahan penutup lahan. Tetapi dalam hal ini tidak menutup kemungkinan bahwa adanya faktor-faktor lain yang menyebabkan terjadinya longsor. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing faktor:

2.1.1. Curah Hujan

Ancaman tanah longsor biasanya dimulai pada bulan November karena meningkatnya intensitas curah hujan. Hujan lebat pada awal musim dapat menimbulkan longsor, karena tanah yang merekah air akan masuk dan terakumulasi di bagian dasar lereng, sehingga menimbulkan

gerakan lateral.

2.1.2. Kemiringan Lereng

Kemiringan dan panjang lereng adalah dua unsur topografi yang paling berpengaruh terhadap aliran permukaan dan erosi. Kemiringan lereng dinyatakan dalam derajat atau persen. Kecuraman lereng 100 persen sama dengan kecuraman 45 derajat. Selain memperbesar jumlah aliran permukaan, makin curam lereng juga memperbesar kecepatan aliran permukaan, dengan demikian memperbesar energi angkut air.

Klasifikasi kemiringan lereng untuk pemetaan ancaman tanah longsor dibagi dalam lima kriteria diantaranya : lereng datar dengan kemiringan 0-8%, landai berombak sampai bergelombang dengan kemiringan 8-15%, Agak curam berbukit dengan kemiringan 15-25%, curam sampai dengan sangat curam dengan kemiringan 25-40%, sangat curam sampai dengan terjal dengan kemiringan >40%. Wilayah dengan kemiringan lereng antara 0% - 15% akan stabil terhadap kemungkinan longsor, sedangkan di atas 15% potensi untuk terjadi longsor pada kawasan rawan gempa bumi akan semakin besar (BPBD Sleman Kab, 2011).

2.1.3. Jenis Tanah

Jenis tanah yang kurang padat adalah tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 m dan sudut lereng lebih dari 22 derajat. Tanah jenis ini memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan.

2.1.4. Perubahan Penutup Lahan

Penggunaan lahan (land use) adalah setiap bentuk intervensi manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik material maupun spiritual. Penggunaan lahan merupakan hasil interaksi antara aktivitas manusia dengan lingkungan alami. Tanaman yang menutupi lereng bisa mempunyai efek penstabilan yang negatif maupun positif. Akar bisa mengurangi larinya air atas dan meningkatkan kohesi tanah, atau sebaliknya bisa memperlebar keretakan dalam permukaan batuan dan meningkatkan peresapan.

Penggunaan lahan seperti persawahan maupun tegalan dan semak belukar, terutama pada daerah-daerah yang mempunyai kemiringan lahan terjal umumnya sering terjadi tanah longsor. Minimnya penutupan permukaan tanah dan vegetasi, sehingga perakaran sebagai pengikat tanah menjadi berkurang dan mempermudah tanah menjadi retak-retak pada musim kemarau. Pada musim penghujan air akan mudah meresap kedalam lapisan tanah melalui retakan tersebut dan dapat menyebabkan lapisan tanah menjadi jenuh air. Hal demikian cepat atau lambat akan mengakibatkan terjadinya longsor atau gerakan tanah.

2.2. Teknologi Informasi dan IOT

Perubahan lingkungan dapat disebabkan oleh perubahan keadaan lingkungan (Pratomo *et al.*, 2010). Perubahan lingkungan dapat mempengaruhi dalam perolehan informasi sehingga dapat menyebabkan kesalahan dalam melakukan tindakan. Tindakan yang dilakukan akan mempengaruhi hasil yang diperolehnya. Hasil perolehan dan pengolahan data yang baik setidaknya memerlukan berbagai kolaborasi dari peralatan dan sensor yang otomatis. Kolaborasi dalam proses akan melibatkan beberapa agen-agen yang memiliki algoritma khusus sehingga dapat saling bekerjasama untuk menyelesaikan setiap pekerjaan yang diberikan (Pratomo *et al.*, 2011). Sistem Internet of Things berbasis otonomus agen dapat memberikan pengaruh yang besar dalam otomatisasi proses. Hal ini disebabkan karena dengan penerapan teknologi cerdas dalam proses pengumpulan dan pengolahan data dapat mengurangi biaya dan mempercepat proses mitigasi bencana.

2.2.1. IOT

IOT (Internet of Things) sudah mulai digunakan oleh sebagian kalangan atau pengembang teknologi karena *IOT* memiliki kelebihan yaitu dapat mentransfer data melalui jaringan dan tanpa adanya interaksi dengan manusia (Sung. *et al.*, 2015). Karena kelebihannya tersebut, *IOT* mulai

dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan disekitar lingkungan (Sung. et al, 2015).

Menurut analisa McKinsey Global Institute, internet of things adalah sebuah teknologi yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara mandiri. Internet of things adalah suatu keadaan ketika objek memiliki suatu identitas sehingga dapat beroperasi secara cerdas, dan bisa berkomunikasi dengan lingkungan dan penggunanya. Dapat disimpulkan bahwa internet of things dapat membuat suatu interkoneksi antara mesin dengan mesin, sehingga mesin-mesin tersebut dapat berinteraksi dan bekerja secara mandiri sesuai dengan data yang diperoleh(Sung. et al, 2015).

2.2.2. Cloud Computing

Menurut Yudi (2011), *cloud computing* adalah gabungan pemanfaatan teknologi komputer (*computing*) dan pengembangan aplikasi berbasis internet (*cloud*). Awan (*cloud*) adalah metafora dari internet yang sering digambarkan di diagram jaringan komputer. Komputasi awan (*Cloud Computing*) memiliki suatu konsep umum teknologi terbaru yang dikenal luas mencakup SaaS (*System as a Service*).

Menurut Miller (2008) *Cloud Computing* adalah sebuah pengembangan paradigma baru dalam dunia IT mengenai pemberian layanan komputasi (*IT service*) dengan layanan *pas-as-you-go* melalui media internet. *Cloud* dapat digambarkan sebagai *remote, environment* dan penyembunyian kompleksitas. Terdapat beberapa jenis layanan dalam *cloud computing*, SaaS(*System as a Service*), PaaS (*Platform as a Service*) dan IaaS (*Infrastructur as a Service*).Layanan utama yang disediakan oleh *cloud computing* dibagi menjadi 3 bagian, diantaranya (Balboni, 2009):

1. IaaS (*Infrastructure as a Service*), merupakan kemampuan dalam menetapkan ketersediaan perangkat keras kepada konsumen meliputi: *processing, storage, networks dan other fundamental computing resource*. Termasuk sistem operasi dan aplikasi-aplikasi.
2. PaaS (*Platform as a Service*), yaitu kemampuan dalam menyediakan layanan kepada konsumen untuk dapat membangun aplikasi yang mendukung kedalam infrastruktur *cloud computing* dengan menggunakan bahasa pemrograman sehingga aplikasi tersebut dapat berjalan pada platform yang telah disediakan.
3. SaaS (*Software as a service*), kemampuan dalam menyediakan layanan yang ditujukan kepada konsumen untuk dapat menjalankan aplikasi di atas infrastruktur *cloud computing* yang telah disediakan.

SaaS (*System as a Service*) merupakan layanan yang terlebih dahulu banyak digunakan dengan sistem *pay per use*, kelemahan dalam SaaS (*System as a Service*) terletak pada fitur yang digunakan masih tergolong fitur yang bersifat umum. PaaS (*Platform as a Service*) layanan yang diberikan berupa modul siap pakai yang dapat dengan langsung digunakan untuk pengembangan aplikasi, kendala dalam penggunaan PaaS (*Platform as a Service*) terdapat pada keterbatasan akses pengguna terhadap sumber daya *memory, storage* dan *processing power*. IaaS (*Infrastructur as a Service*) adalah salah satu layanan pada *cloud computing* yang menyediakan layanan yang bersifat menyewakan sumberdaya teknologi dasar berupa media penyimpanan, sistem operasi, memori, kapasitas jaringan yang dapat digunakan pengguna dalam menjalankan aplikasinya.

2.2.3. Geographic Information System (GIS)

Geographic Information System (GIS) adalah suatu sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data yang bereferensi spasial atau berkoordinat geografi atau dengan kata lain suatu GIS adalah suatu sistem basis data dengan kemampuan khusus untuk menangani data yang bereferensi keruangan (spasial) bersamaan dengan seperangkat operasi kerja (Barus dan Wiradisastra, 2000). Sedangkan menurut Prahasta (2002) Sistem Informasi geografi adalah suatu

sistem Informasi yang dapat memadukan antara data grafis (spasial) dengan data teks (atribut) objek yang dihubungkan secara geografis di bumi (georeference). Di samping itu, GIS juga dapat menggabungkan data, mengatur data dan melakukan analisis data yang akhirnya akan menghasilkan keluaran yang dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan pada masalah yang berhubungan dengan geografi.

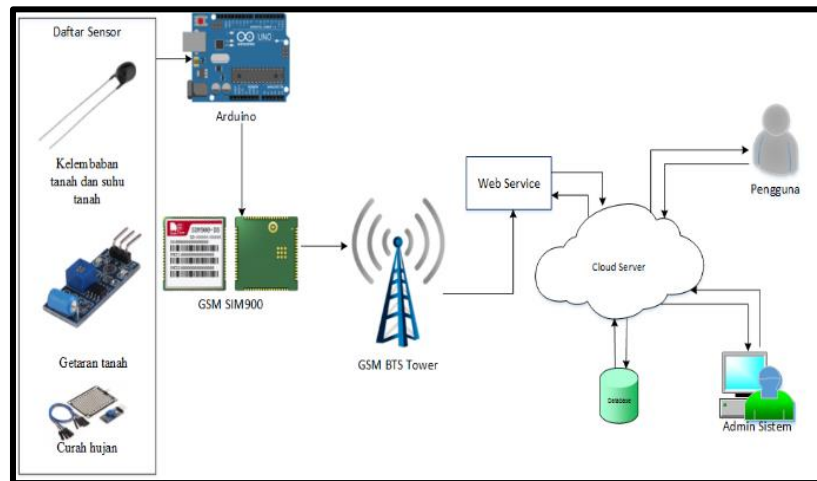
Sistem Informasi Geografis dibagi menjadi dua kelompok yaitu sistem manual (analog), dan sistem otomatis (yang berbasis digital komputer). Perbedaan yang paling mendasar terletak pada cara pengelolaannya. Sistem Informasi manual biasanya menggabungkan beberapa data seperti peta, lembar transparansi untuk tumpang susun (overlay), foto udara, laporan statistik dan laporan survey lapangan. Kesemua data tersebut dikompilasi dan dianalisis secara manual dengan alat tanpa komputer. Sedangkan Sistem Informasi Geografis otomatis telah menggunakan komputer sebagai sistem pengolah data melalui proses digitasi. Sumber data digital dapat berupa citra satelit atau foto udara digital serta foto udara yang terdigitasi. Data lain dapat berupa peta dasar terdigitasi.

3. METODOLOGI PENELITIAN

- a. Studi Pustaka.
Mempelajari buku, artikel dan situs internet serta referensi lain yang terkait dengan Pembuatan Aplikasi SIG untuk pemetaan wilayah rawan longsor di Kabupaten Sleman.
- b. *Survey / Observasi*
Mungumpulkan data dengan cara pengamatan langsung terhadap semua kebutuhan yang diperlukan pada obyek penelitian, tidak terkecuali hardware, software dan brainware yang mendukung Pembuatan sistem pemantauan, pengawasan, dan pemetaan kawasan rawan bencana tanah longsor di Kabupaten Sleman.
- c. *Wawancara / Interview*
Melakukan tanya jawab secara langsung dengan warga sekitar di berbagai wilayah di Kabupaten Sleman, terkait bencana tanah longsor yang, baik yang sudah maupun belum pernah, tertimpa bencana tanah longsor.
- d. *Dokumentasi / Kearsipan*
Melakukan dokumentasi rencana kerja, dokumentasi kegiatan yang dikerjakan, dokumentasi hasil kerja (yang berhasil maupun gagal), dokumentasi hasil akhir bentuk dalam laporan ataupun aplikasi yang siap digunakan.

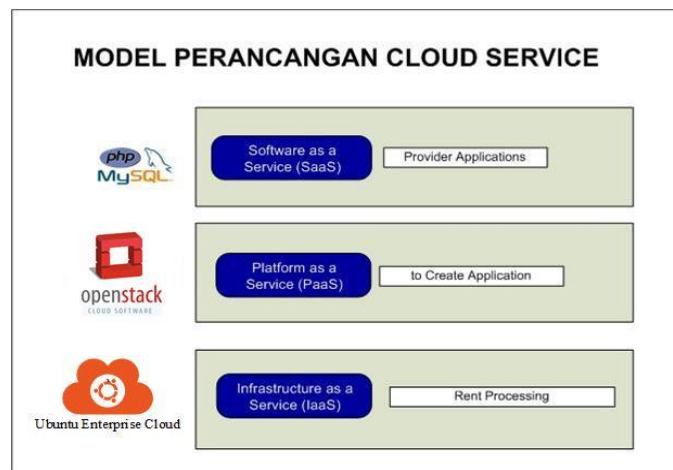
3.1. Perancangan Arsitektur Sistem

Perancangan arsitektur sistem yang dibangun terdiri dari beberapa entitas yaitu pengguna yang dapat mengakses sistem untuk mengakses informasi lokasi yang berisi data iklim berupa chart dan data detail dapat dicetak oleh pengguna. Sistem pengawasan dan peringatan dini banjir pada gua ini akan memberikan informasi secara akurat kepada pengguna mengenai keadaan curah hujan dan iklim pada suatu lokasi. Data yang didapatkan dari alat akan dikirimkan melalui cloud, alat sebelumnya akan didaftarkan oleh admin, satu alat berada pada satu lokasi untuk memberikan informasi mengenai curah hujan, suhu, dan kelembaban dalam gua sebagai acuan dalam penentuan kondisi didalam gua, adapun perancangan sistem yang akan dibangun tampak seperti pada gambar 3.2 berikut.



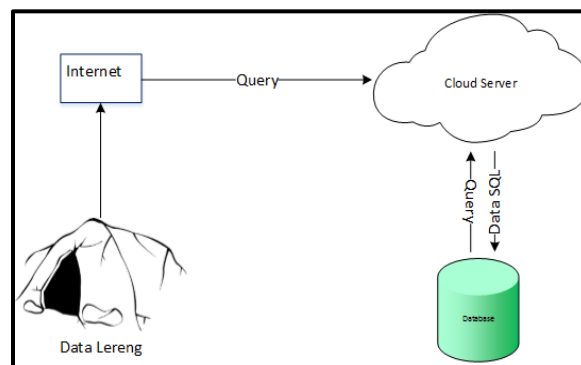
Gambar 1 Arsitektur Sistem dengan Alat

3.2. Perancangan Cloud Service



Gambar 2 IaaS Paas Saas Cloud

Penelitian ini menggunakan fasilitas *cloud* sebagai media yang digunakan untuk tempat ditanamkannya server. Dalam penelitian yang dilakukan terdapat infrastruktur yang digunakan untuk pembuatan sistem menggunakan teknologi *cloud*. Infrastruktur digunakan sebagai tempat untuk memproses sistem yang dibuat. Adapun perancangan pengiriman data kedalam database yang berada di cloud server tampak pada gambar 3 berikut.

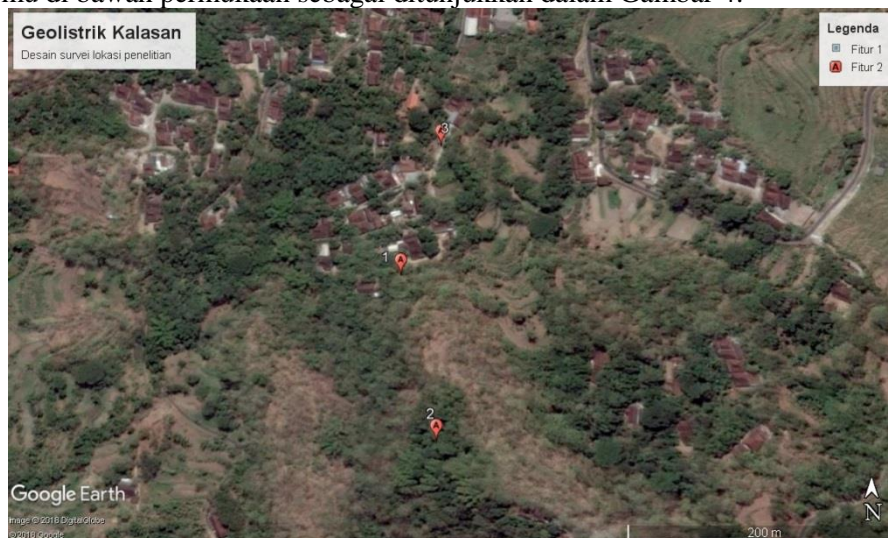


Gambar 3 Perancangan data ke *Cloud server*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemetaan dan Analisis lapisan tanah

Pengambilan data dilakukan dengan mengambil data sebanyak 3 lintasan yang memotong arah longoran. Masing-masing panjang lintasan 100 m didukung dengan data lapangan berupa data keadaan litologi, geomorfologi, struktur geologi, dan stratigrafi. Untuk menghasilkan gambaran lapisan bawah permukaan dapat dengan cara menggabungkan hasil pengolahan data titik sounding pada masing-masing setiap ketiga lintasan. sehingga menghasilkan penampang lintang semu di bawah permukaan sebagai ditunjukkan dalam Gambar 4.



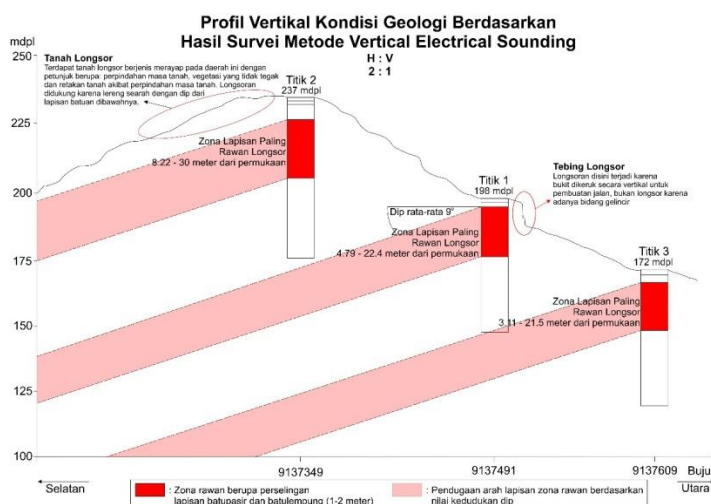
Gambar 4. Peta Lokasi pengukuran Geo listrik

Dari gambar penampang lapisan bawah permukaan pada gambar di atas, dapat dibuat hasil interpretasi Dengan mengkorelasikan pada setiap lintasan secara berurut. Dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan kedalaman, dan struktur pada setiap jenis lapisan di bawah permukaan tanah. Perbedaan kedalaman dan struktur pada setiap jenis lapisan akan mempermudah untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya longsor pada zona lemah berpotensi longsor serta memberikan informasi keadaan litologi dibawah permukaan tanah. Hasil interpretasi dapat ditunjukkan pada Table 1 berikut :

Tabel 1. Tabel resistivitas berdasarkan beberapa jenis Batuan

Resistivitas (Ωm)	Jenis Batuan	Kedalaman	
		Lintasan 1 (m)	Lintasan 2 (m)
1,5 – 3	Tanah lempungan, basah lembek	1,5 – 3	1,5 – 3
3 – 15	Lempung Kelanauan & tanah basah lembek	3 – 15	3 – 15
15 – 50	Tanah lanauan	15 – 50	15 – 50
2 – 20	Lempung	2 – 20	2 – 20
100 – 300	Batu lempung	100 – 300	100 – 300

Dari hasil interpretasi pada lintasan 1, lintasan 2 dan lintasan 3. Menghasilkan penampang lapisan bawah permukaan pada lintasan1, 2 dan 3 di tunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Hasil analisis geolistrik lapisan bawah permukaan

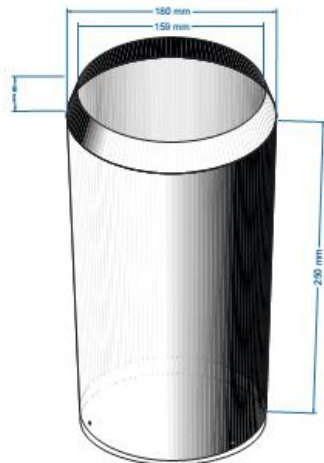
Berdasarkan hasil interpretasi dan penampang lapisan bawah permukaan lintasan 1, lintasan 2 dan lintasan 3, maka dapat dikatakan bahwa bidang gelincir terletak pada lapisan batupasir lempung. Lapisan batupasir lempung memiliki porositas 10 – 20 % dan permeabilitas sebesar 0,83 – 12,92 cm/jam sehingga dapat berperan menjadi lapisan kedap air.

Berbeda dengan lapisan lempung kelanauan dan lapisan lanauan yang merupakan jenis tanah tidak kompak, (lemah) hal ini disebabkan oleh pelapukan atau resapan air. Lapisan lempung kelanauan memiliki porositas sebesar 40 – 50% dan permeabilitas sebesar 0,0001 cm/jam dan lapisan lanau memiliki porositas sebesar 35 – 50% dan permeabilitas sebesar 0,0001 cm/jam sehingga sangat rentan jika terkena air. Lapisan lempung kelanauan dan lapisan lanau dapat menjadi material maupun pembawa material yang akan bergerak ke daerah yang lebih rendah, sedangkan lapisan batupasir lempung berperan sebagai bidang gelincir.

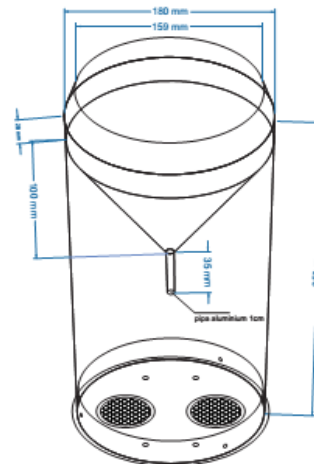
4.2. Perancangan Alat dan Sensor

4.2.1. Automatic Rain Recorder (ARR)

Tahap desain merupakan representasi dari tahap analisis yaitu berupa *blueprintsoftware* sebelum memulai proses pengkodeaan. Tahap desain ini membuat rancangan pembuat rancangan alat pemantau curah hujan otomatis menggunakan adruino dan juga memasukan parameter rumus perhitungan yang sudah didapatkan. Tahap ini bertujuan merancang dan mendesain sistem dalam memenuhi kebutuhan pengguna sistem. Pada gambar berikut ditunjukkan rancangan alat penampang hujan otomastis berbasis Aduino ditunjukkan dalam Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Rancangan Penampung Hujan Otomatis



Gambar 7. Rancangan Penampung Hujan Otomatis terlihat pada bagian dalam

Untuk menghitung besaran curah hujan dalam penelitian ini menggunakan metode *tipping bucket* besaran hujan yang masuk dihitung berdasarkan klik data pada *tipping bucket* tersebut. Gambar *tipping bucket* ditunjukkan dalam Gambar 3.4. berikut. *Tipping bucket* yang digunakan dengan resolusi pengukuran sebesar 1 mm. Terdapat dua faktor yang mempengaruhi dalam perancangan sebuah *tipping bucket*, yaitu luas bagian atas corong dan resolusi *tipping bucket* yang diinginkan. Sehingga resolusi *tipping bucket* dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 V &= L \times h \\
 &= \pi \times r^2 \times 1 \text{ mm} \\
 &= 3,14 \times (15,9 \text{ cm})^2 \times 0,1 \text{ cm} \\
 &= 3,14 \times 252,81 \text{ cm}^2 \times 0,1 \text{ cm} \\
 &= 793,7234 \text{ cm}^3 \\
 &= 793,7234 \text{ ml} = 0,07937234 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

Keluaran dari *tipping bucket* yang masih berupa gerakan mekanik diperlukan sensor yang gerakan yang berfungsi untuk mendeteksi gerakan dari pias *tipping bucket*. Pendeteksi gerakan dari *tipping bucket* dengan menggunakan optocoupler Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 8 berikut.

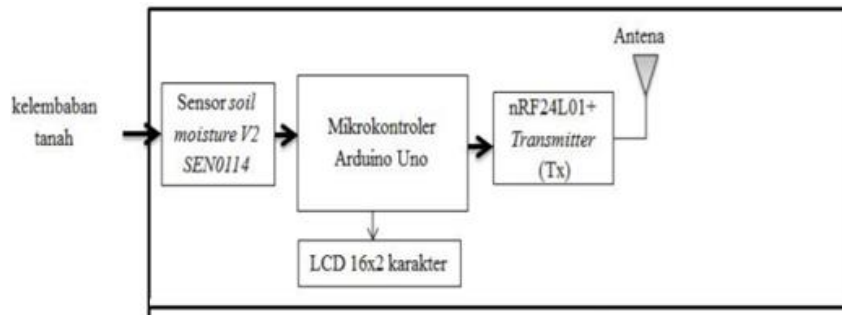


Gambar 8. Tipping Bucket yang digunakan dalam penelitian ini.

4.2.2. Sensor Kelembaban Tanah

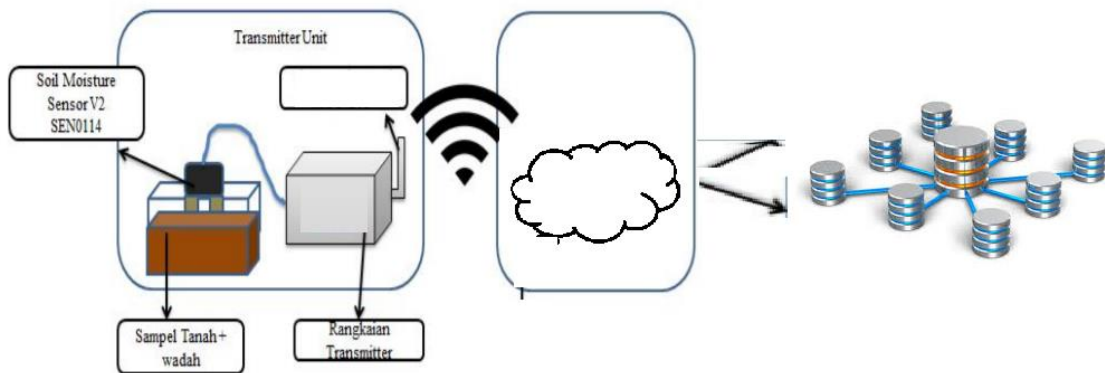
Rancangan alat monitoring kelembaban tanah menggunakan wireless sensor yang dilakukan meliputi perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Perangkat keras terdiri dari unit sensor kelembaban tanah dan transmitter menggunakan jaringan GSM. Setiap Unit dilengkapi oleh catu daya 9 V dc, Arduino Uno, nRF24L01+ PA+LNA yang dilengkapi oleh antena eksternal. Sensor kelembaban tanah V2 SEN0114 dipasang pada beberapa lapisan untuk membaca kelembaban tanah yang berada pada lapisan berbeda.

Diagram blok sistem rancangan sistem monitoring kelembaban tanah secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 9. Diagram blok sistem ini terdiri dari unit transmitter (Tx).



Gambar 9. Diagram blok sistem monitoring kelembaban tanah

Rancangan perangkat keras secara keseluruhan terdiri dari 1 unit transmitter. Unit transmitter dilengkapi oleh sensor soil moisture V2 SEN0114. Prinsip kerja dari rancangan sistem ini diawali dengan penginderaan besaran oleh sensor, dimana kelembaban pada tanah diindera oleh sensor soil moisture V2 SEN0114. Keluaran sistem sensor ini berupa tegangan analog yang kemudian akan diolah oleh port ADC pada Arduino Uno untuk mengubah tegangan analog tersebut ke tegangan digital. Selanjutnya, Arduino Uno akan memproses dan mengirimkan data ke cloud server. Modul nRF24L01+ pada bagian transmitter yang telah menerima data dari Arduino Uno akan mengirimkan data tersebut secara wireless melalui jaringan GSM untuk mengirimkan data ke cloud Server. Rancangan perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Rancangan perangkat keras sensor kelembaban tanah

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisis, perancangan, dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dihasilkan sebuah Internet of Thing (IOT) berbasis Teknologi Cloud Computing untuk diimplementasikan dalam pemantauan kawasan rawan bencana tanah longsor dengan

pemanfaatan beberapa sensor berupa sensor suhu tanah, kelembapan tanah, getaran tanah serta sensor pembaca curah hujan. Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini antara lain:

1. Menghasilkan prototipe teknologi Internet of Things (IOT) yang dapat digunakan untuk pemantauan kawasan rawan bencana tanah longsor yang mampu membantu masyarakat mengetahui kondisi lingkungannya.
2. Pengawasan dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa sensor seperti sensor suhu tanah, kelembapan tanah, getaran tanah dan curah hujan yang hasilnya dapat dioleh untuk menjadi system peringatan dini.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Ristek Dikti), Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta dalam dukungan fasilitas dan finansial melalui dana Penelitian Berbasis Kompetensi (PBK) No. 114/UN62.21/LT/IV/2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2008. Buku Metode Pemetaan Bencana Daerah Istimewa Yogyakarta. Pemerintahan Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta.
- A.B. Suriadi M. Arsjad dan Sri Hartini, 2014, *Analyses of the Landslides Potential Risk in Ciamis Regency and Banjar City, West Java, Majalah Ilmiah Globè Volume 16 No.: 165-172*
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Sleman. 2011-2012. Laporan Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana. Bappekab Sleman: DIY.
- Barus, B. & Wiradisastra, U.S. 2000. Sistem Informasi Geografi, Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Balboni, paoli., 2009, *Cloud computing for ehealth data protection issues. ENISA Working Group on Cloud Computing*
- Doma Madhan Setia Ardana, Taufik Hery Purwanto, Penentuan Jalur Evakuasi Dan Dampak Banjir Lahar Dingin Gunung Merapi Magelang, Jawa Tengah, Jurnal Bumi Indonesia, Volume 2, Nomor 2, Tahun 2013, 149 – 154.
- Defries, S.R.; Townshend, J.R.G. *NDVI-derived land cover classifications at a global scale. Int. J. Remote Sens.* 1994, 15, 3567–3586.
- F. Kusumo, A.S. Silitonga, H.H. Masjuki, Hwai Chyuan Ong, J. Siswanto, T.M.I. Mahlia, 2017, *Optimization of transesterification process for Ceiba pentandra oil: A comparative study between kernel-based extreme learning machine and artificial neural networks, Energy*, 134; 24-34
- Harian Jogja. 2015. Bukit Setinggi 70 Meter di Prambanan Longsor, Satu Keluarga Harus Mengungsi. Tanggal 10 Februari 2015. <http://www.soloposfm.com/2015/02/longsor-sleman-bukit-setinggi-70-meter-di-prambanan-longsor-satu-keluarga-harus-mengungsi/>
- Iswanto. Raharja, Nia Maharani. Subardono, Alif. 2009. Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis ATMEGA8535, Prosiding Seminar Nasional Informatika 2009. ISSN: 1979-2328.
- Lim, Kevin. Treitz, Paul. Wulder, Michael. St-Onge, Benoît. & Flood, Martin. 2003. LiDAR remote sensing of forest structure. Proc of Progress in Physical Geography. Vol 27. No 1.
- Miller, Michael, 2008. *Cloud Computing Web-Based Application That Change the Way You Work and Collaborate Online*, Que Publishing, Indianapolis, 9-30.
- Novianta, Muhammad Andang. 2011. Sistem Data Logger Telemetri Pergeseran Tanah Berbasis Mikrokontroler. Prosiding Simposium Nasional RAPI X FT UMS – 2011. ISSN : 1412-9612.
- Pratomo, A.H., Prabuwo, A.S., Zakaria, M.S., Abdullah, S.N.H.S., Omar K., & Nordin M.J.,

2011. Coordination Algorithm for Multi Robot Collaboration in Soccer Game, Published in Proceeding of the International Conference on Advanced Science, Engineering and Information Technology 2011, Bangi-Malaysia, Pp. 232 – 235.
- Pratomo, A.H., Zakaria, M.S., Prabuwo, A.S., and Liang, C.Y., 2013. Camera Calibration: Transformation Real-World Coordinates into Camera Coordinates Using Neural Network. Publish in Book Chapter FIRA 2013 RoboWorld Cup & Congress, LNCS Springer, K. Omar, M. Nordin, P. Vadakkepatet al, Springer Berlin Heidelberg. Pp. 345-360.
- Pratomo, A. H., Zakaria, M. S., Nasrudin, M. F., Prabuwo, A. S., Liang, C.-Y., & Azmi, I. (2015). Robust Camera Calibration for the MiroSot and the AndroSot Vision Systems Using Artificial Neural Networks. In Robot Intelligence Technology and Applications 3 (pp. 571–585). Springer.
- Qiao, G.; Wang, W.; Wu, B.; Liu, C.; Li, R. *Assessment of geo-positioning capability of high-resolution satellite imagery for densely populated high buildings in metropolitan areas*. Photogramm. Eng. Remote. Sens. 2010, 76, 923–934.
- Nasiah dan Ichsan Invanni, 2014. *Identification of Areas Prone to Landslides as Disaster Management Effors in Sinjai Regency*, Jurnal Sainsmat, Vol. III, No. 2, Halaman 109-121.
- Prahasta, Eddy. 2002. Sistem Informasi Geografis: Konsep-Konsep Dasar Informasi Geografis. Bandung: Informatika Bandung.
- Suryani, Thesa Adi. 2007. Analisis Komparatif Nilai Parameter Sismotektonik Dari Hubungan Magnitudo-Kumulatif dan Nonkumulatif untuk Jawa Timur Menggunakan Metode Kuadrat Terkecil dan Metode maksimum Likelihood dari Data BMG dan USGS Tahun 1973 - 2003. Skripsi S1 Jurusan Matematika Universitas Negeri Semarang : Semarang.
- Suryono. 2008. Rancang Bangun Sensor Pergeseran Tanah Digital. Jurnal Berkala Fisika. Vol 11 , No.4, Oktober 2008. ISSN : 1410 – 9662
- Wahyunto, H, 2010. *Kerawanan Longsor Lahan Pertanian*. Balai Penelitian Tanah: Bogor.
- Wakamiya, Y. (2012). New robot designed for use in high radiation environments, Retrieved Januari 01, 2015, from The Asahi Shimbun: <http://ajw.asahi.com/article/0311disaster/fukushima/AJ201212080010>
- Widiyatmoko, Bambang. Hanto, Dwi. dan Puranto, Prabowo. 2010. Pengembangan Sistem Pengukuran Gejala Fisis Longsor Sistem Elektronik dan Optik. Jurnal Berkala Fisika Vol 13. , No.2, Edisi khusus April 2010. ISSN : 1410 -9662.
- Yunarto, 2012, *Remote Sensing Technique And Geographic Information System For Mapping Movement Susceptibility Zones With Indirect Method At Kuningan Regency*, *Bulletin Of Environmental Geology*, Vol. 22 No. 2 Agustus 2012 : 75 - 86
- Yudi. 2011. Aplikasi Cloud Computing Untuk Mendukung Collaborative Research Pada Pembimbingan Tugas Akhir Di Jurusan Teknik Informatika FTI UII- 2011. Yogyakarta.
- W.-T. Sung, T.-H. Chuang, J.-H. Chen, and K.-Y. Chang, "IOT-type Cloud Online Real-Time Multi-Car Localization and Communication System," *2015 Int. Conf. Comput. Intell. Commun. Networks*, pp. 913–917, 2015.

***Trichoderma* sp. SEBAGAI PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN BAWANG MERAH DI LAHAN PASIR PANTAI**

Tuti Setyaningrum¹⁾, Didik Indradewa²⁾, Achmadi Priyatmojo²⁾, Endang Sulistyaningsih²⁾

¹⁾Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

²⁾Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

email: tutisetia18@yahoo.com

ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter fisiologis, pertumbuhan dan hasil berbagai kultivar bawang merah pada lahan pasir pantai. Merupakan percobaan faktorial yang terdiri atas dua faktor dan disusun dalam rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dalam tiga blok. Faktor pertama adalah kultivar bawang merah yang terdiri atas empat kultivar yaitu: K1 (Bauji), K2 (Tajuk), K3 (Manjounj) dan K4 (Bima Brebes). Faktor kedua adalah takaran bahan organik (pupuk kandang kotoran sapi), masing-masing adalah B0 (0 ton/ha), B1 (10 ton/ha), B2 (20 ton/ha) dan B3 (30 ton/ha). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang tidak meningkatkan pertumbuhan tanaman bawang merah, namun dapat meningkatkan hasil umbi. Sampai takaran 30 t/ha semakin tinggi takaran pupuk yang diberikan semakin tinggi hasil umbi. Pertumbuhan tanaman yang diinokulasi dengan *Trichoderma* sp., dan diberi pupuk kandang tidak berbeda antar kultivar.*

*Kata kunci: Bawang merah, *Trichoderma* sp., pupuk kandang*

PENDAHULUAN

Di antara tanaman budidaya, bawang merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*) merupakan salah satu komoditas hortikultura penting bagi masyarakat karena memiliki nilai ekonomis tinggi, baik ditinjau dari sisi pemenuhan konsumsi nasional, sumber penghasilan dan kesempatan kerja bagi petani yang memberikan kontribusi cukup tinggi terhadap perkembangan ekonomi suatu wilayah, maupun potensinya sebagai penghasil devisa negara (Rajiman, 2009; Iriani, 2013; Mukhlis dkk., 2012).

Bawang merah tergolong sayuran rempah yang banyak dikonsumsi manusia sebagai pelengkap bumbu masakan maupun bahan obat (Suriani, 2011, Irfan, 2013; Anonim, 2015a; Mukhlis *et al.*, 2012). Menurut *USDA Food Composition Databases*, bawang merah mengandung kalori 72, lemak total 0,1 g (0%), asam lemak jenuh 0g (0%), asam lemak tak jenuh tunggal 0 g, asam lemak tak jenuh ganda 0 g, kolesterol 0 mg (0%), sodium 12 mg (0%), potassium 334 mg (9%), karbohidrat 17 g (5%), diet serat 3,2 g (12%), gula 8 g, protein 2,5 g (5%), vitamin A 0%, vitamin C 13%, kalsium 3%, besi 6%, vitamin D 0%, vitamin B-6 15%, vitamin B-12 0%, magnesium 5% (nilai gizi per 100 g). Kebutuhan salah satu sumber gizi ini idealnya juga akan terus meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk (Anonim, 2015).

Sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk yang pada tahun 2025 diperkirakan akan mencapai 299 juta orang, pasokan bawang merah yang harus terealisasi untuk memenuhi kebutuhan domestik diproyeksikan meningkat menjadi 1.541.737 ton (Sumber: Ditjen BP Hortikultura 2004). Jumlah pasokan sekitar 1,3 kali produksi nasional tahun 2015 tersebut merupakan tantangan, sekaligus juga sebagai peluang pengembangan. Peningkatan produksi

bawang merah yang diarahkan untuk memenuhi kebutuhan domestik dan meningkatkan daya saing dapat ditempuh melalui perluasan areal baru serta peningkatan produktivitas (Iriani, 2013).

Salah satu lahan sub optimal yang memiliki potensi tinggi untuk dikembangkan di Indonesia adalah lahan pantai. Beraneka ragam tanaman bisa dibudidayakan di lahan pasir pantai, mulai dari tanaman hortikultura, tanaman buah tahunan, tanaman perkebunan, dan tanaman pematah angin (Anonim, 2015a). Upaya pemanfaatan lahan pasir pantai sebagai lahan budidaya tanaman hortikultura sudah dilaksanakan di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Pada sekitar tahun 1980 lahan pasir pantai mulai diolah untuk kepentingan pertanian (Nugroho, 2013). Berdasarkan sifat fisik dan biologi tanah lahan pantai dengan kandungan pasir lebih dari 85%, tekstur tanah kasar dan mudah tererosi menyebabkan kemampuan mengabsorpsi dan menyimpan air rendah serta kemampuan mengikat unsur hara rendah. Kendala lain yang mungkin didapati adalah rendahnya kandungan bahan organik, serta suhu udara yang tinggi, sehingga produktivitas lahannya rendah (Al-Omran *et al.*, 2004; Ginting *et al.*, 2013). Bahan organik mempunyai peran penting dalam tanah, berasal dari tanaman yang tertinggal, berisi semua unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhannya. Pada umumnya tanah pasir mempunyai kandungan bahan organik rendah karena penambahan bahan organik dari tanaman setiap tahunnya sangat sedikit. Rendahnya kandungan bahan organik dalam tanah, menyebabkan kandungan nitrogen dan fosfor rendah pula selama keduanya merupakan penyusun utama bahan organik tersebut (Foth, 1991). Untuk memperbaiki produktivitas lahan, selain dengan penambahan bahan organik, salah satu yang dapat dilakukan adalah dengan penambahan mikroorganisme yang menguntungkan untuk memacu pertumbuhan tanaman agar tanah pasir tersebut dapat lebih berpotensi untuk budidaya tanaman (Kastono *et al.*, 1998). Pengaruh menguntungkan dari introduksi mikroorganisme spesifik terhadap pertumbuhan tanaman telah dilaporkan pada sejumlah tanaman. Mikroorganisme menguntungkan tersebut dikenal sebagai *plant-growth promoting rhizobacteria* (PGPR) atau *plant-growth promoting fungi* (PGPF) yang meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme (Whipps, 1997, 2001), meningkatkan ketersediaan nutrisi pada tanaman inang, menurunkan level *ethylene* dalam tanaman atau dengan meningkatkan produksi senyawa-senyawa stimulator, seperti pengatur pertumbuhan tanaman (Antoun dan Prevost, 2005).

Trichoderma sp. adalah salah satu jamur yang termasuk *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF) yaitu jamur non-patogenik dalam tanah yang dilaporkan bermanfaat bagi beberapa tanaman melalui perannya dalam memacu pertumbuhan dan juga melindungi tanaman dari serangan patogen (Shivana *et al.*, 1994). Alternatif upaya peningkatan kuantitas dan kualitas produk pertanian khususnya bawang merah dapat dilakukan dengan pemanfaatan *Trichoderma* sp. sebagai agens pemacu pertumbuhan tanaman di lahan pasir pantai. Sebagai salah satu PGPF, *Trichoderma* sp. diharapkan mampu berperan dan bertahan di lahan pasir yang kandungan haranya rendah mengingat hasil percobaan Shivanna *et al.* (1995) yang menunjukkan bahwa isolat tertentu dari PGPF berperan lebih baik pada tanah yang kekurangan nutrisi daripada dalam tanah yang kaya nutrisi.

Penambahan bahan organik akan meningkatkan aktivitas PGPF karena bahan organik menyediakan karbon sebagai sumber energi untuk tumbuh (Atmojo, 2003). Pupuk kandang merupakan sumber bahan organik yang banyak digunakan dalam budidaya bawang merah di lahan pasir pantai. Dengan mengaplikasikan PGPF, khususnya *Trichoderma* sp. pada budidaya bawang merah di lahan pasir pantai yang ditambah dengan bahan organik berupa pupuk kandang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan bawang merah dari segi kuantitas juga kualitas.

METODE PENELITIAN

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakter fisiologis, pertumbuhan dan hasil berbagai kultivar bawang merah pada lahan pasir pantai. Pupuk yang digunakan adalah pupuk kandang kotoran sapi dengan takaran sesuai perlakuan. Pupuk N-P-K (16-16-16) dengan takaran

sebanyak 200 Kg/ha diberikan pada 7 hari setelah tanam. Dilakukan juga pemupukan susulan dengan pupuk ZA 60 kg/ha dan KCl 50 kg/ha. Inokulasi kultur jamur *Trichoderma* sp. dilakukan dengan cara 100 gram kultur per tanaman dimasukkan pada media tanah pasir dengan luas petak 2,3 m², tiga hari sebelum penanaman.

Penelitian ini merupakan percobaan faktorial yang terdiri atas dua faktor dan disusun dalam rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dalam tiga blok. Faktor pertama adalah kultivar bawang merah yang terdiri atas empat kultivar yaitu: K1 (Bauji), K2 (Tajuk), K3 (Manjoug) dan K4 (Bima Brebes). Faktor kedua adalah takaran bahan organik (pupuk kandang kotoran sapi), masing-masing adalah B0 (0 ton/ha), B1 (10 ton/ha), B2 (20 ton/ha) dan B3 (30 ton/ha)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah *Trichoderma* sp.

Tabel 1 menunjukkan terjadi interaksi antara takaran pupuk kandang dengan kultivar bawang merah terhadap jumlah *Trichoderma* sp. pada umur 35 hari setelah tanam. Pemberian pupuk kandang tidak mempengaruhi jumlah *Trichoderma* sp., namun pada kultivar Bima Brebes menyebabkan penurunan meskipun bila takaran yang diberikan cukup tinggi yaitu 30 t/ha penurunan tersebut tidak nyata.

Tabel 1. Jumlah *Trichoderma* sp. ($\cdot 10^3$) pada media tanam berbagai kultivar bawang merah dan berbagai takaran pupuk kandang sapi, umur 35 hari setelah tanam

Takaran pupuk kandang	Kultivar				Rerata
	Bauji	Tajuk	Manjoug	Bima Brebes	
0 ton/ha	6,00 bcd	5,00 cd	6,33 bcd	18,00 a	8,83
10 ton/ha	13,00 ab	4,33 cd	3,33 d	4,67 cd	6,33
20 ton/ha	6,33 bcd	5,00 cd	10,00 bcd	5,67 bcd	6,75
30 ton/ha	4,33 cd	6,33 bcd	5,67 bcd	11,67 abc	7,00
Rerata	7,42	5,17	6,33	10,00	(+)

CV: 23,75%

Keterangan: Nilai-nilai yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%
 (+): ada interaksi

Jumlah *Trichoderma* sp. pada saat pertumbuhan vegetatif tanaman ini jauh lebih tinggi dibanding jumlah *Trichoderma* sp. sebelum perlakuan yaitu 2,00.(10³) CFU. Hal ini dimungkinkan karena *Trichoderma* sp. sebagai PGPF ini mampu memanfaatkan bahan organik dalam pupuk kandang yang ditambahkan pada media tanam, seperti yang dinyatakan oleh Atmojo (2003) bahwa penambahan bahan organik akan meningkatkan aktivitas PGPF karena bahan organik menyediakan karbon sebagai sumber energi untuk tumbuh.

Saat panen, Tidak terdapat interaksi pengaruh kultivar bawang merah dengan takaran pupuk kandang sapi terhadap jumlah *Trichoderma* sp. pada media tanam. Jumlah *Trichoderma* sp. pada media tanam tidak berbeda nyata baik pada pemberian pupuk kandang sapi dengan takaran 10, 20, 30 ton per hektar maupun tanpa pemupukan. Pada kultivar Bauji, Tajuk, Manjoug dan Bima Brebes jumlah *Trichoderma* sp. pada media tanam juga tidak berbeda nyata (Tabel 2). Penurunan jumlah *Trichoderma* sp. pada saat panen terjadi karena semakin berkurangnya bahan organik yang tersedia karena telah dimanfaatkan oleh banyaknya mikrobia lain di dalam tanah dan juga oleh tanaman.

Tabel 2. Jumlah *Trichoderma* sp. ($\cdot 10^3$) pada media tanam berbagai kultivar bawang merah dan berbagai takaran pupuk kandang sapi, pada saat panen

Takaran pupuk kandang	Kultivar				Rerata
	Bauji	Tajuk	Manjoun	Bima Brebes	
0 ton/ha	3,00	3,00	8,00	7,33	5,33 a
10 ton/ha	3,00	2,67	2,67	4,67	3,25 a
20 ton/ha	3,67	1,67	3,00	4,00	3,08 a
30 ton/ha	3,00	5,00	2,33	3,67	3,50 a
Rerata	3,17 p	3,08 p	4,00 p	4,92 p	

CV: 19,74%

Keterangan: Nilai-nilai yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%

Karakter fisiologis tanaman

Kadar klorofil a pada daun tidak dipengaruhi oleh takaran pemberian pupuk kandang sapi dan kultivar mempunyai kadar klorofil a yang beragam. Kadar klorofil a pada kultivar Tajuk, Manjoun dan Bima Brebes tidak berbeda nyata. Kultivar Bauji menunjukkan kadar klorofil a tertinggi pada daun walaupun tidak berbeda nyata dengan kultivar Tajuk. Kadar klorofil a pada tanaman yang diberi pupuk kandang sapi sebanyak 10, 20 dan 30 ton per hektar tidak berbeda nyata dengan tanaman yang tidak diperlakukan dengan pemberian pupuk kandang sapi. Kultivar mempunyai kadar klorofil b pada daun yang beragam dan takaran pemberian pupuk kandang sapi tidak mempengaruhi kadar klorofil b. Kultivar Bauji mempunyai kandungan klorofil b tertinggi pada daun walaupun tidak berbeda nyata dengan kultivar Tajuk. Kadar klorofil b terendah pada kultivar Bima Brebes tetapi tidak berbeda nyata dengan Manjoun. Pemberian pupuk kandang sapi sebanyak 10, 20 dan 30 ton per ha tidak menaikkan kadar klorofil b (Tabel 3).

Kehijauan daun merupakan indikator kandungan klorofil dalam daun. Untuk mengukur kehijauan daun tanaman bawang merah digunakan standar nilai pada alat SPAD. Semakin hijau suatu daun, nilai SPAD yang diperoleh semakin tinggi yang juga dapat berarti kandungan klorofil daun semakin tinggi pula. Tidak terjadi pengaruh interaksi kultivar bawang merah dengan takaran pemberian pupuk kandang sapi terhadap tingkat kehijauan daun. Kultivar bawang merah menunjukkan tingkat kehijauan daun yang beragam, sedangkan takaran pemberian pupuk kandang sapi tidak berpengaruh nyata. Kultivar Bauji menunjukkan tingkat kehijauan daun tertinggi walaupun tidak berbeda nyata dengan kultivar Tajuk. Tingkat kehijauan daun pada kultivar Tajuk tidak berbeda nyata dengan Bima Brebes tetapi lebih tinggi dibanding Manjoun, dan kultivar Manjoun walaupun paling rendah tingkat kehijauan daunnya tetapi tidak berbeda nyata dengan kultivar Bima Brebes (Tabel 3).

Tabel 3. Kadar klorofil a, klorofil b (mg/g daun) dan tingkat kehijauan pada daun berbagai kultivar bawang merah pada berbagai takaran pupuk kandang sapi

Kadar klorofil a					
Takaran pupuk kandang	Kultivar				Rerata
	Bauji	Tajuk	Manjoun	Bima Brebes	
0 ton/ha	0.329	0.322	0.315	0.300	0.32 a
10 ton/ha	0.326	0.323	0.282	0.323	0.31 a
20 ton/ha	0.323	0.331	0.330	0.303	0.32 a
30 ton/ha	0.329	0.313	0.313	0.302	0.31 a

Rerata	0.33 p	0.32 pq	0.31 q	0.31 q	(-)
Cv: 1.52%					
Kadar klorofil b					
Takaran pupuk kandang	Kultivar				
	Bauji	Tajuk	Manjoung	Bima Brebes	Rerata
0 ton/ha	0.26	0.24	0.23	0.21	0.24 a
10 ton/ha	0.25	0.25	0.18	0.25	0.23 a
20 ton/ha	0.25	0.26	0.26	0.21	0.24 a
30 ton/ha	0.26	0.23	0.22	0.21	0.23 a
Rerata	0.26 p	0.24 pq	0.22 qr	0.22 r	(-)
Cv: 3.55%					
Kehijauan daun					
Takaran pupuk kandang	Kultivar				
	Bauji	Tajuk	Manjoung	Bima Brebes	Rerata
0 ton/ha	66.83	80.98	54.69	53.38	63.97 a
10 ton/ha	62.26	80.83	52.67	83.20	69.74 a
20 ton/ha	101.64	54.86	47.84	55.03	64.84 a
30 ton/ha	91.28	71.79	53.49	47.11	65.92 a
Rerata	80.50 p	72.11 pq	52.17 r	59.68qr	(-)
CV: 9.36%					

Keterangan: Nilai-nilai yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%
 (-): tidak ada interaksi

Kultivar Bauji merupakan kultivar yang mempunyai tingkat kehijauan daun tertinggi walaupun tidak berbeda nyata dengan kultivar Tajuk. Hal tersebut didukung oleh tingginya kadar klorofil a, b maupun klorofil total pada kultivar Bauji. Kultivar Manjoung menunjukkan tingkat kehijauan daun paling rendah meskipun tidak berbeda nyata dengan Bima Brebes. Hal tersebut sesuai dengan kadar klorofil yang rendah pada kedua kultivar tersebut.

Tabel 4. Kerapatan stomata (/mm²) dan Lebar bukaan stomata (µm) berbagai kultivar bawang merah pada berbagai takaran pupuk kandang sapi

Kerapatan stomata					
Takaran pupuk kandang	Kultivar				
	Bauji	Tajuk	Manjoung	Bima Brebes	Rerata
0 ton/ha	56,46	59,41	93,44	62,36	67,92 a
10 ton/ha	78,30	61,57	83,80	86,56	77,56 a
20 ton/ha	63,15	66,30	76,13	83,41	72,25 a
30 ton/ha	64,92	57,84	76,72	75,15	68,66 a
Rerata	65,71 q	61,28 q	82,53 p	76,87 p	(-)
CV: 4.16%					
Lebar bukaan stomata					
	Kultivar				

Takaran pupuk kandang	Bauji	Tajuk	Manjoun	Bima Brebes	Rerata
0 ton/ha	3,12	4,42	3,88	3,72	3,78 a
10 ton/ha	4,28	4,60	3,75	4,10	4,18 a
20 ton/ha	4,18	5,05	4,47	3,87	4,39 a
30 ton/ha	4,80	5,67	4,13	3,78	4,60 a
Rerata	4,10 q	4,93 p	4,06 q	3,87 q	(-)

CV: 6.01%

Keterangan: Nilai-nilai yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%
 (-): tidak ada interaksi

Kerapatan stomata pada kultivar Bauji dan Tajuk tidak berbeda nyata, dan keduanya mempunyai kerapatan stomata lebih rendah dibanding kultivar Manjoun dan Bima Brebes. Kerapatan stomata pada kultivar Manjoun dan Bima Brebes tidak berbeda nyata. Tanaman yang diberi perlakuan pupuk kandang sapi tidak menunjukkan kerapatan stomata yang berbeda nyata dengan tanaman yang tidak diberi pupuk kandang. Kultivar Tajuk mempunyai lebar bukaan stomata terbesar, sedangkan kultivar Bauji, Manjoun dan Bima Brebes mempunyai lebar bukaan stomata yang tidak berbeda nyata. Lebar bukaan stomata tidak berbeda nyata pada tanaman yang diberi perlakuan pupuk kandang sapi maupun tidak (Tabel 4). Kultivar yang mempunyai kerapatan stomata tinggi ternyata lebar bukaan stomatanya relatif sempit. Kultivar Tajuk yang mempunyai bukaan stomata paling lebar, kerapatan stomata pada daunnya relatif rendah.

Pertumbuhan tanaman

Pada Tabel 5. terlihat bahwa kultivar Bima Brebes menunjukkan laju pertumbuhan tanaman paling tinggi dibanding kultivar lainnya. Kultivar Bauji mempunyai laju pertumbuhan tinggi tanaman paling rendah tetapi tidak berbeda nyata dengan kultivar Manjoun. Kultivar Tajuk dan Manjoun juga mempunyai laju pertumbuhan tinggi tanaman yang tidak berbeda nyata. Takaran pemberian pupuk kandang sapi sebanyak 10 ton/ha belum memberikan hasil laju pertumbuhan tinggi tanaman yang berbeda nyata dibanding tanpa pemberian pupuk kandang. Laju pertumbuhan tinggi tanaman paling tinggi ditemukan pada takaran pupuk kandang sapi 30 ton per hektar walaupun tidak berbeda nyata dengan takaran 20 ton/ha.

Tabel 5. Laju pertumbuhan tinggi tanaman (cm/minggu) berbagai kultivar bawang merah pada berbagai takaran pupuk kandang sapi

Takaran pupuk kandang	Kultivar				Rerata
	Bauji	Tajuk	Manjoun	Bima Brebes	
0 ton/ha	2.43	3.15	2.36	4.24	3.04 c
10 ton/ha	2.00	3.53	2.82	4.30	3.16 bc
20 ton/ha	3.50	3.62	3.28	4.67	3.77 ab
30 ton/ha	1.99	4.21	3.91	5.20	3.83 a
Rerata	2.48 r	3.63 q	3.09 qr	4.60 p	(-)

CV: 6,11%

Keterangan: Nilai-nilai yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%
 (-): tidak ada interaksi

Terjadi interaksi pengaruh kultivar bawang merah dan takaran pemberian pupuk kandang sapi terhadap laju pertumbuhan jumlah daun. Pada kultivar Bauji, pemberian pupuk kandang

dengan takaran 10 ton/ha menurunkan laju pertambahan jumlah daun. Penambahan takaran menjadi 20 ton/ha menghasilkan laju pertambahan jumlah daun yang tidak berbeda nyata dengan tanpa pemupukan dan semakin tinggi takaran, yaitu 30 ton/ha laju pertambahan jumlah daun menurun sehingga tidak berbeda nyata dengan pemupukan pada takaran 10 ton/ha. Pada kultivar Tajuk, pemupukan tidak mempengaruhi laju pertambahan jumlah daun. Pada kultivar Manjoung, pemberian pupuk kandang meningkatkan laju pertambahan jumlah daun walaupun tidak berbeda nyata dengan tanpa pemupukan, dan pada kultivar Bima Brebes, laju pertambahan jumlah daun tertinggi dihasilkan pada pemberian pupuk kandang dengan takaran 20 ton/ha walaupun tidak berbeda nyata dengan takaran 10 dan 30 ton per hektar. Pemberian pupuk kandang dengan takaran 10 dan 30 ton/ha meningkatkan laju pertambahan jumlah daun tetapi tidak berbeda nyata dengan tanpa pemupukan (Tabel 6).

Tabel 6. Laju pertambahan jumlah daun(helai/minggu) berbagai kultivar bawang merah pada berbagai takaran pupuk kandang sapi

Takaran pupuk kandang	Kultivar				Rerata
	Bauji	Tajuk	Manjoung	Bima Brebes	
0 ton/ha	2,86 abc	2,77 a – d	1,64 cde	1,79 b – e	2,26
10 ton/ha	1,22 de	3,06 abc	1,89 a – e	3,37 ab	2,38
20 ton/ha	2,94 abc	1,92 a – e	1,95 a – e	3,43 a	2,56
30 ton/ha	1,13 e	2,67 a – e	2,51 a – e	3,10 abc	2,35
Rerata	2,04	2,60	2,00	2,92	(+)

CV: 19,48%

Keterangan: Nilai-nilai yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%
 (+): ada interaksi

Hasil tanaman

Kultivar Bima Brebes menghasilkan bobot umbi kering jemur per ha yang paling tinggi dibanding kultivar lainnya. Kultivar Bauji menghasilkan bobot umbi kering jemur per hektar yang paling rendah tetapi tidak berbeda nyata dengan kultivar Manjoung. Pemberian pupuk kandang sapi dengan takaran 10 ton per hektar belum menghasilkan bobot umbi kering jemur per hektar yang berbeda nyata dengan tanpa pemberian pupuk kandang. Penambahan takaran menjadi 20 ton per hektar mampu menghasilkan bobot umbi kering jemur per hektar yang lebih tinggi dibanding tanpa pupuk kandang, tetapi penambahan menjadi 30 ton per ha menghasilkan bobot umbi kering jemur per ha yang tidak berbeda nyata dengan takaran 20 ton per ha (Tabel 7).

Tabel 7. Bobot umbi kering jemur per ha (ton) berbagai kultivar bawang merah pada berbagai takaran pupuk kandang sapi

Takaran pupuk kandang	Kultivar				Rerata
	Bauji	Tajuk	Manjoung	Bima Brebes	
0 ton/ha	1.73	2.11	1.95	3.34	2.28 b
10 ton/ha	2.05	2.76	2.11	3.28	2.55 b
20 ton/ha	3.09	3.61	2.97	4.98	3.66 a
30 ton/ha	3.17	4.58	3.40	5.14	4.07 a
Rerata	2.51 r	3.27 q	2.61 qr	4.18 p	(-)

CV: 7,35%

Keterangan: Nilai-nilai yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%
(-): tidak ada interaksi

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemberian pupuk kandang tidak meningkatkan pertumbuhan tanaman bawang merah, namun dapat meningkatkan hasil umbi. Sampai takaran 30 t/ha semakin tinggi takaran pupuk yang diberikan semakin tinggi hasil umbi.
2. Pertumbuhan tanaman yang diinokulasi dengan *Trichoderma* sp., dan diberi pupuk kandang tidak berbeda antar kultivar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan bagian dari hasil penelitian skema PDD (2018) yang berjudul “Pemberian pupuk kandang, pengaruhnya terhadap aktivitas *Trichoderma* sp. serta pertumbuhan dan hasil kultivar bawang merah yang tanggap dan tidak tanggap terhadap inokulasi *Trichoderma* sp.”. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dirjen Dikti Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi.

REFERENSI

- Al-Omran, A.M.; A.M. Falatah; A.S. Sheta and A.R.A1-Harbi. 2004. Clay Deposits for Water Management of Sandy Soils. *Arid Land Research and Management* : 171-I 83.
- Anonim. 2015. Distribusi perdagangan komoditas bawang merah Indonesia 2015. Subdirektorat Statistik Perdagangan Dalam Negeri, Badan Pusat Statistik, Jakarta, Indonesia
- Anonim. 2015a. Budidaya Pertanian. Prospek Agribisnis Bawang Merah Kabupaten Bantul. <http://warintek.bantulkab.go.id>. User Online : 6 | Ahad, 24 Mei 2015
- Antoun, H., Prevost, D.. 2005. Ecology of plant growth promoting rhizobacteria. In: Siddiqui, Z.A. (Ed.), *PGPR: Biocontrol and Biofertilization*. Springer, Dordrecht, pp. 1–38.
- Atmojo, S. W. (2003). *Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah Dan Upaya Pengelolaannya*. Surakarta: Sebelas Maret University Press.
- Ditjen BP Hortikultura. 2004. Prospek pengembangan inovasi teknologi bawang merah di lahan sub optimal (lahan pasir) dalam upaya peningkatan pendapatan petani. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, Vol.11 No.234
- Foth, H D. 1991. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Gadjah Mada University Press
- Ginting, K.E., Lahay, R.R. dan Hanum, C. 2013. Respons pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) terhadap pemberian pupuk NPK dan *Tithonia diversifolia*. *Jurnal Online Agroekoteknologi* Vol.1, No.3, Juni 2013. 853 – 863
- Iriani, E. 2013. Prospek pengembangan inovasi teknologi bawang Merah di lahan sub optimal (lahan pasir) Dalam upaya peningkatan pendapatan petani. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, Vol.11 No. 2., 231 - 243
- Kastono, D, Tohari, S. Kabirun, dan Dja'far-Siddieq. 1998. Kajian Pemberian Mikroorganisme Efektif dan Pupuk Nitrogen Lepas Lambat Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Cabai di Lahan Pasir Pantai Samas. *BPPS 11 (4B):361 - 374*
- Mukhlis, Purwaningsih, Dini Anggorowati. 2012. Pengaruh berbagai jenis mikroorganisme lokal (mol) terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah pada tanah aluvial. Artikel ilmiah. Jurusan budidaya pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura Pontianak
- Rajiman. 2009. Pengaruh pemupukan NPK terhadap hasil bawang merah di lahan pasir pantai. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*, vol 5 (1): 52-60

- Shivanna, M. B., Meera, M. S. and Hyakumachi, M. 1994. Sterile fungi from zoysiagrass rhizosphere as plant growth promoters in spring wheat. *Can. J. Microbiol* 40: 637 – 644
- Shivanna, M B, Manchanahally S M, Koji K and Mitsuro H. 1995. Influence of Zoysiagrass Rhizosphere Fungal Isolates on Growth and Yield of Soybean Plants. *Mycoscience* 36: 25 – 30

EFEKTIVITAS FITOREMEDIASI TANAMAN AIR DALAM MENURUNKAN KADAR *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) AIR LINDI

Eni Muryani, Ika Wahyuning Widiarti

Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta,

email: eni.muryani@upnyk.ac.id , ika.widiarti@upnyk.ac.id

ABSTRACT

*Total Suspended Solid in leachate indicated the number of suspended substances which caused turbidity in leachate. Several studies have shown that phytoremediation is one of the methods used to reduce TSS in wastewater. The purpose of this study is to find out the concentration of TSS, pH and temperature and calculate effectiveness of phytoremediation by using *Nymphaea sp.* and *Pistia stratiotes L.* at a residence time of 3 days and 7 days. The research method began with acclimatizing the plants with well water for 7 days to adapting the plants in the new environment. After acclimatization the plants were transferred to the reactor which was arranged in accordance with 5 variations (codes: K, T, TIK, A, and AIK) with 3 replications. Temperature and pH measured daily with a thermometer and universal pH stick. Concentrations of TSS are analyzed in laboratory on day 0, day 3 and day 7. The effectiveness of phytoremediation to reduce TSS is calculated from the percentage of the final and the initial concentration of the experiment. The results showed that the change of TSS were quite significant at 7 days compared to 3 days of residence time. The lowest value of TSS occurred in the reactor 7 days with *Pistia stratiotes L.* only which was 17 mg/L. This reactor also had the best percentage of TSS removal that was 73%. During treatment the pH is 8 from the beginning to the end of the experiment. The temperature during phytoremediation process shows an average of 23-30 °C.*

Keywords: TSS, Phytoremediation, *Nymphaea sp.*, *Pistia stratiotes L.*

PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Air lindi atau yang dikenal dengan istilah *leachate* merupakan cairan yang dihasilkan dari tumpukan sampah di suatu Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Cairan ini berasal dari proses pembusukan sampah tersebut. Air lindi berwarna coklat-kehitaman dan memiliki bau khas yang menyengat karena merupakan hasil dekomposisi dari berbagai jenis bahan yang tercampur di TPA. Air lindi TPA mengandung bahan organik maupun anorganik. Air lindi dapat pula mengandung logam berat serta bahan berbahaya dan beracun (B3), karena sampah yang bersumber dari kegiatan domestik di Indonesia tidak terpilah-pilah. Kandungan B3 dalam air lindi dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, menyebabkan kematian pada biota, dan mengganggu kesehatan manusia (Yatim dan Mukhlis, 2013). Air lindi dapat mencemari airtanah dan air sungai bila tidak dikelola dengan baik. Salah satu studi kasus di TPA Jetis Purworejo menunjukkan Indeks pencemaran air sumur pantau dan air sumur warga telah masuk kategori tercemar ringan dengan kisaran nilai 1,082 hingga 2,912 (Widiarti dan Muryani, 2018).

Pencemaran air sumur ini diduga kuat akibat rembesan air lindi yang tidak masuk ke dalam IPAL. Dengan demikian, air lindi penting untuk diolah sebelum masuk ke lingkungan.

Fitoremediasi merupakan pemanfaatan tanaman untuk mengurangi kadar polutan dalam suatu media. Fitoremediasi merupakan salah satu cara yang digunakan untuk pengolahan air lindi. Metode ini memanfaatkan simbiosis mikroorganisme dalam tanah dan akar tanaman yang berlangsung alamiah. Sistem kerjanya sebagai biofilter yang dapat mengurangi karbon organik, nitrogen, fosfor, logam berat, dan senyawa organik beracun dalam media air. Beberapa tanaman air terbukti mampu mengolah lindi, antara lain: *Phragmites mauritianus*, *Typha latifolia*, *Nymphaea spontanea*, *Cyperus papyrus*, *Typha angustifolia*, *Limnocharis flava*, *Eichornia crasipes*, *Pistia stratiotes*, *Cyperus haspan*, *Scripus sumatrensis*, *Scirpus mucronatus*, *Phragmites australis*, dan *Glyceria maxima* (Fajariyah dan Mangkoedihardjo, 2017). Dari sekian jenis tanaman air yang telah banyak diteliti untuk fitoremediasi, perbandingan penggunaan tanaman teratai dan kayu apu belum diuji coba untuk menetralkan kandungan polutan dalam air lindi.

Tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dapat menurunkan kandungan BOD, COD, KMnO_4 , dan Amoniak dalam air limbah cair domestik di daerah Jakarta Selatan dengan waktu tinggal 7 hari (Dewi dan Rahmawati, 2015). Tanaman teratai tumbuh di permukaan air yang tenang. Tanaman teratai memiliki daun yang tumbuh mengambang di permukaan air. Bunga teratai juga terdapat di permukaan air, bunga dan daun teratai keluar dari tangkai yang berasal dari rizoma yang berada di dalam lumpur pada dasar kolam, sungai, atau rawa. Tangkai teratai terdapat di tengah-tengah daun. Daun berbentuk bundar atau bentuk oval yang lebar yang terpotong pada jari-jari menuju ke tangkai. Permukaan daun tidak mengandung lapisan lilin sehingga air yang jatuh ke permukaan daun tidak membentuk butiran air (Marianto, 2001).

Penelitian Sari dan Sari (2018) menunjukkan bahwa tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) yang dikombinasi dengan media tanah podzolik merah dan zeolite dapat menurunkan kadar kekeruhan dan TSS air lindi hingga kurang lebih 80%. Tanaman Apu-apu terkenal sebagai tumbuhan pelindung akuarium. Tumbuhan ini merupakan satu-satunya anggota marga Pistia. Tanaman apu-apu dikenal pula dengan nama kayu apu atau kapu-kapu (Safitri, 2009). Apu-apu sebagai tumbuhan air memiliki potensi dalam menurunkan kadar pencemar air limbah, yang memiliki potensi dalam menurunkan kadar pencemar dalam air limbah dengan kadar organik tinggi. Umumnya, tanaman apu dijumpai pada perairan tenang seperti kolam, danau, dan sawah. Tumbuhan ini dapat dijadikan sebagai fitoremediator bagi berbagai jenis limbah seperti limbah batik (Hernayanti dan Proklamasiningsih, 2004), limbah tahu (Yuni dkk, 2014), bahkan limbah dengan kandungan logam berat tembaga (Irwanto dan Barorah, 2017).

Media penyaring seperti batu, kerikil, ijuk, tanah, pasir, zeolite, *bioball*, membran biofilter, sarang tawon, dan sebagainya telah banyak digunakan sebagai media percobaan dalam pengolahan limbah secara fisik maupun dengan *constructed wetland*. Ukuran butir dan jenis media filter tersebut memiliki pengaruh terhadap efektivitas kerja filtrasi. Dalam penelitian Sembiring dan Muntalif (2011) menunjukkan bahwa tanaman *Cyperus papyrus* dengan media *reaktor wetland* yang menggunakan ijuk, kerikil, dan tanah dapat menurunkan kadar BOD, COD NTK, TP dan TSS air lindi hingga lebih dari 90% dalam waktu 4 hari.

Parameter baku air lindi terdiri atas pH, BOD, COD, TSS, N-total, Merkuri, dan Kadmium (Permen LHK No.59/2016). Secara fisik, air lindi terlihat keruh, berwarna coklat kehitaman. Keruhnya air dapat menjadi indikator adanya padatan tersuspensi dalam air tersebut. Total padatan tersuspensi dalam air limbah dikenal dengan sebutan TSS (*Total Suspended Solid*). Nilai TSS pada air lindi menunjukkan tingginya kandungan zat tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan pada air lindi. Tingginya TSS disebabkan karena banyaknya zat-zat yang melayang-layang di air lindi yang dapat berasal dari bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme dan lain sebagainya (Fardiaz, 1992). Tingginya kadar TSS dalam air limbah dapat menyebabkan sulitnya sinar matahari masuk ke dalam air sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen melalui

fotosintesis. Terganggunya regenerasi oksigen dalam badan air dapat mempengaruhi parameter lainnya seperti BOD, COD, dan N total yang merupakan parameter baku mutu air lindi.

b. Rumusan Masalah

Berbagai penelitian terdahulu yang terurai dalam latar belakang tersebut membuat penulis tertarik untuk mengetahui efektivitas tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dengan kombinasi tanpa dan dengan media ijuk dan kerikil dalam menurunkan kadar padatan total tersuspensi (TSS) dalam air lindi. Adapun rumusan masalah yang diambil yakni:

1. Bagaimana perubahan kadar TSS air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam waktu 3 hari dan 7 hari;
2. Bagaimana efektivitas penurunan kadar TSS air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam waktu 3 hari dan 7 hari;
3. Bagaimana perubahan pH dan suhu harian air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) selama 7 hari;

c. Tujuan

Berdasar rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

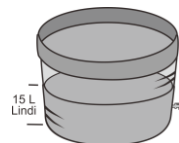
1. Mengetahui perubahan kadar TSS air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam waktu 3 hari dan 7 hari;
2. Menghitung efektivitas penurunan kadar TSS air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam waktu 3 hari dan 7 hari;
3. Mengamati perubahan pH dan suhu harian air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) selama 7 hari;

METODE

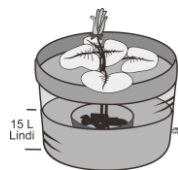
Penelitian ini menggunakan sampel air lindi dari TPA Sampah Jetis di Desa Pakem, Kecamatan Gebang, Purworejo, Jawa Tengah. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ember reaktor berdiameter 50 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 25 buah, jerigen berukuran 35 L untuk mengangkut air lindi sebanyak 13 buah, termometer, kertas pH universal, gayung, ember 10 L, timbangan, masker, sarung tangan, dan botol sampel plastik 600 mL. Sedangkan bahan yang digunakan antara lain ijuk, kerikil, air sumur, tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*).

Penelitian dilakukan dengan membuat 5 variasi rancangan percobaan dengan pengulangan 3 kali kecuali reaktor kontrol sehingga ada 25 reaktor. Pada reaktor kontrol, air lindi yang digunakan sebanyak 15 L. pada reaktor dengan kode T, jumlah air lindi 15 L dan teratai 1 kuntum berumur 6 bulan dengan jumlah daun 6-8 buah. Pada reaktor dengan kode A, air lindi yang digunakan sebanyak 15 L dan tanaman kayu apu sebanyak 10-15 kuntum umur kurang lebih umur 1-2 bulan. Ijuk yang digunakan sebanyak 1 kg, kerikil 10 kg, dan air lindi sebanyak 20 L untuk reaktor dengan kode T_I_K dan A_I_K. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah waktu tinggal 3 hari dan 7 hari. Sedangkan untuk variabel bebas yang diteliti adalah perubahan nilai TSS serta pengamatan suhu dan pH. Berikut adalah ilustrasi variasi rancangan percobaan yang dilakukan (gambar 1)

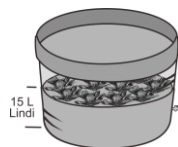
Prosedur kerja diawali dengan aklimatisasi tanaman teratai dan kayu apu pada air sumur selama 7 hari yang bertujuan agar tanaman beradaptasi dengan lingkungan baru. Kemudian setelah aklimatisasi tanaman dipindahkan ke ember reaktor yang disusun sesuai dengan variasi rancangan percobaan. Percobaan berlangsung dengan waktu tinggal 3 hari dan 7 hari. Pengukuran suhu dan pH dilakukan setiap hari dengan alat termometer dan kertas pH universal. Sedangkan pengujian parameter TSS dilakukan di Laboratorium Balai PIPBPJK (Pengujian, Informasi Permukiman dan Bangunan dan Pengembangan Jasa Konstruksi) Yogyakarta.



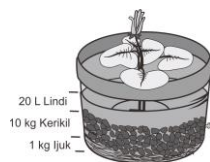
Kontrol (K): 1 reaktor
Perlakuan: air lindi saja
Waktu tinggal: 3 dan 7 hari



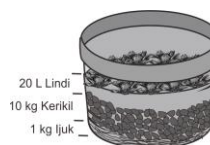
Teratai (T): 6 reaktor
Perlakuan: air lindi + teratai
Waktu tinggal: 3 dan 7 hari;
@ 3 ulangan



Kayu apu (A) : 6 reaktor
Perlakuan: air lindi + kayu apu
Waktu tinggal: 3 dan 7 hari;
@ 3 ulangan



Teratai + Ijuk + Kerikil (T_I_K): 6 reaktor
Perlakuan: ijuk + kerikil + air lindi + teratai
Waktu tinggal: 3 dan 7 hari;
@ 3 ulangan



Kayu apu + Ijuk + Kerikil (A_I_K): 6 reaktor
Perlakuan: Ijuk + Kerikil + air lindi + kayu apu
Waktu tinggal: 3 dan 7 hari;
@ 3 ulangan

Gambar 1. Sketsa Rancangan Percobaan

Pengujian TSS dilakukan pada hari ke-0, hari ke-3 dan hari ke-7. Efektivitas penurunan TSS dihitung dari prosentase kadar akhir dan kadar awal percobaan.

$$\% \text{ Efektivitas} = \frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\% \quad (1)$$

Prosentase efektivitas akan disajikan dalam bentuk grafik dan analisis data akan dilakukan secara deskriptif berdasarkan grafik yang dihasilkan. Rujukan penelitian terdahulu akan digunakan untuk membahas hasil penelitian.

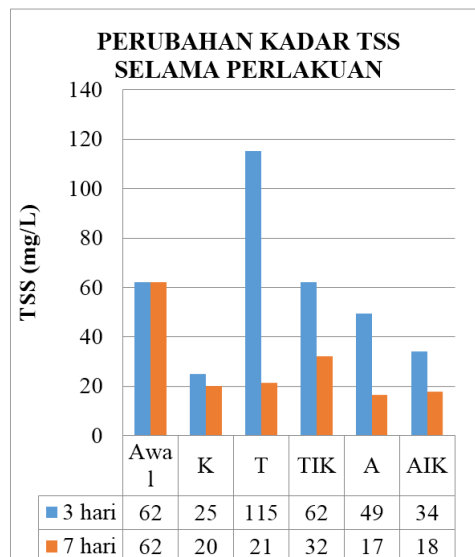
HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Perubahan kadar TSS air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam waktu 3 hari dan 7 hari

Perubahan kadar TSS pada air lindi dengan perlakuan 2 jenis tanaman air yang berbeda dan perbedaan waktu tinggal menunjukkan perubahan kadar TSS yang berbeda. Kadar TSS awal (hari ke-0) adalah 62 mg/L. Setelah 3 hari perlakuan, pada reaktor kontrol telah terjadi penurunan menjadi 25 mg/L dan menjadi 20 mg/L pada hari ke-7. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa perlakuan tanaman dan media ijuk kerikil, telah terjadi proses pengendapan secara alami pada air lindi sehingga kadar TSS turun.

Perlakuan dengan menggunakan tanaman teratai menjadikan kadar TSS semakin meningkat menjadi 115 mg/L pada hari ke-3 dan turun hingga 21 mg/L pada saat hari ke-7. Dengan penambahan media ijuk dan kerikil pada tanaman teratai tidak menurunkan kadar TSS pada hari ke-3, namun terjadi penurunan menjadi 32 mg/L pada hari ke-7. Naik dan turunnya kadar TSS pada air lindi terjadi karena proses fitoremediasi pada tanaman teratai. Proses dimulai dari *phytoaccumulation* yakni proses dimana tumbuhan menarik zat kontaminan dari media tanah yang berakumulasi di sekitar akar. Hal inilah yang menjadikan kadar TSS pada perlakuan tanaman teratai hari ke-3 menjadi meningkat. Kontaminan tersebut kemudian menempel pada akar, tetapi tidak terserap ke dalam batang tumbuhan. Proses ini disebut dengan *phytostabilization* (Nindra dan Hartini, 2015).

Proses berikutnya terjadi yang disebut *phytodegradation*, yakni zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks diurai menjadi bahan yang tidak berbahaya, mempunyai susunan molekul yang lebih sederhana dan dapat berguna bagi tumbuhan itu sendiri. Proses terakhir yakni terjadi proses menarik zat kontaminan yang tidak berbahaya yang selanjutnya diuapkan ke atmosfer. Proses ini dikenal dengan sebutan *phytovolatilization* (Nindra dan Hartini, 2015). Hal ini terbukti dengan kadar TSS yang mengalami penurunan pada hari ke-7 setelah sebelumnya meningkat di hari ke-3. Perlakuan teratai dengan media ijuk dan kerikil dapat menghambat terjadinya peningkatan kadar TSS pada hari ke-3, karena media ini berperan sebagai filter/penyaring. Pada hari ke-7 penurunan TSS pada perlakuan teratai, ijuk, kerikil tidak melebihi turunnya TSS pada kontrol. Hal ini kemungkinan dikarenakan adanya partikel yang masih terjebak pada media ijuk dan kerikil. Grafik perubahan kadar TSS pada air lindi dengan berbagai perlakuan fitoremediasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perubahan Kadar TSS pada Air Lindi

Perlakuan dengan tanaman kayu apu menunjukkan penurunan menjadi 49 mg/L pada hari ke-3 dan menjadi 17 mg/L pada hari ke-7. Penambahan media ijuk dan kerikil pada perlakuan dengan tanaman kayu apu menjadikan kadar TSS menjadi 34 mg/L pada hari ke-3 dan 18 mg/L pada hari ke-7. Penurunan kadar TSS pada perlakuan dengan tanaman kayu apu lebih terlihat, lebih rendah dibandingkan kontrol pada hari ke-7. Hal ini disebabkan jumlah tanaman kayu apu yang digunakan untuk tiap reaktor sekitar 10 kuntum sehingga lebih banyak aktivitas akar yang berperan dibanding dengan tanaman teratai yang hanya 1 kuntum tiap reaktor.

Fitoremediasi yang terjadi pada tanaman kayu apu hampir sama prosesnya dengan tanaman teratai, hanya saja tahapannya dimulai dengan proses *rhizofiltrasi* yaitu proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar (Nindra dan Hartini, 2015). Penambahan media ijuk dan kerikil pada tanaman kayu apu menambah daya ikat terhadap kontaminan yang ada pada air lindi sehingga dapat menurunkan kadar TSS.

b. Efektivitas penurunan kadar TSS air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam waktu 3 hari dan 7 hari

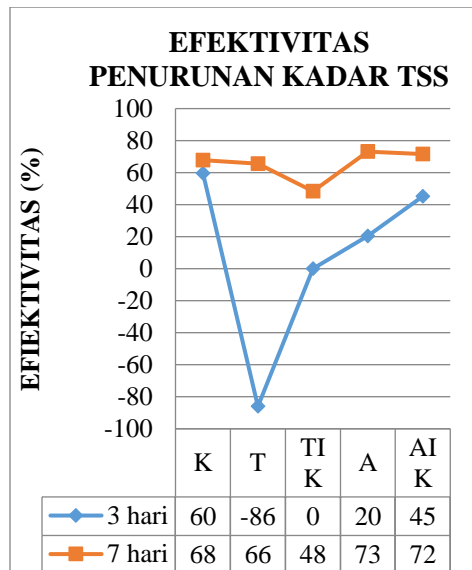
Tanaman teratai dan kayu apu dapat berperan sebagai biofilter limbah cair dimana terjadi penyerapan oleh akar dan batang tanaman air, proses pertukaran ion, dan penyerapan ion tanaman air (Dewi dan Rahmawati, 2015). Berdasarkan perubahan nilai TSS yang terjadi pada tiap perlakuan dapat dihitung prosentase penurunan kadar TSS pada air lindi yang dihitung dari nilai awal atau nilai TSS pada hari ke-0 perlakuan. Hasil perhitungan tingkat efektivitas fitoremediasi dengan tanaman teratai dan kayu apu dalam menurunkan kadar TSS dalam air lindi di berbagai perlakuan disajikan pada Gambar 3.

Ditinjau dari efektivitas, terlihat perbedaan nilai efektivitas penurunan kadar TSS pada tiap perlakuan. Pada hari ke-3, efektivitas kadar TSS air lindi tertinggi pada kontrol, yakni mencapai 60%. Pada perlakuan tanaman teratai, penurunan kadar TSS tidak efektif. Efektivitas penurunan kadar TSS pada perlakuan dengan tanaman kayu apu hanya berkisar 20-45% pada hari ke-3.

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah bahan-bahan tersuspensi yang terdiri dari lumpur, pasir halus, serta jasad renik yang mempunyai ukuran lebih besar dari 1 mikrometer. Penurunan kadar TSS diduga akibat adanya proses pengendapan yang dilakukan pada saat perlakuan. Penurunan konsentrasi TSS dapat disebabkan proses sedimentasi dalam air lindi. Penurunan kandungan TSS di lahan basah secara alami terjadi melalui proses fisik seperti sedimentasi dan filtrasi (Zurita, 2008 dalam Dewi dan Rahmawati, 2015)

Efektivitas penurunan kadar TSS pada air lindi terlihat jauh lebih baik pada perlakuan hari ke-7. Perlakuan kontrol menunjukkan tingkat efektivitas mencapai 68%. Pada hari ke-7 perlakuan dengan tanaman teratai saja menunjukkan efektivitas sebesar 66%. Tanaman teratai yang dikombinasi dengan media ijuk dan kerikil tidak menunjukkan efektivitas yang lebih baik, hanya 48%. Perlakuan dengan tanaman kayu apu menunjukkan efektivitas tertinggi di antara perlakuan lainnya yakni mencapai 73%. Perlakuan kayu apu yang dikombinasi dengan media ijuk dan kerikil pada hari ke-7 tidak menunjukkan perbedaan yang jauh, yakni 72% nilai efektivitasnya.

Dari hasil uji efektivitas fitoremediasi dalam menurunkan kadar TSS pada air lindi, menunjukkan bahwa tanaman kayu apu lebih efektif daripada tanaman teratai. Efektivitas optimum terjadi pada hari ke-7. Hal ini sesuai dengan karakteristik tanaman kayu apu yang lebih mampu bertahan pada lingkungan hidup yang ekstrim dibanding tanaman teratai. Tanaman kayu apu mudah berkembang biak di perairan, tingkat pertumbuhannya tinggi. Teratai memang secara fisik lebih indah dibanding tanaman kayu apu, namun memerlukan perawatan khusus dengan pupuk untuk menjaga perkembangannya. Akar tanaman teratai masih tertanam di media lumpur sehingga tidak bersentuhan langsung dengan media air lindi. Tanaman kayu apu melayang di permukaan perairan sehingga akarnya langsung bersentuhan dengan air lindi. Akarnya inilah yang menjadi tempat filtrasi dan adsorpsi.



Gambar 3. Grafik Efektivitas Penurunan Kadar TSS pada Air Lindi

Secara umum, tanaman merupakan salah satu komponen penting dalam fitoremediasi pada lahan basah. Tanaman mempunyai fungsi dalam proses transfer oksigen dari atmosfer ke akar. Oksigen di akar selanjutnya akan digunakan sebagai suplai oksigen untuk mikrobia. Mikrobia di daerah sekitar akar selanjutnya akan berperan dalam degradasi senyawa organik. Selain itu, tanaman air juga menyerap bahan pencemar dari air limbah untuk menjadi zat yang dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman (Vymazal, 2010 dalam Sembiring dan Muntalif, 2011).

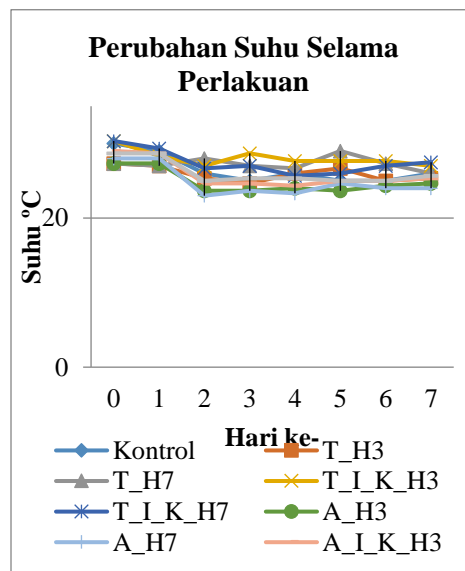
Media ijuk dan kerikil yang dikombinasikan pada percobaan ini meniru metode *constructed wetland*. Ijuk dan kerikil digunakan sebagai media penyaring atau filtrasi partikel tersuspensi dalam air lindi. Pada percobaan ini tidak terlihat perbedaan yang besar dengan dan tanpa media ijuk dan kerikil. Hanya dengan perlakuan tanaman kayu apu saja sudah mampu mencapai efektivitas 73% dalam penurunan TSS dalam waktu 7 hari. Media ijuk dan kerikil berfungsi lebih baik jika reaktor didesain sedemikian rupa dengan saluran *inlet* dan *outlet* sehingga air lindi dilewatkan pada media tersebut agar proses filtrasi lebih optimal. Jika dengan sistem *batch*, maka peran media ijuk dan kerikil tidak optimum.

c. Perubahan pH dan suhu harian air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam waktu 7 hari

Faktor yang mempengaruhi proses fitoremediasi antara lain suhu dan pH. pH menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan dari suatu larutan dengan cara mengukur konsentrasi ion hidrogen (H^+) (Rahadian dkk, 2017). Pengukuran pH dilakukan setiap hari selama 7 hari dengan menggunakan kertas pH universal. Dari hasil pengukuran, pH harian pada tiap perlakuan dan ulangan dari awal hingga akhir proses fitoremediasi bernilai tetap, yakni 8, sehingga tidak dibuat grafik perubahan. Nilai pH ini pada dasarnya sesuai dengan baku mutu yang dipersyaratkan yaitu antara 6 – 9. Menurut Spellman (2003) dalam Rahadian, dkk (2017), kondisi pH paling baik bagi tanaman berkisar antara 6,0 – 8,0. Apabila terjadi penurunan pH, dapat disebabkan karena sisa polutan yang terdapat pada air lindi diserap oleh akar kayu apu dan kemungkinan lain adalah terjadinya pembusukan bagian tumbuhan air oleh kerja mikrobia (Widowati dalam Hernayanti dan Elly, 2004). Tanamam teratai maupun kayu apu dari hasil percobaan ini tidak efektif dalam menurunkan nilai pH air lindi karena tidak terjadi perubahan nilai pH dari hari ke 0 hingga hari ke 7 pada tiap perlakuan maupun ulangan.

Suhu harian diukur dengan menggunakan termometer raksa. Selama proses fitoremediasi tidak terjadi perubahan suhu yang drastis. Naik atau turunnya suhu per hari hanya pada kisaran 1 – 2 °C. Grafik perubahan suhu pada penelitian ini tersaji pada Gambar 4.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa suhu rata-rata pada awal proses atau hari ke-0 berkisar 27 – 30 °C. Kemudian pada hari ke-2 terjadi kecenderungan penurunan suhu hingga 23 °C lalu suhu kembali naik pada kisaran ±25 °C. Penurunan suhu yang cukup signifikan terjadi pada reaktor dengan tanaman kayu apu dibandingkan tanaman teratai. Lalu suhu rata-rata di akhir proses fitoremediasi terjadi pada 24 – 28 °C. Suhu yang terjadi di penelitian ini masih pada batas normal tumbuhan untuk tumbuh yaitu antara 10 – 35 °C (Oktavia dkk, 2016).



Gambar 4. Grafik Perubahan Suhu Harian

Penurunan suhu yang terjadi penelitian ini dapat dipengaruhi oleh morfologi tanaman. Menurut Tjitrosoepomo (2000), tanaman kayu apu mempunyai bentuk morfologi yang menutupi seluruh permukaan air lindi sedangkan teratai tidak seluruhnya sehingga penurunan suhu pada reaktor kayu apu lebih tinggi dari teratai. Selain itu, waktu pengukuran juga dapat mempengaruhi nilai suhu. Pada percobaan ini, pengukuran suhu harian dilakukan setiap jam 13 siang.

KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil dan pembahasan di atas yaitu:

1. Kadar TSS pada reaktor mengalami penurunan meskipun tanpa perlakuan fitoremediasi, bahkan lebih baik dibanding dengan perlakuan tanaman teratai. Penurunan kadar TSS pada air lindi terlihat lebih rendah daripada kontrol pada hari ke-7 dengan perlakuan tanaman kayu apu, baik dengan maupun tanpa media ijuk dan kerikil.
2. Tanaman teratai dengan maupun tanpa media ijuk dan kerikil tidak efektif dalam menurunkan kadar TSS air lindi. Efektivitas penurunan kadar TSS mencapai lebih dari 70% pada perlakuan tanaman kayu apu dengan maupun tanpa media ijuk dan kerikil pada hari ke-7.
3. Tidak ada perubahan selama perlakuan terhadap pH harian air lindi, sedangkan suhu harian cukup fluktuatif pada kisaran 23-30°C.

b. Saran

Saran yang dapat penulis berikan yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan perbedaan jenis tanaman dan jenis media.
2. Perlu dilakukan penelitian serupa, menggunakan tanaman dan media yang sama, namun dengan metode *constructed wetland* aliran permukaan dan aliran bawah permukaan.
3. Pengukuran pH pada penelitian berikutnya sebaiknya menggunakan pH meter digital atau di lab dengan ukuran 2 digit di belakang koma sehingga fluktuasi pH bisa terlihat.
4. Perlu pengukuran parameter lain yakni BOD, COD, N-total, Kadmium, dan Merkuri agar hasil penelitian dapat dibahas lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kami haturkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) UPN "Veteran" Yogyakarta karena penelitian ini dibiayai sepenuhnya dari hibah penelitian dasar internal dengan nomor perjanjian pelaksanaan penelitian Nomor B/ 02-01/UN.62/V/2018.

REFERENSI

- Dewi, Y.S. dan A. Rahmawati. 2015. Efektivitas Tanaman Teratai (*Nymphaea* sp.) dalam Menguraikan Limbah Cair Domestik Berdasarkan Lama Waktu Perlakuan. *Jurnal Ilmiah Universitas Satya Negara Indonesia*. Vol 8 No 2 Desember 2015. Hal. 42-47.
- Fajariyah, C. dan S. Mangkoedihardjo. 2017. Kajian Literatur Pengolahan Lindi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah dengan Teknik Lahan Basah menggunakan Tumbuhan Air. *Jurnal Teknik ITS*. Vol 6 No.2. Hal. D-190-D195.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta.
- Hernayanti dan E. Proklamasingih. 2004. Fitoremediasi Limbah Cair Batik Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) L.) sebagai Upaya untuk Memperbaiki Kualitas Air. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*. Vol IV No.3 Desember 2004. Hal.164-172.
- Irwanto, R. dan F. Barorah. 2017. Kemampuan Tumbuhan Akuatik *Salvinia molesta* dan *Pistia stratiotes* sebagai Fitoremediator Logam Berat Tembaga. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. Volume 3, Nomor 3. Desember 2017. Hal.138-145.
- Mariato, L.A. 2001. *Merawat dan Menata Tanaman Air*. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Nindra, D.Y. dan E. Hartini. Efektivitas tanaman teratai (*Nymphaea firecrest*) dan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam menurunkan kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) pada limbah cair industri tahu." *VISI KES: Jurnal Kesehatan Masyarakat* 14.2 (2015). Hal. 123-130.
- Safitri, R. 2009. Fitoremediasi Greywater dengan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) serta Pemanfaatannya untuk Tanaman Selada (*Lactuca sativa*) secara Hidroponik. *Skripsi Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian IPB*. Bogor.
- Sari, E. dan D.Y. Sari. 2018. Efektivitas Media Penyaring dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L) dalam fitoremediasi Air Lindi (Leachate). *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*. ISBN: 978-602-61265-2-8.
- Sembiring, E.T.J. dan B.S. Muntalif. 2011. Optimasi Efisiensi Pengolahan Lindi dengan Menggunakan Constructed Wetland. *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol 17 Nomor 2, Oktober 2011. Hal. 1-10.
- Oktavia, Z., B. Budiyo, dan N.A.Y Dewanti. (2016). Pengaruh Variasi Lama Kontak Fitoremediasi Tanaman Kiambang (*Salvinia Molesta*) Terhadap Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Home Industry Batik "X" Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(5). Hal. 238-245.

- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah.
- Rahadian, Rahan, E. Sutrisno, dan S. Sumiyati. Efisiensi Penurunan Cod dan Tss dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) Studi Kasus: Limbah Laundry. *Jurnal Teknik Lingkungan* 6.3 (2017).Hal. 1-8.
- Tjitrosoepomo, G. 2000. *Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta)*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Widiarti, I.W. dan E. Muryani. 2018. Kajian Kualitas Air Lindi terhadap Kualitas Air Tanah Di Sekitar TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) Sampah Jetis, Desa Pakem, Kecamatan Gebang, Purworejo, Jawa Tengah. *Jurnal tanah dan Air (Soil and water Journal)*. Volume 15 No. 1, Juni 2018. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Yatim, EM dan Mukhlis. 2013. Pengaruh Lindi (Leachate) Sampah Terhadap Air Sumur Penduduk Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Air Dingin. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* Vol. 7 No. 2, Hal. 54-59.
- Yuni, I., W. Lestari, dan Yelmida. 2014. Kajian Efektivitas Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam Mereduksi N-Total sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Limbah Cair Industri tahu. *JOM FMIPA*. Volume 1 No.2 Oktober 2014. Hal. 283-290.

SISTEM PAKAR TES KEPRIBADIAN UNTUK MENGETAHUI CARA BELAJAR MAHASISWA MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC

Wilis Kaswidjanti, Azty Acbarrifha Nour

Fakultas Teknik Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta

email: wilisk@upnyk.ac.id , aztyacbarrifha@gmail.com

ABSTRACT

Student learning methods affect the results achieved in the world of education. To find out how to study appropriate for students, it is necessary to have personality tests and modalities. In the field of psychology there are instruments used in the form of questions chosen by students in accordance with the activities they normally do. But sometimes the choice of answers to these questions makes students confused, they feel they have more than one activity, so they cannot choose just one answer. Therefore, this study of personality tests and modalities is presented using an expert system. For the choice of answers that are not yet certain are handled using fuzzy logic. Consultation results from the system with samples of personality types and learning modalities each have an accuracy rate of 80% with the results of consultations conducted by experts. So it can be concluded that the expert system has been built and can be used for consultation.

Keywords: *Expert System, Fuzzy Logic, Personality and Modalities Test*

PENDAHULUAN

Kondisi kepribadian yang ada pada mahasiswa dapat mempengaruhi aktifitas kehidupan, salah satunya adalah pada cara belajar mahasiswa. Mahasiswa memiliki tipe kepribadian yang beragam, selain itu juga memiliki cara belajar yang berbeda-beda. Mahasiswa yang kondisi kepribadiannya baik atau tidak mengalami gangguan maka akan semakin lancar dalam menempuh studi dan dapat mengatasi permasalahan dengan baik pada lingkungan akademik, sebaliknya jika kondisi kepribadian mahasiswa dalam keadaan terganggu maka akan berdampak pada penurunan kecepatan dalam studinya serta berpengaruh pada penanganan masalah di lingkungannya. Mengetahui kondisi kepribadian mahasiswa juga dapat dijadikan sebagai panduan untuk memberikan solusi terkait interaksi mahasiswa dengan lingkungan akademiknya, misalkan mahasiswa itu lebih menyukai diskusi dengan teman-temannya atau lebih menyukai tugas perseorangan. Faktor lain yang mempengaruhi tingkat keberhasilan dalam suatu proses belajar dan mengajar adalah mengetahui cara belajar mahasiswa. Mengetahui cara belajar mahasiswa dapat digunakan sebagai acuan dalam menyampaikan materi di kelas, sehingga ilmu yang diberikan akan lebih maksimal diserap oleh mahasiswa.

Kepribadian adalah semua corak perilaku dan kebiasaan individu yang terhimpun dalam dirinya dan digunakan untuk bereaksi serta menyesuaikan diri terhadap segala rangsangan baik dari luar maupun dalam [1]. Menurut Carl Jung, jenis kepribadian dibagi menjadi tiga jenis, yaitu *extrovert*, *introvert*, dan *ambivert*. Ketiga jenis kepribadian menurut Carl Jung tersebut memiliki ciri-ciri dan sifat yang berbeda [4]. Tes kepribadian adalah cara untuk mengetahui kondisi kepribadian seseorang dengan cara menguji pola berpikir, penanganan masalah maupun reaksi sikap dari seseorang terhadap kehidupannya. Tes kepribadian dilakukan untuk mengetahui apakah

mahasiswa itu memiliki tipe kepribadian yang cenderung terbuka (*extrovert*), tertutup (*introvert*), atau bahkan bersifat terbuka dan tertutup (*ambivert*).

Menurut Gunawan gaya belajar atau modalitas belajar adalah cara yang lebih disukai seseorang dalam melakukan kegiatan berpikir, memproses dan memahami suatu informasi [3]. Menurut Sudjana, modalitas belajar adalah cara yang konsisten yang dilakukan oleh seorang siswa dalam menangkap stimulus atau informasi, cara mengingat, berpikir dan memecahkan soal [7]. Setiap orang memiliki modalitas belajar yang berbeda-beda. Modalitas belajar yang dimaksud adalah kombinasi dari bagaimana individu menyerap, lalu mengatur dan mengelola informasi. Menurut Mu'tadin, modalitas belajar dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu visual, auditori dan kinestetik [6]. Modalitas belajar visual merupakan gaya belajar dengan melihat, seseorang akan dengan mudah mengerti dengan apa yang dilihatnya. Menurut Howard Garder pada penelitian yang dilakukan oleh Siti Rohani, modalitas belajar dikategorikan menjadi gaya belajar auditori, visual, reading dan kinestetik [8]. Sedangkan pada penelitian ini hanya menggunakan tiga jenis modalitas belajar saja, yaitu auditori, visual dan kinestetik. Ciri-ciri dari modalitas atau gaya belajar dijelaskan detail oleh Deporter dan Hernacki [2].

Untuk mengetahui cara belajar mahasiswa dilakukan dengan mengikutsertakan pertanyaan dalam tes kepribadian yang berhubungan dengan cara mereka belajar. Cara belajar seseorang dapat dikategorikan menjadi tiga, auditori, visual dan kinestetik. Pendidik sebelumnya hanya mengetahui kondisi mahasiswanya dengan cara melihat dari hasil diskusi di dalam kelas ataupun tugas individu yang diberikan. Penggunaan aplikasi untuk melakukan tes kepribadian pada suatu program studi dapat mempermudah mahasiswa maupun program studi itu mengetahui kondisi kepribadian mahasiswa beserta cara belajarnya, sehingga dapat memberikan solusi terhadap kondisi kepribadian mahasiswa dalam hal studinya. Penerapan tes kepribadian juga dapat memberikan solusi atau saran bagi mahasiswa agar dapat lulus tepat waktu berdasarkan analisa seorang pakar Konseling. Terdapat instrument yang dipakai berupa pertanyaan-pertanyaan yang dipilih oleh mahasiswa sesuai dengan aktifitas yang biasa dia lakukan. Namun kadang-kadang pilihan jawaban atas pertanyaan tersebut membuat kebingungan mahasiswa, karena mereka tidak dapat memilih hanya satu jawaban, mereka merasa memiliki aktifitas lebih dari satu, sehingga tidak dapat memilih hanya satu jawaban. Oleh karena itu disajikan penelitian tes kepribadian dan modalitas ini dengan menggunakan sistem pakar. Menurut Irfan Budiman dalam penelitiannya mengenai pembuatan aplikasi tes kepribadian berbasis sistem pakar, mengatakan bahwa sistem pakar atau *expert system* adalah sebuah perangkat lunak komputer yang memiliki basis pengetahuan untuk *domain* tertentu dan menggunakan penalaran *inferensi* menyerupai seorang pakar dalam memecahkan masalah [1]. Untuk pilihan jawaban yang belum pasti ditangani menggunakan logika fuzzy.

METODE PENELITIAN

Tahapan dalam metodologi pengembangan sistem *Expert System Development Life Cycle* (ESDLC) yaitu penilaian keadaan, koleksi pengetahuan, perancangan, tes, dokumentasi dan pemeliharaan. Tahap penilaian keadaan dilakukan melalui analisis masalah sebagai landasan dalam penelitian. Tahap koleksi pengetahuan didapatkan dengan melalui proses observasi dan wawancara sehingga data atau pengetahuan yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem pakar ini dapat diperoleh. Alur skema penelitian menggunakan metodologi *Expert System Development Life Cycle* (ESDLC).

Penilaian Keadaan dan Koleksi Pengetahuan

Pada tingkat perguruan tinggi mahasiswa dituntut lebih mandiri dari pada saat masih berada di sekolah, oleh karena itu sering terjadi kesulitan untuk beradaptasi mengenai sistem belajar pada masa transisi tersebut. Suatu perguruan tinggi belum tentu terdapat tempat untuk

berkonsultasi layaknya guru Bimbingan Konseling pada sekolah yang mengurus masalah akademis siswa maupun non akademis.

Mengenal jenis kepribadian tiap individu perlu dilakukan untuk memahami kondisi seseorang, terutama untuk berhubungan atau berinteraksi dengan orang lain. Penanganan tiap kepribadian berbeda-beda sesuai dengan jenisnya. Di dalam dunia pendidikan, jenis kepribadian akan menentukan interaksi seseorang terhadap lingkungannya, baik dalam lingkungan kelas maupun lingkungan organisasi yang diikuti. Jenis kepribadian juga akan berdampak terhadap pola belajar yang dimiliki seseorang, dimana jenis kepribadian akan membantu orang tersebut dalam belajar sekaligus berinteraksi dengan orang lain.

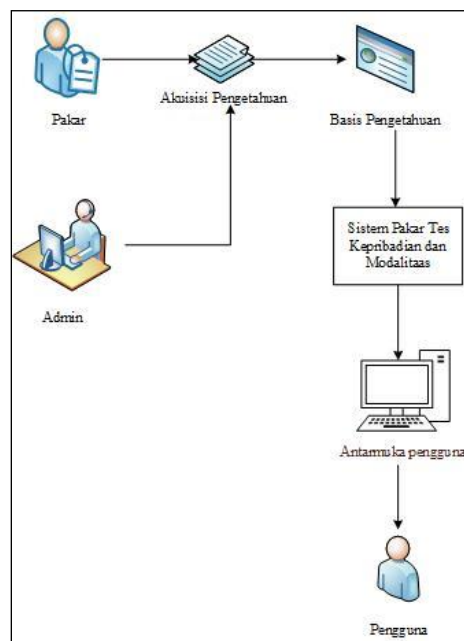
Modalitas belajar adalah suatu kebiasaan belajar seseorang agar lebih memahami hal yang sedang dipelajari. Modalitas belajar memiliki beberapa jenis dan tiap individu memiliki modalitas belajar masing-masing. Modalitas belajar akan mempengaruhi tingkat pemahaman seseorang terhadap suatu hal atau materi.

Apabila jenis kepribadian dan modalitas belajar seseorang sudah diketahui, maka orang tersebut akan dengan mudah menyesuaikan diri dengan cara belajar yang tepat. Cara belajar tersebut akan diperoleh dari jenis tipe kepribadian dan modalitas belajar yang dimilikinya. Tipe kepribadian akan menjelaskan bagaimana seseorang belajar sambil berinteraksi, sedangkan modalitas belajar akan menjelaskan bagaimana belajar dengan nyaman dan maksimal.

Proses wawancara dilakukan dengan narasumber terkait, yaitu dua orang pakar (psikologi dan bimbingan konseling).

Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem pada sistem pakar tes kepribadian dan modalitas ini dijelaskan pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem pada sistem pakar ini terdiri dari pakar yang memberikan pengetahuannya berupa koleksi pengetahuan, kemudian koleksi pengetahuan tersebut diolah menjadi akuisisi pengetahuan. Akuisisi pengetahuan dan basis pengetahuan tersebut diproses di dalam sebuah sistem pakar yang bertujuan untuk memudahkan proses konsultasi yang dilakukan oleh pengguna. Interaksi pengguna dengan sistem tersebut dilakukan melalui suatu media yang berupa antar muka pengguna berupa aplikasi sistem pakar tes kepribadian dan modalitas.

Perancangan Tabel Keputusan

Tabel keputusan pada sistem pakar tes kepribadian dan modalitas, dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Tabel Keputusan Kepribadian

Pernyataan	Jenis Kepribadian		
	Intro vert	Ambi vert	Extro vert
Menyukai menggambar	*		
Menyukai bersepeda		*	
Menyukai mendaki dengan club			*
Menjadi ilmuan	*		
Menjadi olahragawan		*	
Menjadi wartawan			*
Terencana, dan terorganisir dengan baik	*		
Mengikuti keadaan		*	
Spontan, menjalani dengan insting			*
Lebih memilih berkomunikasi dengan menulis	*		
Nyaman dengan komunikasi langsung maupun tidak langsung		*	
Lebih memilih berkomunikasi dengan bicara			*
Groggi atau gugup dengan keramaian	*		
Dapat menyesuaikan keadaan pada saat di keramaian		*	
Merasa nyaman dan senang dengan keramaian			*
Tidak menyukai hal-hal bersifat mendadak	*		
Berusaha menyesuaikan diri dengan kondisi mendadak		*	
Perubahan mendadak tidak menjadi masalah			*
Menemukan dan mengembangkan ide dengan merenung	*		
Menemukan dan mengembangkan ide dengan cara apa saja		*	
Menemukan dan mengembangkan ide dengan berdiskusi			*
Berorientasi dengan dunia internal (memori, pemikiran dan ide)	*		
Berorientasi dengan keseimbangan		*	
Berorientasi dengan dunia eksternal (orang lain dan kegiatan)			*
Sepulang kuliah lebih suka nongkrong di kampus		*	
Sepulang kuliah lebih suka main keluar bersama teman			*
Sepulang kuliah lebih suka langsung pulang	*		
Mengisi waktu luang di rumah dengan menonton tv/film	*		
Mengisi waktu luang di rumah dengan bermain media sosial		*	
Mengisi waktu luang di rumah dengan menelepon teman			*
Merayakan ulang tahun dengan mengajak keluarga dan teman makan di luar			*

Merayakan ulang tahun di rumah	*		
Menunggu ucapan selamat ulangtahun dari orang lain		*	
Menerima orang yang mengajak berkenalan			*
Menanyakan dulu keperluan terhadap orang yang ingin berkenalan		*	
Menghindar dari orang yang ingin berkenalan	*		
Lebih suka mendengarkan cerita teman	*		
Mengobrol dengan nyaman dan santai		*	
Lebih suka memulai pembicaraan terlebih dulu atau lebih suka bercerita			*
Mengeluarkan aspirasi dan aktif dalam kelompok			*
Berbicara seperlunya yang dirasa penting ketika kerja kelompok		*	
Menyimak dan menerima keputusan diskusi kelompok	*		
Lebih menyukai pelajaran bahasa/sastra	*		
Lebih menyukai pelajaran kesenian		*	
Lebih menyukai olahraga			*

Tabel di atas merupakan tabel keputusan untuk kepribadian, berisi ciri-ciri kepribadian dan penggolongan jenis kepribadiannya. Jenis kepribadian yang dimaksud adalah Introvert, Ekstrovert dan Ambivert. Pernyataan ciri-ciri kepribadian tersebut diambil dari sumber yang diberikan oleh pakar Psikologi, buku cetak yang berjudul Teori Kepribadian (*Theories of Personality*) dan di ambil dari beberapa artikel mengenai psikologi.

Tabel 2 berikut merupakan tabel keputusan untuk modalitas, berisi ciri-ciri modalitas dan penggolongan jenisnya. Jenis modalitas meliputi Visual, Auditori dan Kinestetik. Pernyataan ciri-ciri modalitas belajar tersebut diambil dari penelitian sebelumnya oleh Siti Rohani dari Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, dan diperoleh dari buku cetak yang berjudul Gaya Belajar Kajian Teoritik.

Tabel 2. Tabel Keputusan Modalitas

Pernyataan	Jenis Modalitas		
	Visu al	Audi tori	Kines tetik
Berbicara dengan tempo yang cepat	*		
Berbicara dengan tempo yang sedang		*	
Berbicara dengan tempo yang lambat			*
Menyukai pameran lukisan	*		
Menyukai pertunjukan tari			*
Menyukai konser musik		*	
Menghafal dengan cara mengulangi kata-kata dengan suara keras		*	
Menghafal dengan menulisnya berulang kali	*		
Menghafal dengan melakukan sesuatu (berjalan, menggerakkan tangan, dll)			*
Menganalisa sesuatu dengan berbicara sendiri		*	

Menganalisa sesuatu dengan membayangkannya			*
Menganalisa sesuatu dengan menggambar coretan di kertas	*		
Jika menjelaskan sesuatu cenderung menggerakkan tangan			*
Jika menjelaskan sesuatu cenderung menyampaikan secara lisan		*	
Jika menjelaskan sesuatu cenderung dengan membuat sketsa/coretan	*		
Terganggu dengan suasana yang berantakan dan tidak teratur	*		
Terganggu dengan suasana yang berisik		*	
Terganggu dengan sesuatu yang bergerak/suasana yang ramai			*
Menyukai interaksi dengan alam berupa sentuhan			*
Menyukai bunyi-bunyi yang dihasilkan oleh alam		*	
Menyukai keindahan alam ketika berada di alam terbuka	*		
Lebih mengingat hal yang dilakukan			*
Lebih mengingat hal yang dilihat	*		
Lebih mengingat hal yang dibicarakan		*	
Tidak dapat fokus belajar dengan baik apabila tulisan tidak rapi	*		
Tidak dapat berkonsentrasi jika berada di dalam kelas yang rebut		*	
Tidak bisa hanya duduk diam dan tenang di dalam kelas			*
Mementingkan penampilan	*		
Mementingkan kemampuan berbicara dengan baik		*	
Mementingkan pergerakan fisik			*

Perancangan Sistem

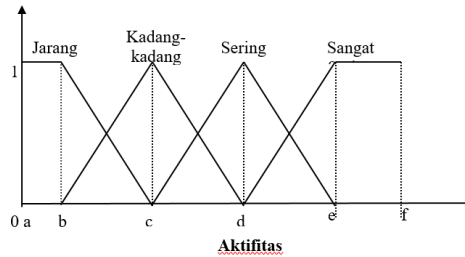
Untuk melakukan perancangan suatu sistem fuzzy perlu dilakukan beberapa tahapan berikut ini [5]:

- a. Mendefinisikan karakteristik model secara fungsional dan operasional.
 Pada bagian ini perlu diperhatikan karakteristik apa saja yang dimiliki oleh sistem yang ada, kemudian dirumuskan karakteristik operasi-operasi yang akan digunakan pada model fuzzy.
- b. Melakukan dekomposisi variabel model menjadi himpunan fuzzy
 Dari variabel-variabel yang telah dirumuskan, dibentuk himpunan-himpunan fuzzy yang berkaitan tanpa mengesampingkan domainnya.
- c. Membuat aturan fuzzy
 Aturan pada fuzzy menunjukkan bagaimana suatu sistem beroperasi. Cara penulisan aturan secara umum adalah : If (X₁ is A₁) (X_a is A_n) Then Y is B dengan (.) adalah operator (OR atau AND), X adalah scalar dan A adalah variabel linguistik.
- d. Menentukan metode defuzzy untuk tiap-tiap variabel solusi
 Pada tahap defuzzy akan dipilih suatu nilai dari suatu variabel solusi yang merupakan konsekuen dari daerah fuzzy. Metode yang paling sering digunakan adalah metode centroid, metode ini memiliki konsistensi yang tinggi, memiliki tinggi dan lebar total daerah fuzzy yang sensitif. Pada Metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-Then harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas

(*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot.

Perancangan Himpunan Fuzzy

a. Representasi Kurva Variabel Aktifitas



Gambar 2. Representasi Kurva Variabel Aktifitas

Pada gambar diatas terlihat bahwa semesta pembicaraan yang digunakan adalah mulai dari a s.d. f, sedangkan fungsi keanggotaan pada himpunan variable di atas adalah :

a. Himpunan Fuzzy Jarang

$$\mu_{\text{Jarang}} [x] = \begin{cases} 1 & , x \leq b \\ (c - x) / (c - b) & , b \leq x \leq c \\ 0 & , x \geq c \end{cases}$$

2. Himpunan Fuzzy Kadang-kadang

$$\mu_{\text{KadangKadang}}[x] = \begin{cases} 0 & , x \leq b \text{ atau } x \geq d \\ (x - b) / (c - b) & , b \leq x \leq c \\ (d - x) / (d - c) & , c \leq x \leq d \end{cases}$$

3. Himpunan Fuzzy Sering

$$\mu_{\text{Sering}} [x] = \begin{cases} 0 & , x \leq c \text{ atau } x \geq e \\ (x - c) / (d - c) & , c \leq x \leq d \\ (e - x) / (e - d) & , d \leq x \leq e \end{cases}$$

4. Himpunan Fuzzy SangatSering

$$\mu_{\text{SangatSering}}[x] = \begin{cases} 0 & , x \leq e \\ (x - e) / (f - e) & , e \leq x \leq f \\ 1 & , x \geq f \end{cases}$$

b. Representasi Kurva Variabel Kepastian

Himpunan fuzzy untuk vaiabel kepastian adalah hampir pasti tidak, mungkin tidak, mungkin, dan pasti. Bentuk kurva yang dipakai sama dengan variable aktivitas

Perancangan Aturan Fuzzy

Berikut salah satu dari Aturan Fuzzy untuk tes kepribadian :

If menyukai menggambar is sangat sering or menyukai menggambar is sering Then Introvert is pasti

Berikut salah satu dari Aturan Fuzzy untuk tes modalitas :

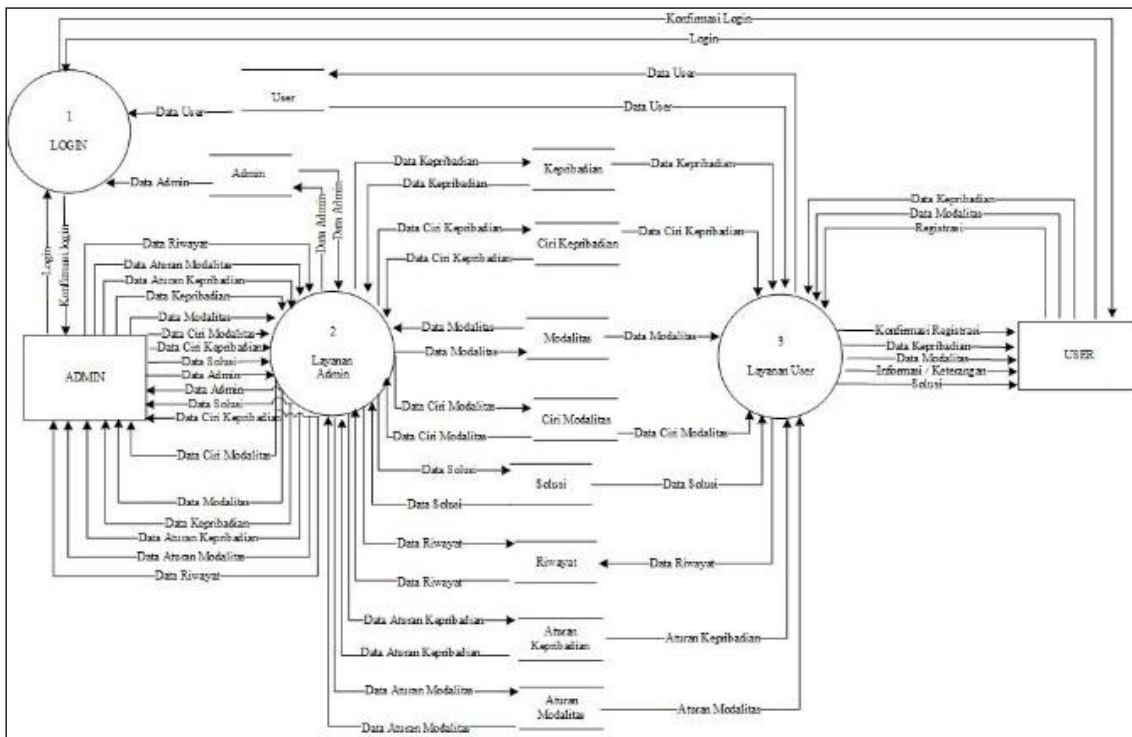
If berbicara dengan tempo yang cepat is sangat sering or Berbicara dengan tempo yang cepat is sering Then Visual is pasti

Berikut salah satu dari Aturan untuk solusi:

If Ekstrovert and Visual then Kode Solusi S01.

Perancangan Proses

Proses dapat digambarkan dengan *data flow diagram* dapat dilihat pada gambar 3 berikut. *Data flow diagram* pada level 1 memiliki tiga proses dan dua entitas. Entitas Admin berhubungan dengan proses satu atau *Login* dan proses dua atau *Layanan Admin*. Entitas *user* berhubungan dengan proses satu atau *Login* dan proses tiga atau *Layanan User*. Pada proses *Login*, admin maupun *user* akan melakukan proses *login* untuk dapat mengakses sistem sesuai dengan haknya. Pengguna yang belum terdaftar dapat ditambahkan sebagai admin melalui admin yang sudah terdaftar, sedangkan *user* yang belum terdaftar dapat melakukan registrasi sendiri melalui fasilitas registrasi.

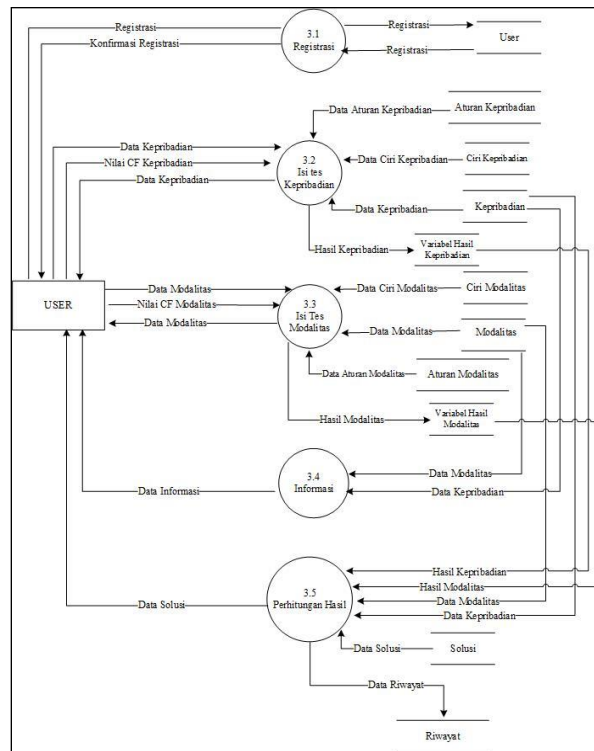


Gambar 3. DFD level 1

Berikut DFD level 2 pada gambar 4. Proses 3.2 merupakan proses isi tes kepribadian, proses ini merupakan proses saat melakukan tahap konsultasi pertama. Data-data yang terlibat adalah data mengenai ciri-ciri kepribadian dan data kepribadian yang disimpan dalam tabel Ciri Kepribadian dan Kepribadian.

Proses 3.3 merupakan proses isi tes modalitas, proses ini merupakan proses saat melakukan tahap konsultasi setelah konsultasi kepribadian. Data-data yang terlibat adalah data mengenai ciri-ciri modalitas dan data modalitas yang disimpan dalam tabel Ciri Modalitas dan Modalitas.

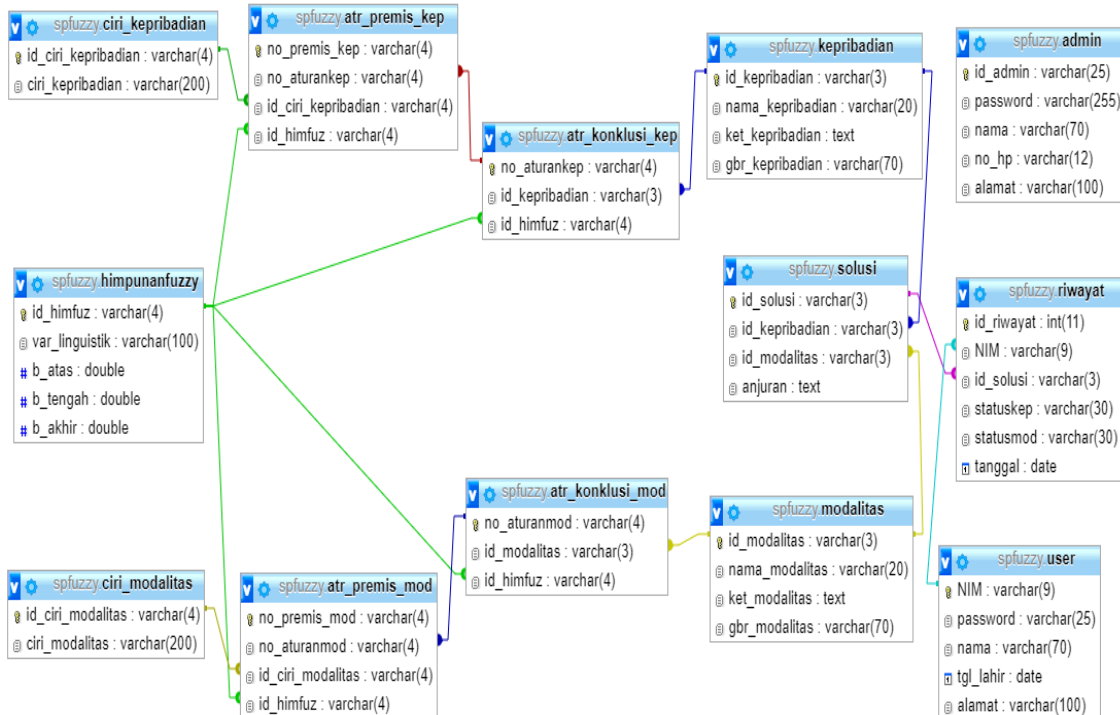
Proses 3.5 merupakan proses perhitungan hasil, dalam proses ini seluruh perhitungan untuk mendapatkan solusi dari konsultasi yang dilakukan berlangsung. Proses penghitungan hasil akan mengambil data yang telah diinputkan oleh pengguna pada saat konsultasi berlangsung (data yang berasal dari proses 3.2 dan proses 3.3) kemudian akan di proses dengan perhitungan metode *Fuzzy Logic*. Proses perhitungan tersebut juga berdasarkan dari aturan yang sudah diberikan pada tabel aturan kepribadian dan aturan modalitas untuk menghasilkan solusi. Ketika proses perhitungan sudah selesai, maka solusi akan didapatkan melalui pencocokan hasil dengan tabel solusi. Pada proses 3.5 juga pengguna dapat menyimpan hasil konsultasinya pada tabel riwayat.



Gambar 4. DFD level 2.3

Perancangan Database

Berikut gambar 4 rancangan database yang digunakan di sistem pakar ini.



Gambar 5. Rancangan Antar Tabel (RAT)

Relasi Antar Tabel digunakan untuk menggambarkan hubungan antara tabel-tabel yang ada dalam suatu sistem. Tabel-tabel yang berelasi dihubungkan dengan garis penghubung atau konektor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut tampilan sistem pakar yang dihasilkan:

1. Halaman Olah Data Aturan Kepribadian
Halaman ini digunakan untuk mengolah data aturan fuzzy dalam menentukan kepribadian pengguna. Pengolahan aturan dilakukan oleh admin atau pakar.

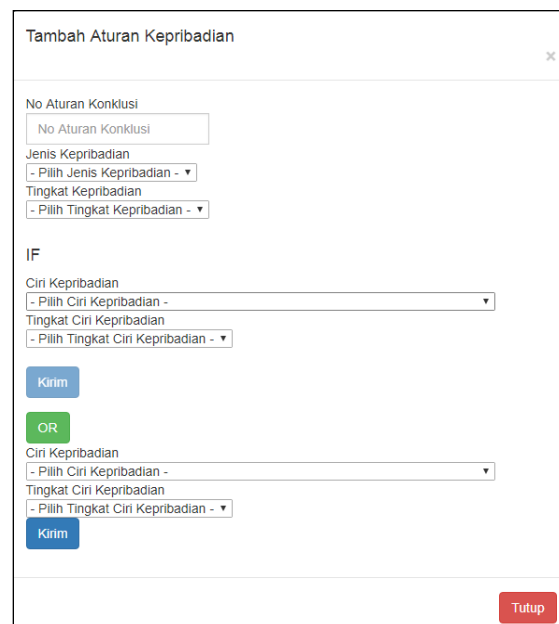


Gambar 6. Halaman Olah Aturan Kepribadian

Halaman olah aturan modalitas sama dengan halaman olah aturan kepribadian.

2. Halaman Tambah Aturan Kepribadian
Halaman ini digunakan untuk menambah aturan fuzzy sebagai aturan untuk menentukan kepribadian dari pengguna sistem. Fasilitas tambah aturan berada di dalam halaman olah data aturan. Aturan dapat berupa satu premis atau dua premis. Halaman tambah aturan modalitas sama dengan halaman tambah aturan kepribadian.

Gambar 7. Halaman tambah aturan (satu premis)



Gambar 8. Halaman tambah aturan (dua premis)

3. Halaman Konsultasi Kepribadian

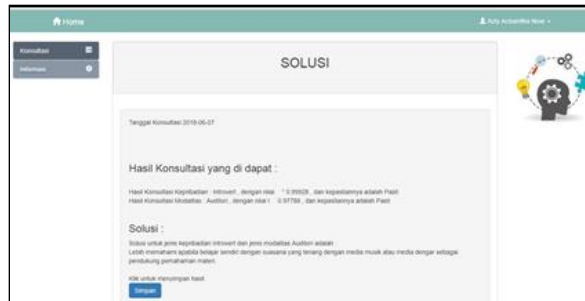
Halaman konsultasi digunakan oleh pengguna melakukan tes kepribadian dan modalitas. Pengguna dapat menjawab semua pertanyaan sesuai dengan sifat atau sikap kebiasaan pengguna. Pengguna menjawab pertanyaan dengan memilih antara jawaban 'ya' atau 'tidak'. Jika jawaban yang dimasukkan berupa jawaban 'ya' maka pengguna memasukkan nilai persentase keyakinan jawaban 'ya' yang bernilai antara 0 s.d. 1 (satu). Setelah semua pertanyaan dijawab, sistem pakar akan memberi jawaban kepribadian dan modalitas apakah yang sebenarnya dimiliki oleh pengguna, dan solusi cara pembelajaran yang baik atau toeat untuk kepribadian dan modalitas yang dipunyainya.



Gambar 9. Halaman Konsultasi Kepribadian

4. Halaman Solusi

Halaman ini merupakan halaman jawaban dari tes kepribadian dan modalitas dari pengguna sistem. Sistem menampilkan jenis kepribadian dan modalitasnya dengan persentase keyakinannya.



Gambar 10. Halaman Solusi

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisis, perancangan dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap sistem pakar tes kepribadian dan modalitas menggunakan metode *fuzzy logic* maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem dapat memberikan konsultasi terkait tes kepribadian dan modalitas belajar.
2. Sistem memberikan solusi berdasarkan jenis kepribadian dan modalitas yang didapat.
3. Hasil dari sistem ini adalah jenis kepribadian, jenis modalitas dan solusi mengenai cara belajar yang diperoleh dari metode *fuzzy logic*.

REFERENSI

- Budiman, I. 2010. Pembuatan Aplikasi Tes Kepribadian Berbasis Sistem Pakar Menggunakan Visual Studio .NET 2008. *Tesis*, Universitas Gunadarma, Depok.
- Deporter, B., & Hernacki, M. 2000. *Quantum pathways: Discovering your personal learning style*. Learning Forum Publications.
- Gunawan, A. W. 2003. *Born to be a Genius*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Jung, C. G. 1923. Psychological types: or the psychology of individuation. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/psycinfo/1923-15021-000>
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk pendukung keputusan*. Graha Ilmu .Yogyakarta.
- Mu'tadin, Z. 2002. Mengenal Cara Belajar Individu. *E-Psikologi. Com*. Retrieved from <http://repository.binus.ac.id/2009-1/content/E1122/E112234626.doc>
- Sudjana, N. 2005. *Berbagai Pendekatan dalam Proses Belajar Mengajar*. Sinar Baru Algesindo. Bandung.
- Yono, R. 2012. Aplikasi Sistem Pakar Menentukan Modalitas atau Gaya Belajar Anak. Retrieved from <http://repo.pens.ac.id/id/eprint/1573>

PERKIRAAN TEMPERATUR RESERVOIR PANASBUMI MENGUNAKAN PERSAMAAN GEOTERMOMETER DI BATURADEN, KABUPATEN, BANYUMAS, PROVINSI JAWA TENGAH

Intan Paramita Haty, Bambang Triwibowo, Yody Rizkianto

Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta

Email : intanparamitahaty@yahoo.co.id

ABSTRAK

Dua manifestasi air panas yang muncul di bagian selatan lereng Gunung Slamet, yakni Pancuran 7 dan Pancuran 3, menunjukkan adanya potensi panasbumi yang berada di bawah permukaan bumi. Penelitian tentang perkiraan temperatur reservoir ini menggunakan persamaan geothermometer dengan melibatkan konsentrasi unsur-unsur kimia didalam sampel mata air panas Pancuran 7 dan Pancuran 3 yang telah dianalisis dengan menggunakan SAA (Spektrofotometri serapan atom), Elektroanalisis (potensiometri atau HPLC), IC, Spektrofotometri uv-vis, turbidimetri dan volumetri. Persamaan geothermometer yang digunakan yaitu geothermometer Na-K, geothermometer silika, dan geothermometer Na-K-Ca. Berdasarkan data temperatur permukaan diketahui bahwa temperatur tertinggi sumber mata air panas berada di mata air panas Pancuran 7 dengan temperatur sebesar 53°C sedangkan mata air panas Pancuran 3 memiliki temperatur sebesar 47°C sedangkan dari perhitungan geothermometer Na-K-Ca berkisar antara 223°C - 227°C.

Kata kunci : panasbumi, geothermometer, reservoir, manifestasi.

PENDAHULUAN

Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng kerak bumi yang besar yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Pulau Jawa berada di bagian tengah busur vulkanik Sunda yang terjadi karena tumbukan konvergen antara lempeng samudra Indo-Australia yang bergerak menunjam ke utara di bagian bawah Lempeng Eurasia dan memanjang dari Laut Andaman menerus ke timur melalui Sumatra, Jawa, Bali sampai Pulau Flores. Tumbukan ini dimulai sejak Kenozoikum dan menghasilkan gaya kompresi utara – selatan yang membentuk sesar geser berarah barat laut – tenggara, serta memicu terjadinya aktifitas magmatisme dan vulkanisme di Pulau Jawa.

Jawa Tengah, bagian dari busur gunung api yang disebut sebagai *ring of fire*, mempunyai deretan gunung api aktif, salah satu gunung api tersebut adalah gunung api Slamet. Gunung Slamet yang berumur kuarter secara administratif berada di kabupaten Banyumas, Brebes, dan Tegal Provinsi Jawa Tengah. Kehadiran Gunung Slamet dengan manifestasi panasbumi yang ada di sekitarnya, layak diteliti lebih lanjut. Dua mata air panas dijumpai di bagian selatan lereng Gunung Slamet yakni Pancuran 7 dan Pancuran 3 di area obyek wisata Baturaden. Dua manifestasi air panas yang muncul tersebut menunjukkan adanya sumber air panas yang berada di bawah permukaan bumi. Untuk mengetahui besarnya energi panasbumi di daerah tersebut, perlu melaksanakan penelitian untuk mengetahui estimasi temperatur reservoir panasbumi dengan memakai persamaan geothermometer. Penelitian ini memfokuskan pemakaian persamaan

geothermometer untuk memperkirakan temperatur reservoir panasbumi.

METODE

Bahan yang dipergunakan untuk melakukan penelitian ini menggunakan sampel manifestasi mata air panas bumi dari Pancuran 7 dan Pancuran 3. Sampel yang telah diambil akan dianalisa untuk mengetahui kandungan unsur-unsur kimia yang terkandung pada sampel tersebut. Kandungan unsur-unsur kimia tersebut dimasukkan ke dalam persamaan geothermometer untuk memperkirakan temperatur reservoir sumber panas bumi.

Hal-hal yang dilakukan sebelum pengambilan sampel manifestasi mata air panas terdiri dari persiapan laboratorium. Setelah dilakukan pemeriksaan lapangan, pengambilan contoh air, pemeriksaan laboratorium, maka dilakukan evaluasi dan pengolahan data hasil analisis kimia (BPTKG, 2015).

a. Persiapan di laboratorium

Kegiatan ini meliputi persiapan peralatan dan bahan yang diperlukan untuk menunjang pemeriksaan air langsung di lapangan serta untuk pengambilan contoh air di lapangan termasuk peralatan kesehatan dan keselamatan kerja.

- Peralatan yang diperlukan untuk pemeriksaan air langsung dilapangan, yaitu :
 - + pH meter digital beserta larutan buffer pH 4,7, dan 10 atau kertas pH universal.
 - + Termokopel beserta meter.
 - + Konduktivimeter beserta larutan kalibrasi.
 - + Alat ukur debit air.
 - + Higrometer.
 - + Global Positioning system (GPS)
- Peralatan dan bahan yang diperlukan untuk pengambilan contoh manifestasi mata air panas di lapangan, yaitu :
 - + Alat penyaring contoh : gayung, beaker plastik
 - + Alat penyaring contoh : kertas saring beserta corong, kertas milipore beserta filter holder
 - + Bahan kimia untuk pengawet
 - + Botol contoh

b. Pemeriksaan lapangan

Kegiatan ini meliputi pengukuran sifat fisika dan sifat kimia. Sifat fisika meliputi pengukuran temperatur, pemeriksaan warna, bau, dan rasa, pengukuran debit dan derajat keasaman (pH) sedangkan pengukuran kimia meliputi pengukuran pH, total padatan terlarut (TDS), salinitas.

c. Pengambilan contoh air

Kegiatan ini meliputi penentuan titik/lokasi pengambilan contoh, pengambilan contoh, pengolahan pendahuluan, dan pengawetan contoh.

d. Pemeriksaan laboratorium

Unsur-unsur yang diperiksa serta metode analisis kimia yang digunakan untuk pemeriksaan unsur-unsur kimia adalah sebagai berikut :

- Unsur-unsur kimia yang diperiksa
 - + Unsur mayor : Na, K, Ca, Mg, Li, Fe, Mn, Al, SiO₂, HCO₃⁻, CO₂, Cl⁻, SO₄²⁻, F, H₂S, NH₃, B.
 - + Isotop stabil (Oksigen-18 dan Deuterium)
- Metode analisa kimia yang digunakan
 - + Analisis konvensional : volumetri
 - + Analisis instrumen yang terdiri dari :
 - ✓ Elektroanalisis, meliputi : potensiometri, konduktometri, pH
 - ✓ Spektroanalisis, meliputi : kolorimetri, spektrofotometri uv-vis, spektrofotometri massa, spektrofotometri serapan atom, turbidimetri

- ✓ HPLC (High Performance Liquid Chromatography)
- ✓ Water Isotop Analyzer (¹⁸O dan D)

Tabel 1. Parameter yang diukur dan metode analisisnya

No	Parameter yang diukur	Metode
1	Na, K, Ca, Mg, Li, Fe, Mn, Al, SiO ₂	SAA (Spektrofotometri serapan atom)
2	HCO ₃ ⁻ , CO ₂	Elektroanalisis : potensiometri, pH
3	Cl ⁻ , I ⁻	Elektroanalisis : potensiometri atau HPLC, IC
4	SO ₄ ²⁻	Spektrofotometri uv-vis, turbidimetri, HPLC, IC
5	F ⁻	Spektrofotometri uv-vis, HPLC, IC
6	H ₂ S	Volumetri
7	NH ₃	Spektrofotometri uv-vis
8	B	Volumetri

- e. Evaluasi dan pengolahan data hasil analisis kimia
- Evaluasi hasil analisis kimia
 Untuk mengevaluasi tingkat ketelitian hasil analisis dilakukan dengan menghitung kesetimbangan ion (ion balance). Harga deviasi dari kesetimbangan ion tersebut tidak boleh melebihi 5%.
 - Pengolahan data analisis kimia

GEOLOGI REGIONAL

Menurut Van Bemmelen, 1949 daerah penelitian secara fisografis terletak di Zona Gunung Api Kuarter yang disekitarnya berada pada Zona Serayu Utara.

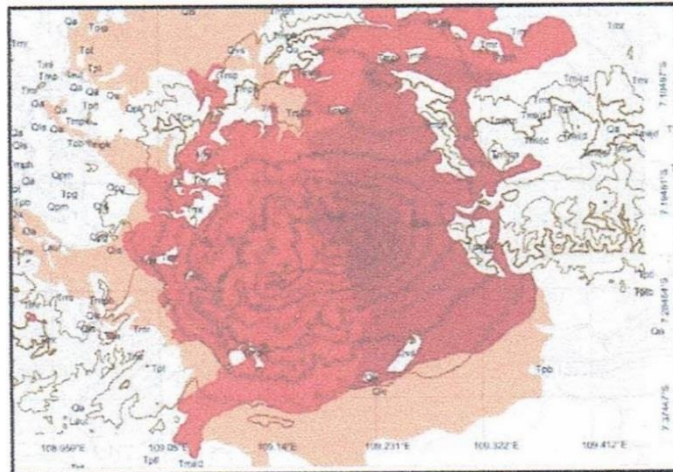
Morfologi atau roman muka bumi Gunung Slamet dapat dibagi menjadi dua kelompok morfologi utama (Widagdo, A., dkk, 2013). Kedua morfologi utama ini adalah :

- a. Morfologi Gunung Slamet Tua; menyusun bagian barat Gunung Slamet
 - b. Morfologi Gunung Slamet Muda; menempati bagian timur Gunung Slamet
- Satuan geomorfologi Gunung Slamet muda ini dapat dibagi lagi menjadi :
- a. Morfologi Kerucut, merupakan puncak gunung api muda
 - b. Morfologi Tubuh Gunung, menempati sisi selatan – timur dan utara, di bagian bawah bagian kerucut
 - c. Morfologi Kaki Gunung, melampar di sisi selatan – timur dan utara
 - d. Morfologi Kerucut Cinder, terutama berkembang di timur Gunung Slamet

Kenampakan Gunung Slamet Tua dibagian barat memperlihatkan bentuk morfologi yang tidak beraturan dengan relief kasar. Pola pengaliran yang berkembang di tubuh Gunung Slamet purba ini adalah dendritic dengan stadia sungai pada stadi muda, lembah sungai berbentuk huruf “V” dengan lereng yang curam.

Urutan stratigrafi, menurut Djuri, M. Dkk., 1996, (dalam Widagdo, 2013) batuan/litologi yang terdapat di lereng Gunung Slamet diantaranya tersusun oleh kelompok batuan-batuan (Gambar 1):

- a. Breksi, lava, tuf (Qvs) Gunung Slamet Tua
- b. Breksi, lava (Qvls) Gunung Slamet Muda
- c. Breksi Laharik (Qls) Gunung Slamet Tua dan Muda

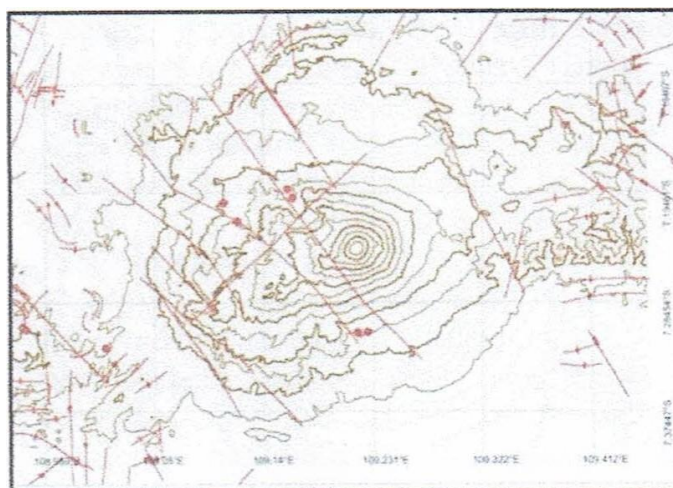


Gambar 1. Sebaran batuan Gunung Api Slamet Tua (Qvs, di sebelah barat) dan Muda (Qvls, di Timur) serta sebaran material rombakan keduanya (Qls) (Widagdo, A., dkk, 2013).

Secara setempat dalam dimensi kecil, sempit, dan kurang terpetakan dijumpai batuan-batuan tua yang menjadi dasar tubuh Gunung Slamet (Candra A. Dan Widagdo, A., 2011 dalam Widagdo, A., dkk, 2013) diantaranya berupa :

- Batupasir dan konglomerat tufaan Formasi Halang yang berumur Miosen Tengah-Akhir
- Breksi Formasi Kumbang yang berumur Miosen Tengah-Akhir
- Batuan intrusi diorit Tersier yang berumur Miosen Akhir
- Batulempung-batupasir Formasi Tapak yang berumur Pliosen

Menurut Djuri, M. Dkk., 1996 dalam Widagdo, A., dkk, 2013 struktur patahan utama yang terbentuk di sebelah timur laut Gunung Slamet merupakan sesar-sesar mendatar mengiri dan menganan yang berarah barat daya – timur laut. Di sebelah timur berkembang struktur patahan mendatar mengiri dan menganan berarah baratlaut-tenggara serta lipatan berarah barat-timur. Di tengah tubuh Gunung Slamet Tua terpotong oleh kelurusan berarah baratlaut-tenggara, yang diinterpretasikan sebagai sesar mendatar menganan. Kekar-kekar tensi dan sesar-sesar normal minor berarah baratdaya-timurlaut dilapangan diinterpretasikan sebagai struktur penyerta dari struktur sesar mendatar menganan berarah baratlaut-tenggara ini (Gambar 2).



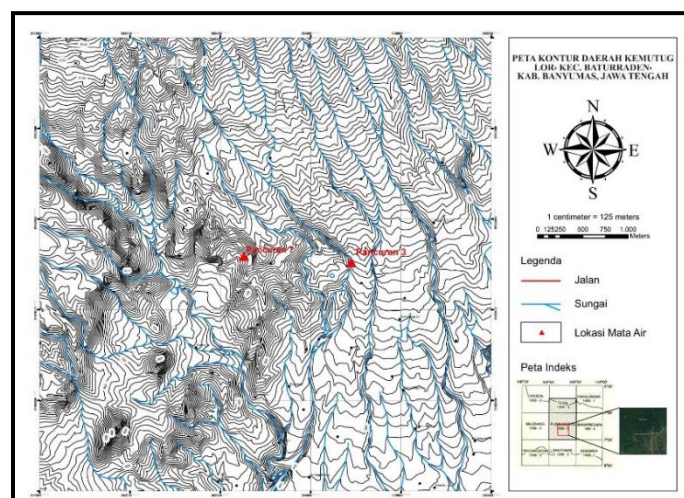
Gambar 2. Kelurusan struktur patahan geologi di Gunung Slamet dan sekitarnya (Widagdo, A., dkk, 2013).

HASIL DAN DISKUSI

a. Data Pengujian Manifestasi Panasbumi

Manifestasi panas bumi yang dijumpai di daerah telitian sejumlah dua titik (Gambar 3), yaitu mata air panas Pancuran 3 (Gambar 3) dan mata air panas Pancuran 7 (Gambar 4). Berdasarkan pengamatan terdapat singkapan batuan breksi disekitar manifestasi mata air panas Pancuran 3 sedangkan di Pancuran 7 dijumpai endapan travertin yang mengendap di bagian bawah. Data temperatur permukaan diketahui bahwa temperatur tertinggi sumber mata air panas berada di mata air panas Pancuran 7 dengan temperatur sebesar 53°C sedangkan mata air panas Pancuran 3 memiliki temperatur sebesar 47°C.

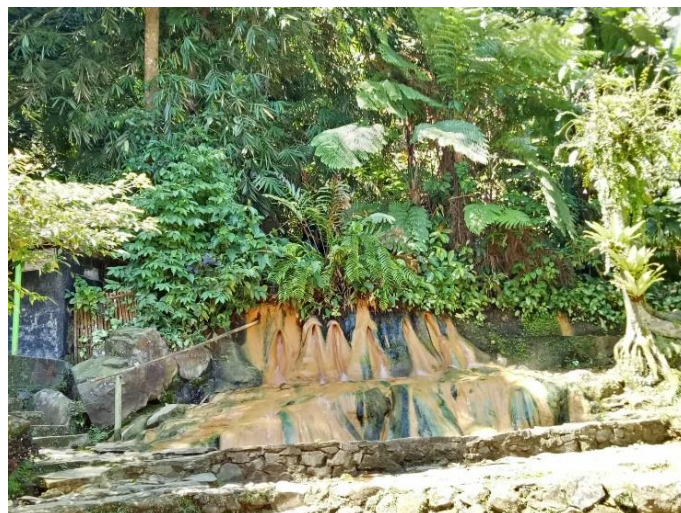
Analisa geokimia manifestasi panas bumi dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur kation maupun anion dari mata air panas yang dijumpai dilapangan. Berdasarkan hasil analisa kimia (lampiran 1) pada sampel mata air panas yang dilakukan di laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi Bandung, diperoleh data-data seperti yang terlihat pada tabel 2.



Gambar 3. Peta Lokasi Mata Air Panas Pancuran 3 dan Pancuran 7



Gambar 4. Manifestasi Panas Bumi Pancuran 3



Gambar 5. Manifestasi Panas Bumi Pancuran 7

Tabel 2. Hasil analisis geokimia mata air panas Pancuran 3 dan Pancuran 7

- Manifestasi Mata Air Panas Pancuran 3

Parameter	Satuan	Pancuran 3	Metoda
pH		6.62	SNI 06-6989-11-2004
DHL/EC	(umhos/cm)	3310	SNI 06-6989-11-2004
TDS	(mg/L)	3444	SNI 06-6989-11-2004
SiO ₂	(mg/L)	178.01	SNI 06-2603-1992
B	(mg/L)	3.28	Mahon Ellis, A, J, 1977
Al ³⁺	(mg/L)	0.01	SNI 6989-34-2009
As ³⁺	(mg/L)	0.10	MP-Agilent 4100
NH ₄ ⁺	(mg/L)	3.66	SNI 06-2479-1991
F ⁻	(mg/L)	0.00	SNI 6989-29-2005/IC-Dionex ICS 1600
Cl ⁻	(mg/L)	651.37	SNI 6989-19-2009/IC-Dionex ICS 1600
SO ₄ ²⁻	(mg/L)	544.51	SNI 6989-20-2009/IC-Dionex ICS 1600
HCO ₃ ⁻	(mg/L)	675.25	APHA-AWMA 22 nd-2012
CO ₃ ²⁻	(mg/L)	0.00	APHA-AWMA 22 nd-2012
Fe ³⁺	(mg/L)	0.45	K-III-32-26 (AAS)
Ca ²⁺	(mg/L)	196.85	K-III-32-26 (AAS)
Mg ²⁺	(mg/L)	199.98	K-III-32-26 (AAS)
Na ²⁺	(mg/L)	353.19	K-III-32-26 (AAS)
K ⁺	(mg/L)	87.82	K-III-32-26 (AAS)
Li ⁺	(mg/L)	0.62	K-III-32-26 (AAS)

- Manifestasi Mata Air Panas Pancuran 7

Parameter	Satuan	Pancuran 7	Metoda
pH		6.80	SNI 06-6989-11-2004
DHL/EC	(umhos/cm)	3440	SNI 06-6989-11-2004
TDS	(mg/L)	3624	SNI 06-6989-11-2004
SiO ₂	(mg/L)	182.66	SNI 06-2603-1992
B	(mg/L)	2.18	Mahon Ellis, A, J, 1977

Al ³⁺	(mg/L)	0.02	SNI 6989-34-2009
As ³⁺	(mg/L)	0.10	MP-Agilent 4100
NH ₄ ⁺	(mg/L)	5.62	SNI 06-2479-1991
F ⁻	(mg/L)	0.00	SNI 6989-29-2005/IC-Dionex ICS 1600
Cl ⁻	(mg/L)	691.57	SNI 6989-19-2009/IC-Dionex ICS 1600
SO ₄ ²⁻	(mg/L)	555.01	SNI 6989-20-2009/IC-Dionex ICS 1600
HCO ₃ ⁻	(mg/L)	710.48	APHA-AWMA 22 nd-2012
CO ₃ ²⁻	(mg/L)	0.00	APHA-AWMA 22 nd-2012
Fe ³⁺	(mg/L)	9.93	K-III-32-26 (AAS)
Ca ²⁺	(mg/L)	221.82	K-III-32-26 (AAS)
Mg ²⁺	(mg/L)	197.29	K-III-32-26 (AAS)
Na ²⁺	(mg/L)	363.26	K-III-32-26 (AAS)
K ⁺	(mg/L)	86.24	K-III-32-26 (AAS)
Li ⁺	(mg/L)	0.69	K-III-32-26 (AAS)

Untuk mengevaluasi tingkat ketelitian hasil analisis dilakukan dengan menghitung kesetimbangan ion (ion balance). Harga deviasi dari kesetimbangan ion tersebut tidak boleh melebihi 5%. Berdasarkan hasil analisa geokimia tersebut diatas, hasil evaluasi kesetimbangan ion manifestasi mata air panas Pancuran 3 dan Pancuran 7 sebesar 4%, sehingga hasil analisa geokimia tersebut layak digunakan untuk tahapan selanjutnya.

b. Perhitungan Temperatur Reservoir

- Geothermometer Na-K

Geothermometer Na-K dapat diterapkan untuk reservoir air klorida dengan T>180°C. Geothermometer ini mempunyai keunggulan dengan tidak banyak terpengaruh oleh *dilution* maupun *steam loss*. Akan tetapi geothermometer ini kurang bagus untuk T <100°C, juga untuk air yang kaya Ca atau yang banyak berasosiasi dengan endapan travertin.

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan geothermometer Na-K, diperoleh perkiraan temperatur suhu reservoir seperti pada tabel 4.

Perhitungan temperatur reservoir panas bumi yang dihitung dengan menggunakan geothermometer Na-K berkisar antara 312°C - 317°C.

Tabel 4. Hasil perhitungan temperatur reservoir panas bumi dengan menggunakan geothermometer Na-K

No	Lokasi Sampel	Konsentrasi Na	Konsentrasi K	Perkiraan Temperatur Reservoir
1.	Pancuran 3	353.19	87.82	317
2.	Pancuran 7	363.26	86.24	312

- Geothermometer Silika

Pada fluida reservoir bersuhu > 220°C kuarsa dapat mengendap akibat pendinginan perlahan, apabila pendinginan berlangsung sangat cepat (misalnya pada mulut mata air) maka akan terbentuk/mengendap silika amorf. Geothermometer kuarsa umumnya bik digunakan untuk reservoir bertemperatur 150°C. Dibawah 150°C kandungan silika dikontrol oleh kalsedon (Yoga Ariwibawa, 2011).

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan geothermometer Silika, diperoleh perkiraan temperatur suhu reservoir seperti pada tabel 6.

Perhitungan temperatur reservoir panas bumi yang dihitung dengan menggunakan geothermometer Silika berkisar antara 49°C - 51°C.

Tabel 6. Hasil perhitungan temperatur reservoir panas bumi dengan menggunakan geothermometer Silika

No	Lokasi Sampel	Konsentrasi SiO ₂	Perkiraan Reservoir	Temperatur
1.	Pancuran 3	178.01	49	
2.	Pancuran 7	182.66	51	

- Geothermometer Na-K-Ca

Geothermometer ini (Fournier & Truesdel, 1973) digunakan untuk air dengan konsentrasi unsur Ca yang tinggi, dengan beberapa asumsi yang digunakan untuk membuat persamaan geothermometer Na-K-Ca adalah :

- ✚ Ada kelebihan silika
- ✚ Aluminium tetap berada pada fasa padat

Rumus persamaan untuk geothermometer ini adalah :

$$T = (1647/\log (Na/K) + \beta \log (\sqrt{Ca/Na}+2.06) + 2.47)) - 273.15$$

Dimana :

- ✚ Jika $\log (\sqrt{Ca/Na}+2.06) < 0$, gunakan $\beta = 1/3$ kemudian hitung T° C
- ✚ Jika $\log (\sqrt{Ca/Na}+2.06) > 0$, gunakan $\beta = 4/3$ kemudian hitung T° C, jika T terhitung < 100°C maka hasil dapat diterima, jika T terhitung > 100°C hitung ulang T° C dengan $\beta = 1/3$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan geothermometer Na-K-Ca, diperoleh perkiraan temperatur suhu reservoir seperti pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil perhitungan temperatur reservoir panas bumi dengan menggunakan geothermometer Na-K-Ca

No	Lokasi Sampel	Konsentrasi Na	Konsentrasi K	Konsentrasi Ca	Perkiraan Temperatur Reservoir
1.	Pancuran 3	353.19	87.82	196.85	227
2.	Pancuran 7	363.26	86.24	221.82	223

Perhitungan temperatur reservoir panas bumi yang dihitung dengan menggunakan geothermometer Na-K-Ca berkisar antara 223°C - 227°C. Termometer yang dihitung dengan menggunakan geothermometer ini lebih memungkinkan untuk digunakan dalam menentukan perkiraan tempertur reservoir panas bumi daerah Baturaden apabila dibandingkan dengan geothermometer Na-K dan geothermometer silika.

Potensi panas bumi menurut Badan Geologi (2009) dikatagorikan menjadi tiga yaitu potensi energi kecil (temperatur reservoir <200°C dengan potensi energi berkisar 50 MW), potensi energi sedang (temperatur reservoir 200°C-250°C dengan potensi energi berkisar 50-100 MW) dan potensi energi besar (temperatur reservoir >250°C dengan potensi energi berkisar >100 MW)

KESIMPULAN

Dari perhitungan geothermometer Na-K diperoleh temperatur reservoir panas bumi berkisar antara 312°C - 317°C, geothermometer Silika berkisar antara 49°C - 51°C, dan geothermometer Na-K-Ca berkisar antara 223°C - 227°C. Dari ketiga geothermometer tersebut,

geothermometer yang digunakan untuk memperkirakan temperatur reservoir panas bumi Baturaden adalah geothermometer Na-K-Ca. Berdasarkan perkiraan nilai temperatur reservoir yang dihitung dengan menggunakan persamaan geothermometer Na-K-Ca, maka reservoir panas bumi di daerah Baturaden termasuk dalam wilayah potensi panas bumi kategori sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aribowo, Yoga., 2011, Prediksi Temperatur Reservoir Panas Bumi Dengan Menggunakan Metoda Geothermometer Kimia Fluida. Teknik Vol 32. No 3. Hal. 234-238
- Badan Geologi, 2009, *Tipe Sistem Panas Bumi di Indonesia dan Estimasi Potensi Energinya*, Jakarta
- BPTKG, 2015, Geokimia Air : Workshope Geokimia Gunungapi “Memahami geokimia dalam upaya mitigasi gunungapi”. Yogyakarta
- Browne, P. R. L., and Freeston, D.H., 1994, *Teaching The Teachers : Geothermaltechnology*, Geothermal Institute University of Auckland
- Giggenbach, W. F., 1991. Chemical Techniques in Geothermal Exploration in : *Application of Geochemistry in Geothermal Reservoir Development*, UNITAR/UNDP Centre on Small Energy Resources, p. 119-144
- Giggenbach, W. F., 1988. Geothermal Solute Equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca Geoindicators. *Geochemicaet Cosmochimica Acta* Vol. 52, p. 2749-2765
- Iswahyudi, S. dkk., 2016. *Analisis Zona Permeabel Fluida Sistem Panas Bumi Gunung Api Slamet Berdasarkan Analisis Kerapatan Kelurusan Citra SRTM dan Struktur Geologi*. Dinamika Rekayasa Vol. 12. No. 1, hal. 25-29
- Nicholson, K., 1993. *Geothermal Fluids Chemistry and Exploration Techniques*. New York : Springer-Verlag, Inc.
- Sumotarto, U., 2015. *Eksplorasi Panas Bumi*, Penerbit Ombak, Yogyakarta
- Van Bemmelen, R. W., 1949. *The Geology of Indonesia : General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes, the East Indies, Inclusive of the British Part of Borneo, the Malay Peninsula, the Philippine Islands, Eastern New Guinea, Cvhrismas Island, and the Andaman and Nicobar Island*. The Hague : Government Printing Office
- Widagdo, A. dkk., 2013. *Pengaruh Struktur Geologi Gunung Slamet Muda dan Tua Terhadap Pola Sebaran Panas Bumi*. IRWNS, hal. 204-207

**ANALISIS METODE GEOMAGNETIK DENGAN
MENGUNAKAN FILTER *TOTAL HORIZONTAL DERIVATIVE*
DAN *TILT DERIVATIVE* UNTUK MEMETAKAN SUMBER PANAS
SEBAGAI PARAMETER AWAL DALAM PENENTUAN POTENSI
PANAS BUMI DAERAH PARANGWEDANG, BANTUL**

Hafiz Hamdalah, Eko Wibowo

Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta

email: hafizhamdalah@upnyk.ac.id , ekowibowo.geofisika@yahoo.com

ABSTRACT

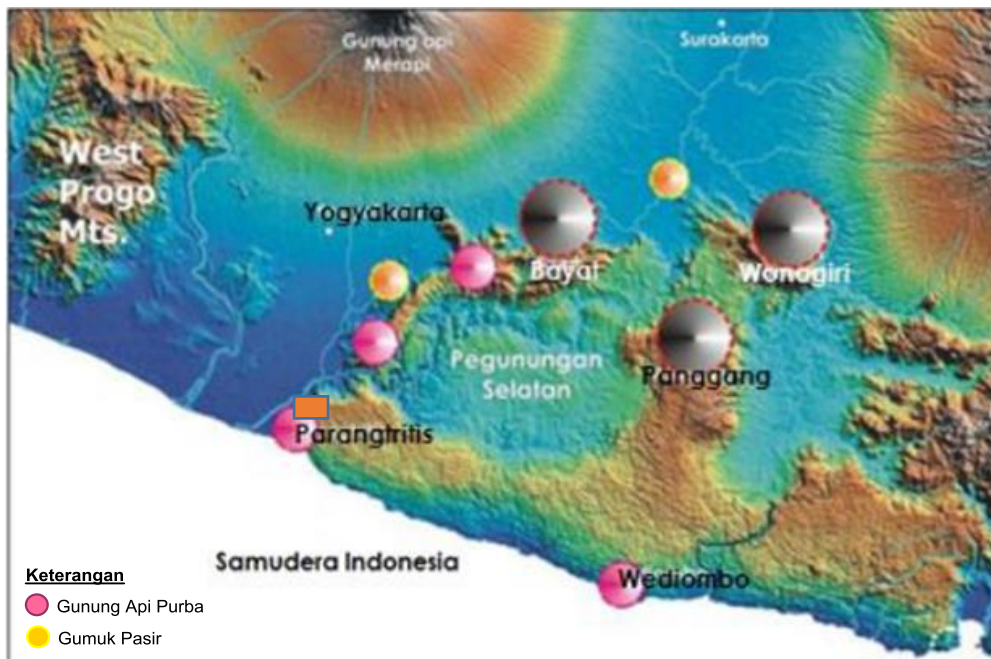
The study was conducted in the Parangwedang area, purposed of mapping heat sources using geomagnetic methods with a total of 120 points of measurement. In this study a filtering process was carried out using analysis of derivatives (total horizontal derivatives and tilt derivatives). Both of these filters are used to find out whether there is a heat source or a fault that is a major component in the geothermal system. Based on field measurements in Parangwedang area, the magnetic intensity values ranged from 44,840 - 45240 nT. Small magnetic field values are interpreted as heat sources in the Parangwedang area. Contour patterns with high magnetic field values are interpreted as iron sand deposits in the study area.

keyword : geomagnetic, geothermal, total horizontal derivative, tilt derivative

PENDAHULUAN

Pada daerah panas bumi yang berasosiasi dengan lingkungan vulkanik, saat ini sudah banyak dikembangkan dan menghasilkan energi listrik yang bisa dimanfaatkan. Sedangkan pada daerah panas bumi yang terdapat pada lingkungan non-vulkanik masih belum dikembangkan dengan optimal. Salah satu kendalanya adalah masih kurangnya data geosains serta pemahaman tentang karakteristik dan pembentukan sistem panas bumi non-vulkanik salah satunya adalah daerah Parangwedang. Hocstein dan Browne, 2000 berdasarkan temperatur reservoir, sistem panas bumi dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu reservoir bertemperatur rendah ($T < 125^{\circ}\text{C}$), temperatur sedang ($T 125-225^{\circ}\text{C}$). dan temperatur tinggi ($T 225^{\circ}\text{C}$). Daerah panas bumi yang tergolong bersuhu rendah sampai sedang tidak dapat digunakan sebagai sumber energi pembangkit listrik, namun dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain, seperti wisata pemandian air panas, pengeringan hasil perkebunan dan lain sebagainya.

Salah satu daerah panas bumi bersuhu rendah - sedang adalah sistem panas bumi Parang Wedang, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sistem panas bumi ini merupakan sistem panas bumi non-vulkanik yang berasosiasi dengan vulkanik Tersier (Idral, dkk, 2003). Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Hartono, dkk (2013), sumber panasnya diperkirakan berasal dari gunung api purba Parangtritis serta dijelaskan mengenai sebaran gunung api purba di Pegunungan Selatan Yogyakarta (**Gambar 1**). Daerah Parang Wedang ditandai oleh dua mata air panas bersuhu 47°C dan 49°C . Adanya sumber air panas tersebut merupakan salah satu indikator keterdapatannya sistem panas bumi di bawah permukaannya. Hal itu mendorong untuk dilakukan penelitian untuk mengetahui keberadaan sumber panas dari sistem panas bumi yang berhubungan dengan mataair panas Parang Wedang.



Gambar 1. Sebaran gunung api purba di Pegunungan Selatan, Yogyakarta – Jawa Tengah pada citra SRTM (Hartono, dkk, 2013)

DASAR TEORI

1. Potensial Magnetostatik

Potensial magnetostatik didefinisikan sebagai tenaga yang diperlukan untuk memindahkan satu satuan kutub magnet dari titik tak-terhingga ke suatu titik tertentu dan dapat dituliskan persamaan 1,

$$A(r) = - \int_{\infty}^r H(r) dr \quad (1)$$

Untuk benda tiga dimensi, material didalamnya memberikan sumbangan momen magnetik persatuan volume $M(r)$. Jadi potensialnya merupakan hasil integral sumbangan momen dwikutub persatuan volume dan dapat dituliskan persamaan 2,

$$\begin{aligned} A(r_0) &= - \int_v M(r) \nabla \frac{1}{r_0 - r} dV \\ &= - M \frac{\partial}{\partial \alpha} \int_v \frac{1}{r_0 - r} dV \end{aligned} \quad (2)$$

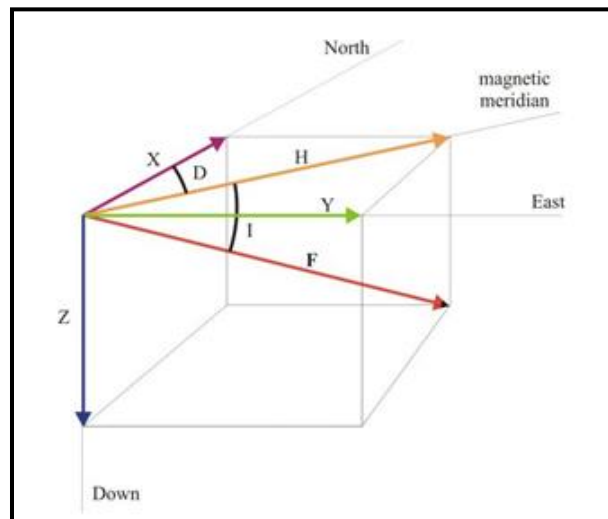
Dan medan magnet benda sebagai penyebab timbulnya anomali dapat dituliskan sebagai persamaan 3,

$$H(r_0) = \nabla \int_v M(r) \nabla \frac{1}{r_0 - r} dV \quad (3)$$

2. Medan Magnet Bumi

Bumi berlaku seperti sebuah magnet sferis yang sangat besar dengan suatu medan magnet yang mengelilinginya. Medan itu dihasilkan oleh suatu dipole magnet yang terletak pada pusat bumi. Sumbu dipole ini bergeser sekitar 11° dari sumbu rotasi bumi, yang berarti kutub utara geografis bumi tidak terletak pada tempat yang sama dengan kutub selatan magnetik bumi. Menurut IGRF (2000), melalui perhitungan posisi simetris dimana dipole magnetik memotong permukaan bumi, letak kutub utara magnet bumi adalah $79,3^\circ \text{ N}$, $71,5^\circ \text{ W}$ dan $79,3^\circ \text{ S}$, $108,5^\circ \text{ E}$ untuk kutub selatan. Medan magnet bumi terkarakterisasi oleh parameter fisis yang dapat diukur yaitu arah dan intensitas kemagnetannya. Parameter fisis itu adalah deklinasi magnetik D , intensitas horisontal H dan intensitas vertikal Z seperti dapat dilihat pada Gambar 2. Dari elemen-elemen ini, semua parameter medan magnet lainnya dapat dihitung.

Parameter yang menggambarkan arah medan magnetik adalah deklinasi D (sudut antara utara magnetik dan utara geografis) dan inklinasi I (sudut antara bidang horisontal dan vektor medan total), yang diukur dalam derajat. Intensitas medan magnetik total F digambarkan dengan komponen horisontal H , komponen vertikal Z dan komponen horisontal kearah utara X dan kearah timur Y (**Gambar 2**). Intensitas medan magnetik bumi secara kasar antara $25.000 - 65.000 \text{ nT}$. Untuk Indonesia, wilayah yang terletak di utara ekuator mempunyai intensitas $\approx 40.000 \text{ nT}$, sedangkan yang di selatan ekuator $\approx 45.000 \text{ nT}$.



Gambar 2. Tiga Elemen medan magnet bumi (Modifikasi Telford dkk, 1990)

Medan magnet utama bumi berubah terhadap waktu sehingga untuk menyeragamkan nilai-nilai medan utama magnet bumi, dibuat standard nilai yang disebut dengan International Geomagnetism Reference Field (IGRF) yang diperbaharui tiap 5 tahun sekali. Nilai-nilai IGRF tersebut diperoleh dari hasil pengukuran rata-rata pada daerah luasan sekitar 1 juta km^2 yang dilakukan dalam waktu satu tahun (Telford dkk, 1990).

Medan magnet bumi terdiri dari tiga bagian, yaitu :

1. Medan utama (Main field)

Pengaruh medan utama magnet bumi $\pm 99\%$ dan variasinya terhadap waktu sangat lambat dan kecil.

2. Medan luar (external field)

Pengaruh medan luar berasal dari pengaruh luar bumi yang merupakan hasil ionisasi di atmosfer yang ditimbulkan oleh sinar ultraviolet dari matahari. Karena sumber medan luar ini berhubungan dengan arus listrik yang mengalir dalam lapisan terionisasi di atmosfer, maka perubahan medan ini terhadap waktu jauh lebih cepat. Beberapa sumber medan luar antara lain :

- Perubahan konduktivitas listrik lapisan atmosfer dengan siklus 11 tahun
- Variasi harian dengan periode 24 jam yang berhubungan dengan pasang surut matahari dan mempunyai jangkau 30 nT
- Variasi harian dengan periode 25 jam yang berhubungan dengan pasang surut bulan dan mempunyai jangkau 2 nT
- Badai magnetik yang bersifat acak dan mempunyai jangkau sampai dengan 1000 nT

3. Anomali Medan Magnetik

Variasi medan magnetik yang terukur di permukaan merupakan target dari survey magnetik (anomali magnetik). Besarnya anomali magnetik berkisar ratusan sampai dengan ribuan nano-tesla, tetapi ada juga yang lebih besar dari 100.000 nT yang berupa endapan magnetik. Secara garis besar anomali ini disebabkan oleh medan magnetik remanen dan medan magnet induksi. Medan magnet remanen mempunyai peranan yang besar pada magnetisasi batuan yaitu pada besar dan arah medan magnetnya serta sangat rumit diamati karena berkaitan dengan peristiwa kemagnetan yang dialami sebelumnya. Sisa kemagnetan ini disebut dengan Normal Residual Magnetism yang merupakan akibat dari magnetisasi medan utama.

4. Continuation Filters

Filter kontinuitas termasuk kedalam jenis wavelenght filters. Filter ini memiliki kegunaan yang sama dengan spectral filtering, hanya saja pada filter kontinuitas mengasumsikan jarak ketinggian pandang dari atas. Semakin jarak memandang kita kebawah maka akan semakin detail pula komponen suatu benda akan terlihat. Hal tersebut diproyeksikan pada penglihatan peta anomali magnetik, semakin jarak pandang ke bawah maka yang akan terlihat adalah anomali magnetik dengan frekuensi tinggi (anomali residual) sehingga dinamakan filter downward-continuation. Filter downward-continuation dan high-pass memiliki kegunaan yang sama yaitu meminimalisi data frekuensi rendah (gelombang regional dari anomali dalam). Sedangkan upward-continuation merupakan kebalikan dari downward-continuation. Filter upward-continuation memiliki fungsi meninggikan jarak pandang kita pada suatu peta anomali magnetik sehingga bentuk anomali regional magnetik akan tampak lebih mendominasi. Seperti halnya filter low-pass, filter upward-continuation juga memiliki kegunaan yang sama yaitu meminimalisir frekuensi gelombang tinggi/anomali residual. Hanson & Miyaszki (1984) mengkhususkan penggunaan filter kontinuitas untuk pengukuran magnetik pada lingkup daerah yang luas serta memiliki kandungan batuan berkemagnetan tinggi di daerah permukaannya (dalam Telford dkk, 1990).

5. Filter Derivatif (Turunan) Kedua

Filter derivatif turunan kedua sangat efektif digunakan pada data magnetik yang sudah tebebas dari efek sudut inklinasi dan deklinasi. Nilai „0“ pada turunan ke dua ini akan bertepatan dengan batas-batas anomali magnetik serta meningkatkan resolusinya sehingga batas-batas dari anomali magnetik akan terlihat dengan sangat jelas terutama pada kondisi target dengan kedalaman dangkal. Meski demikian jenis filter ini memiliki kekurangan yaitu filter ini sangat sensitif terhadap noise sehingga sebelum dilakukan pemfilteran turunan derivatif kedua, kondisi data magnetik haruslah tebebas dari pengaruh noise terlebih dahulu.

6. Filter Tilt-Derivatives

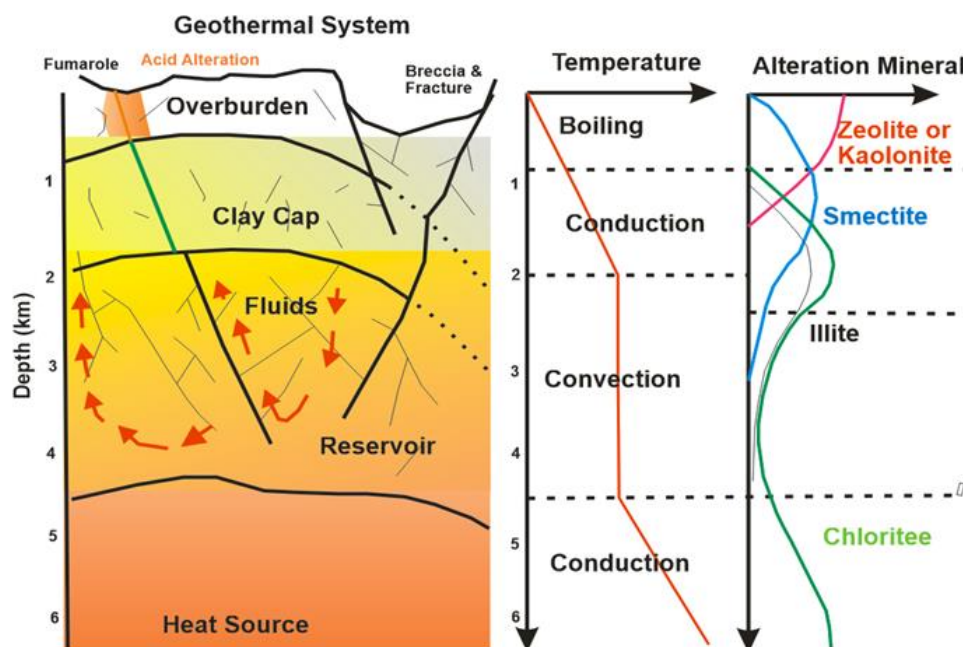
Prinsip dari filter ini relatif sama dengan metode pemfilteran derivatif lainnya yaitu mempertegas batas antar anomali terutama pada anomali residual. Hanya saja pada filter ini akan membatasi frekuensi anomali residual yang masuk dengan menerapkan fungsi tangensial. Dengan kata lain filter ini memasukan 2 keseimbangan efek pemfilteran yaitu vertikal derivatif dan total horizontal

derivative. Filter ini baik digunakan untuk mengetahui batas anomali dan struktur dangkal. Perhitungan filter ini dilakukan dengan persamaan 4,

$$TDR = \tan^{-1} \left[\frac{VDR}{THDR} \right] \quad (4)$$

7. Sistem Panas Bumi

Sistem panas bumi terbentuk sebagai hasil perpindahan panas dari suatu sumber panas ke sekelilingnya yang terjadi secara konduksi dan secara konveksi. Perpindahan panas secara konduksi terjadi pada medium batuan, sedangkan perpindahan panas secara konveksi terjadi karena adanya kontak antara fluida air dengan suatu sumber panas di bawah permukaan dapat dilihat pada Gambar 3. Perpindahan panas secara konveksi terjadi karena gaya apung (buoyancy). Gaya gravitasi menyebabkan air selalu mempunyai kecenderungan bergerak ke bawah, namun apabila air tersebut kontak dengan sumber panas di bawah permukaan maka akan terjadi perpindahan panas sehingga temperatur air menjadi lebih tinggi dan air menjadi lebih ringan (Saptadji, 2003). Kondisi ini dapat ditinjau sebagai suatu sistem termodinamika dimana air dianggap sebagai sistem dan panas disekitar dianggap sebagai lingkungan. Kondisi air menjadi lebih panas dibandingkan dengan kondisi awal merupakan proses endoterm (Nainggolan, 1978). Keadaan tersebut menyebabkan air bergerak ke atas dan air yang lebih berat/suhu rendah akan bergerak turun ke bawah, sehingga terjadi sirkulasi atau arus konveksi. (Gambar 3)



Gambar 3. Komponen sistem panas bumi dan perpindahan panas di bawah permukaan yang berhubungan dengan komposisi mineral ubahan/alterasi (modifikasi Rybach dan Muffler, 1981)

METODOLOGI

Penelitian ini terdiri dari tiga tahapan yang sesuai dengan time line pada proposal penelitian. Tahapan pertama adalah proses pengambilan data ground magnetik menggunakan proton precision magnetometer, tahapan kedua adalah pengolahan data yang terdiri dari koreksi dan filtering pada data berupa Total Horizontal Derivative dan Tilt Derivative, tahapan terakhir adalah proses analisa berdasarkan informasi di daerah penelitian dan selanjutnya adalah penulisan laporan hasil kegiatan. Setting PPM dilakukan pada dua alat yaitu base dan rover, instalasi

instrumen atau pemasangan sensor dan analog – digital reader dilakukan kemudian setting alat dilakukan, pertama pengaturan waktu pembacaan alat, lalu pengaturan tuning artinya pembacaan diabatasi oleh nilai medan total bumi yang bergantung pada wilayah pengukuran, kemudian pengaturan Julian day yang bertujuan untuk mereduksi kesalahan pembacaan yang terjadi pada alat dikarenakan perubahan medan eksternal, selanjutnya dilakukan kalibrasi pembacaan untuk memastikan kondisi sensor dan nilai yang terekam berada dalam rentang medan utama. Pada penelitian ini digunakan dua alat, pertama digunakan sebagai base yang memantau medan eksternal dengan mode pengukuran statis bertujuan untuk mengontrol data lapangan, kontrol pada medan eksternal perlu dilakukan karena pembacaan medan magnet bumi dapat berubah secara signifikan dalam waktu yang sangat singkat, selanjutnya alat kedua digunakan sebagai rover dengan mode pengukuran dinamis yang bertujuan untuk merekam medan magnet sesuai dengan desain pengukuran yang dibuat.

HASIL DAN DISKUSI

a. Peta Anomali Magnetik

Kajian analisa potensi geothermal, terdiri dari beberapa tahap dan metodologi yang harus dilalui untuk pada akhirnya menyimpulkan suatu lokasi memiliki prospek atau tidak. Pada kajian awal ini, metode yang digunakan adalah metode geomagnetik. Metode geomagnetik pada eksplorasi geothermal berfungsi untuk memetakan dan mengetahui sumber panas/heat source dan keberadaan patahan yang berfungsi sebagai jalur migrasi fluida. Pada peta intensitas anomali pola klosur bernilai kemagnetan rendah yang berasosiasi dengan sumber panas berada disekitar lokasi manifestasi berupa mata air panas dengan rentang nilai intensitas magnetik berkisar antara 80 – 100 nT, dimensi klosur yang diduga sebagai sumber panas berukuran kurang dari 300 meter.

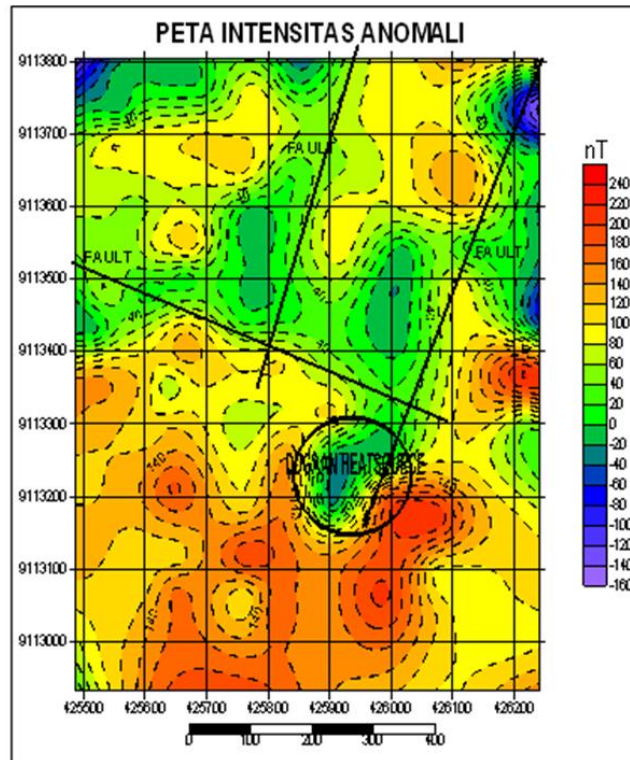
Pola – pola kelurusan pada peta intensitas anomali diatas yang dimungkinkan sebagai patahan juga dapat teramati dengan baik. Patahan ini yang memungkinkan pergerakan fluida dari bawah ke atas. (**Gambar 4**)

Pola kelurusan yang diduga sebagai patahan memiliki orientasi Timur laut – Barat daya dan Barat laut – Tenggara. Respon patahan pada data magnetik ini ditunjukkan dengan nilai kontur yang rendah sebagai akibat adanya fluxleakage dari sebuah patahan/deformasi, selain itu pola kontur yang memanjang rapat dan memisahkan dua klosur dipole juga dapat dipastikan sebagai tanda keberadaan patahan. Mekanisme deformasi akan menyebabkan momen dipole magnet kembali memiliki arah yang acak, hal inilah yang menyebabkan nilai intensitas magnetik pada daerah sekitar patahan menjadi rendah.

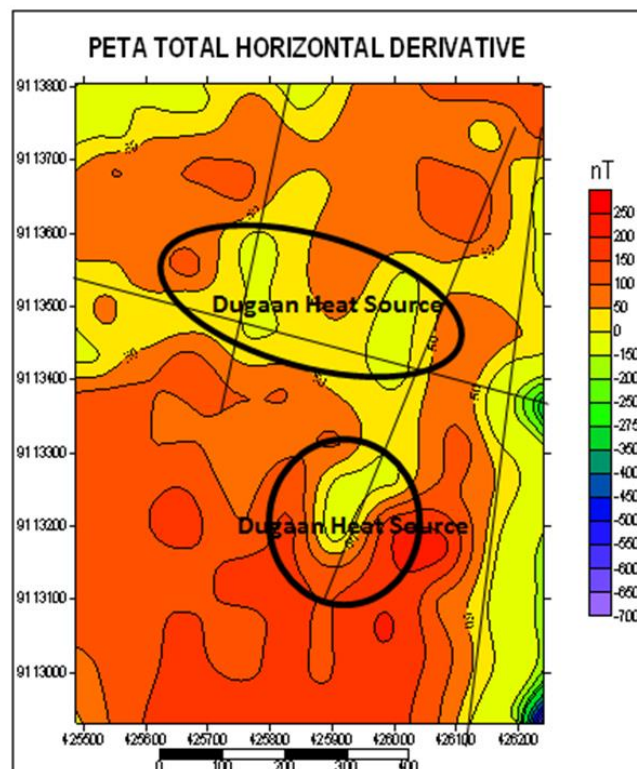
b. Peta Total Horizontal Derivative

Peta total horizontal derivative merupakan peta yang dihasilkan dari proses penurunan nilai intensitas magnetik berdasarkan sumbu pengamatan horizontal, artinya nilai total horizontal derivative dihasilkan dari jumlah komponen medan magnetik pada sumbu X dan Y. Peta total horizontal derivative ini digunakan untuk lebih menonjolkan batas – batas yang diakibatkan adanya kontras litologi dan patahan yang memang terjadi sangat kontras pada sumbu X dan Y. Pada peta ini terdapat dugaan tiga klosur yang diduga sebagai sumber panas pada daerah penelitian, dua klosur dengan nilai -100 – 0 nT berada di bagian utara daerah penelitian dan satu klosur berada di bagian selatan. (**Gambar 5**)

Pola – pola kelurusan lainnya dapat diinterpretasikan sebagai akibat adanya patahan dengan arah relative dominan adalah Timur laut – Barat daya. Orientasi dari patahan ini memiliki kesamaan dengan peta anomali medan magnetik. Terdapat satu tambahan yang dapat diinterpretasi sebagai patahan pada peta hasil filter Total Horizontal Derivative yang terletak di sebelah timur daerah penelitian.



Gambar 4. Peta anomali magnetik



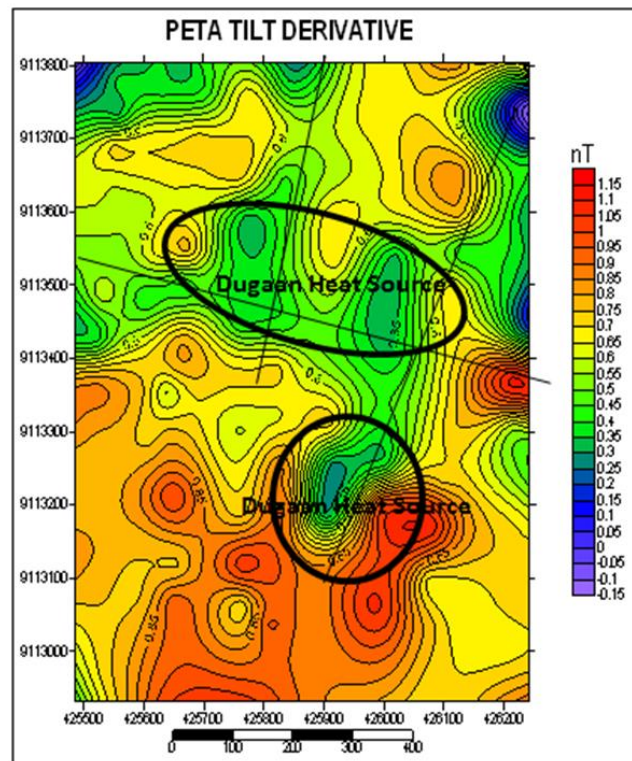
Gambar 5. Peta total horizontal derivative

c. Peta Anomali Magnetik

Kajian analisa potensi geothermal, terdiri dari beberapa tahap dan metodologi yang harus dilalui untuk pada akhirnya menyimpulkan suatu lokasi memiliki prospek atau tidak. Pada kajian awal ini, metode yang digunakan adalah metode geomagnetik. Metode geomagnetik pada eksplorasi geothermal berfungsi untuk memetakan dan mengetahui sumber panas/heat source dan keberadaan patahan yang berfungsi sebagai jalur migrasi fluida. Pada peta intensitas anomali pola klosur bernilai kemagnetan rendah yang berasosiasi dengan sumber panas berada disekitar lokasi manifestasi berupa mata air panas dengan rentang nilai intensitas magnetik berkisar antara 80 – 100 nT, dimensi klosur yang diduga sebagai sumber panas berukuran kurang dari 300 meter.

Pola – pola kelurusan pada peta intensitas anomali diatas yang dimungkinkan sebagai patahan juga dapat teramati dengan baik. Patahan ini yang memungkinkan pergerakan fluida dari bawah ke atas. (**Gambar 6**)

Pola kelurusan yang diduga sebagai patahan memiliki orientasi Timur laut – Barat daya dan Barat laut – Tenggara. Respon patahan pada data magnetik ini ditunjukkan dengan nilai kontur yang rendah sebagai akibat adanya fluxleakage dari sebuah patahan/deformasi, selain itu pola kontur yang memanjang rapat dan memisahkan dua klosur dipole juga dapat dipastikan sebagai tanda keberadaan patahan. Mekanisme deformasi akan menyebabkan momen dipole magnet kembali memiliki arah yang acak, hal inilah yang menyebabkan nilai intensitas magnetik pada daerah sekitar patahan menjadi rendah.



Gambar 6. Peta tilt derivative

KESIMPULAN

1. Nilai medan magnetik total yang rendah diduga berasosiasi dengan batuan yang memiliki suhu lebih tinggi dibandingkan dengan batuan di sekitarnya.
2. Nilai medan magnetik total yang tinggi diduga sebagai batuan atau endapan yang memiliki komposisi mineral bersifat ferromagnetik atau dapat diinterpretasikan sebagai pasir besi.

3. Pola kelurusan yang diduga sebagai dugaan sesar memiliki orientasi Timur Laut – Barat Daya dan Barat Laut – Tenggara. Pola kelurusan ini ditunjukkan oleh nilai kemagnetan rendah dan memiliki pola kontur memanjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Cagniard, 1953, Basics Theory of Magneto-Telluric Method of Geophysical Prospecting, Geophysics. Vol 18:605–635
- Dewan Energi Nasional. 2014. Buku Ketahanan Energi Indonesia 2014.
- Dewan Energi Nasional. 2014. Outlook Energi Indonesia 2014.
- Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral, 2004; Berita DJGSM : Pengembangan Energi Panas Bumi, Tanggal 7 Januari 2004.
- Grandis, Hendra. 2008. Pemodelan Inversi Geofisika. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika
- Grant, F.S., and West G.E., 1965, Interpretation Theory in Applied Geophysics. McGraw Hill
- Hadi, Andi Utama. 2008. Potensi dan Wilayah Kerja Pertambangan Panasbumi di Indonesia. Jurnal Ilmiah MTG Vol 1 No 2. UPN “Veteran” Yogyakarta
- Hamdalah, Hafiz. 2017. Thesis : Metode MT, CSAMT, dan TDEM Terintegrasi untuk Mendesain Model Konseptual Panasbumi Lapangan Wayang Windu, Jawa Barat. Universitas Gadjah Mada
- Iskandar, Akino., Lantu., Sabrianto Aswad., Andri Dian Nugraha. Tomografi Seismik 3-D pada Lapangan Panas Bumi “X”
- Johnston, J.M., dkk, 1992. Evaluation of EM methods for Geothermal Reservoir Detection. GRCT, Vol 16, 241-245
- Stenberg, Ben K., James C. Washburne, and Louise Pellerin. 1988. Correction for the static shift in magnetotellurics using transient electromagnetic soundings. Geophysics, Vol. 33, No. 11: 1495-1468
- Saptadji, Neny Miryani. 2009. Karakterisasi Reservoir Panasbumi. Geothermal ITB
- Wohletz, K. and Heiken, G.; 1992. Volcanology and Geothermal Energy, University of California Press, Berkeley-Los Angeles-Oxford; p. 432.

PREDIKSI TERJADINYA SCALE SILIKA DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE GEO SIS

Dewi Asmorowati, Bambang Bintarto, Allen Haryanto Lukmana
Teknik Perminyakan, UPN “Veteran” Yogyakarta

ABSTRAK

Scale Silika di lapangan panas bumi merupakan salah satu masalah produksi yang sering dijumpai pada lapangan panas bumi terutama pada jenis reservoir panas bumi liquid dominated. Scale Silika merupakan salah satu masalah yang tergolong susah dalam penanganannya baik di lubang sumur maupun di peralatan produksi di permukaan. Perencanaan maintenance karena problem scale silika memerlukan data atau perhitungan prediksi dimana, kapan dan perkiraan ketebalan scale pada lokasi tertentu. Pada penelitian ini akan dilakukan prediksi lokasi dan ketebalan scale pada lubang sumur dengan menggunakan Software Geothermal Silica Scale (Geo SIS). Software ini dibuat dengan bahasa pemrograman visual basic. Dasar dari perhitungan perkiraan kedalaman terjadinya scale silika dan ketebalan scale silika pada lubang sumur didasarkan pada perubahan tekanan dan temperatur yang terjadi di lubang sumur selama proses produksi berlangsung. Perubahan tekanan dan temperatur ini mempengaruhi perubahan konsentrasi ion silika yang terlarut di fluida panas bumi. Perubahan konsentrasi ion Silika ini yang menjadi acuan perhitungan dalam memprediksi letak dan ketebalan Silika Scale yang terjadi di lubang sumur. Semakin tinggi konsentrasi ion silika yang terkandung didalam fluida panas bumi yang terproduksi ke permukaan, maka kemungkinan terjadinya scale silika semakin besar. Dari hasil running software, diprediksikan pada sumur X akan terjadi Silika scale pada kedalaman xx m dengan ketebalan xx in.

Keywords: *silica, scale, Geo SIS*

PENDAHULUAN

Scale didefinisikan sebagai pembentukan endapan atau kerak yang berasal dari mineral garam terlarut dalam air pada suatu media kontak tertentu. Salah satu penyebab terbentuknya scaling adalah adanya kandungan silika (SiO_2) yang terkandung dalam fluida [3]. Sifat-sifat yang memengaruhi konsentrasi kelarutan silika dalam pembentukan scale adalah temperatur, kadar garam (salinitas), dan nilai keasaman (pH). Ketika terjadi perubahan tekanan, temperatur, dan pH pada suatu sistem, keseimbangan ion-ion yang terkandung akan melebihi kelarutannya, sehingga terbentuk suatu endapan.

Scaling umumnya dapat dijumpai pada lobang sumur dan pada pipa permukaan. Pada pipa permukaan terdapat pada wellhead sampai separator, flasher, pipa liquid setelah separator (yang kemudian dibuang ke kolam penampungan) dan sumur reinjeksi sehingga dapat mengganggu proses operasional pemanfaatan geothermal pada pipelines, turbin, maupun sumur injeksi. Hal tersebut terjadi karena scaling dapat mengakibatkan penyumbatan pipa, sehingga mengurangi laju aliran dan dampak jangka panjangnya harus dilakukan penggantian. Oleh karena itu kajian tentang potensi scaling sangat diperlukan pada operasi lapangan panas bumi.

Penelitian ini bertujuan untuk Hubungan Konsentrasi Ion Silica dengan Kecepatan Reaksi Pembentukan Scale Silika pada Reservoir Panas Bumi pada pembangkit listrik tenaga panas bumi.

Diharapkan dengan mengetahui potensi silika scaling tersebut, maka dapat ditentukan kondisi operasi yang sesuai agar masalah silika scaling dapat dihindari.

TINJAUAN PUSTAKA

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan penerapan parameter silica saturation index (SSI) yang dihitung berdasarkan data komposisi kimia fluida, temperatur, dan pH di separator dan flasher. Parameter SSI ini membandingkan konsentrasi silika dalam larutan dengan kelarutan silika amorf pada kondisi yang sama.

SSI > 1, fluida dalam kondisi supersaturated dan scaling dimungkinkan terjadi.

SSI = 1, fluida dalam kondisi saturated.

SSI < 1, fluida dalam kondisi undersaturated, sehingga tidak mungkin terjadi pengendapan.

$$SSI = \frac{Q(t_1, m)}{[s(T, m)(1-x_2)]} \quad (1)$$

Dengan

$Q(t_1, m)$ = kelarutan quartz pada temperatur reservoir (t1) dan salinitas m

$s(T, m)$ = kelarutan amorf pada temperatur flashing dan salinitas m

x_2 = kualitas uap flashing

Pembentukan silica scaling meningkat seiring dengan penurunan temperatur dan kenaikan pH akibat flashing. laju penebalan silica scaling yang terjadi pada pipa produksi dan estimasi waktu silica scaling dapat menyumbat pipa hingga 25% dari diameter pipa semula dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\dot{S}_t = \frac{Q(t_1, m) - s(T, m)}{1743 \times \rho_{silika}} \times 365 \quad (2)$$

$$t_{25\%} = \frac{D}{4 \times \dot{S}_t} \quad (3)$$

Dengan

S_i = Laju penebalan silica scaling (inch/tahun)

ρ_{silika} = Densitas silika = 43,442 g/in³

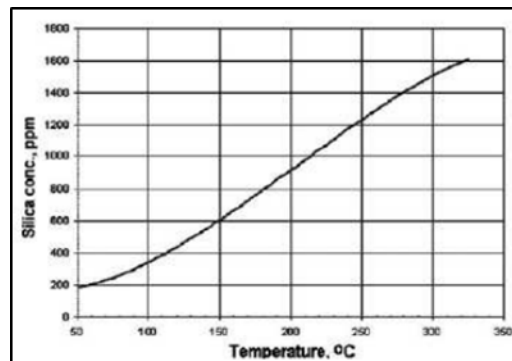
$Q(t_1, m)$ = kelarutan quartz pada temperatur reservoir (t1) dan salinitas m

$s(T, m)$ = kelarutan amorf pada temperatur flashing dan salinitas m

D = Diameter pipa (inch)

Scaling silika pada jalur injeksi fluida dikontrol oleh sifat kimia dan termodinamika dari silika amorphous^[7]. Proses transfer panas yang berlangsung bersifat eksotermis (sistem melepas panas ke lingkungan) dikarenakan suhu fluida lebih tinggi daripada suhu lingkungan. Proses transfer panas tersebut menyebabkan adanya distribusi temperature fluida selama mengalir di sepanjang jalur pipa.

Sifat kimia silika amorphous yang berpengaruh langsung terhadap proses pembentukan scaling adalah kelarutan jenuh (saturasi) sebagai fungsi suhu. Adanya distribusi temperatur fluida selama proses produksi atau injeksi menyebabkan kelarutan jenuh silika amorphous menurun di sepanjang jalur pipa.



Gambar 1. Grafik kelarutan jenuh silika amorphous [7]

Analisis Distribusi Temperatur Fluida

Untuk melakukan analisis distribusi temperatur fluida di sepanjang jalur pipa, hal yang pertama dilakukan adalah dengan melakukan analisis energi pada sistem. Dalam melakukan analisis energi ini, peneliti membagi control volume menjadi beberapa bagian dalam bentuk sel.

$$\text{Amorph Silika (ppm)} = -6E - 05T^3 + 0.0333T^2 - 0.0327T + 88.773 \quad (4)$$

Persamaan di atas merupakan persamaan yang dibentuk dari grafik kelarutan silika amorphous (Gambar 1). Langkah berikutnya adalah membandingkan fraksi terlarut dalam brine pada kondisi sebenarnya dengan kelarutan jenuh silika yang telah dihitung untuk tiap-tiap sel. Apabila syarat terjadinya reaksi pengendapan terpenuhi (fraksi silika terlarut > kelarutan jenuhnya pada kondisi yang sama) maka besarnya reaksi pengendapan yang terjadi dapat dihitung dengan memasukkan nilai Tn dan pH brine ke persamaan reaksi yaitu:

$$Rx \text{ rate } \left(\frac{mol}{m^2s} \right) = -10^{-5.7} \cdot 10^{\left(\frac{-26.9}{2.303RT} \right)} + 10^{(-13.7+1.9(pH))} \cdot 10^{\left(-8.15 \cdot \frac{pH}{2.303RT} \right)} \quad (5)$$

Laju Penebalan Scaling Besarnya laju penebalan scaling dapat dicari dengan mengasumsikan bahwa laju perubahan volume scaling yang terbentuk sebanding dengan laju massa silika yang mengendap dengan faktor pengali yaitu massa jenis silika itu sendiri.

$$\frac{dV_{sil}}{dt} = \frac{d_m}{dt} \cdot \frac{1}{\rho_{sil}} \quad (6)$$

Penebalan scaling dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$\frac{d\theta}{dt} \left[A - B\theta + \frac{C_t}{\rho_{sil}} \right] = \frac{CR_{in}}{\rho_{sil}} \cdot \frac{C_\theta}{\rho_{sil}} \quad (7)$$

Dimana :

$$A = 2 \square R_{in} L$$

$$B = 2 \square L$$

$$C = M_{total} \cdot R_x \cdot MR \cdot 2 \square \square L$$

Metode Penelitian

Simulator yang digunakan untuk menentukan kehilangan tekanan di lubang sumur pada studi ini adalah berupa simulator analitis, yaitu dengan menggunakan persamaan matematis berupa korelasi. Dalam simulator ini digunakan korelasi Beggs & Brill untuk mendapatkan suatu harga tekanan, temperatur, fraksi uap, dan enthalpy penguapan terhadap selang kedalaman tertentu. Sedangkan sifat-sifat fluida seperti densitas, viskositas, tempertaur, enthalpy, dan tegangan permukaan air dan uap air didekati dengan korelasi Tortike & Farouq Ali(6) (1989). Beberapa asumsi lain yang digunakan dalam simulator ini antara lain:

1. Inflow hanya terjadi di dasar sumur saja, tidak ada fluida yang masuk dari dinding sumur.
2. Tidak ada perpindahan dan kehilangan panas selama fluida mengalir di dalam sumur.

3. Aliran mengikuti rumus Darcy, dan distribusi karakter reservoir (permeabilitas, ketebalan, porositas) seragam.

Masukan dan Keluaran

Simulator yang dibuat dalam studi ini dimaksudkan untuk mempermudah penghitungan kehilangan tekanan pada sumur vertikal yang panjang dan memerlukan iterasi berulang-ulang. Simulator dibuat dalam program Macroexcel dengan bahasa visual basic.

Data yang diperlukan untuk menjalankan simulator adalah (Gambar 1):

1. Geometri sumur: kedalaman dan ukuran casing dan liner dalam meter; dan kekasaran dinding (roughness).
2. Tekanan kepala sumur (bara).
3. Laju alir Massa (kg/s).
4. Enthalpy produksi (kJ/kg)
5. Selang kedalaman (ft)

Data keluaran dari simulator berupa data hasil penghitungan tekanan. Data keluarannya berupa data perkedalaman yaitu data (Gambar 5.2):

1. Tekanan (bara)
2. Dryness (X)
3. Enthalpy (kJ/kg)
4. Pola aliran

Dengan diperolehnya data keluaran dryness (X) perkedalaman, maka dapat diketahui pada kedalaman berapa perubahan fasa fluida mulai terjadi. Selanjutnya dapat diperkirakan pada kedalaman berapa scale mulai terbentuk.

Penyelarasan Simulator

Simulator yang telah dibuat harus divalidasi dengan data lapangan dengan tujuan untuk mendapatkan keakuratan simulator. Data lapangan yang digunakan adalah data sumur panas bumi TM 1-5, Awibengkong Gunung Salak yang sebelumnya telah dianalisa keberadaan scaling oleh Hidayatus Sufyan (2009). Untuk memperoleh keselarasan dengan data lapangan, parameter simulator yang diubah adalah faktor friksi laminar (ϵ).

Pengujian sensitifitas Simulator

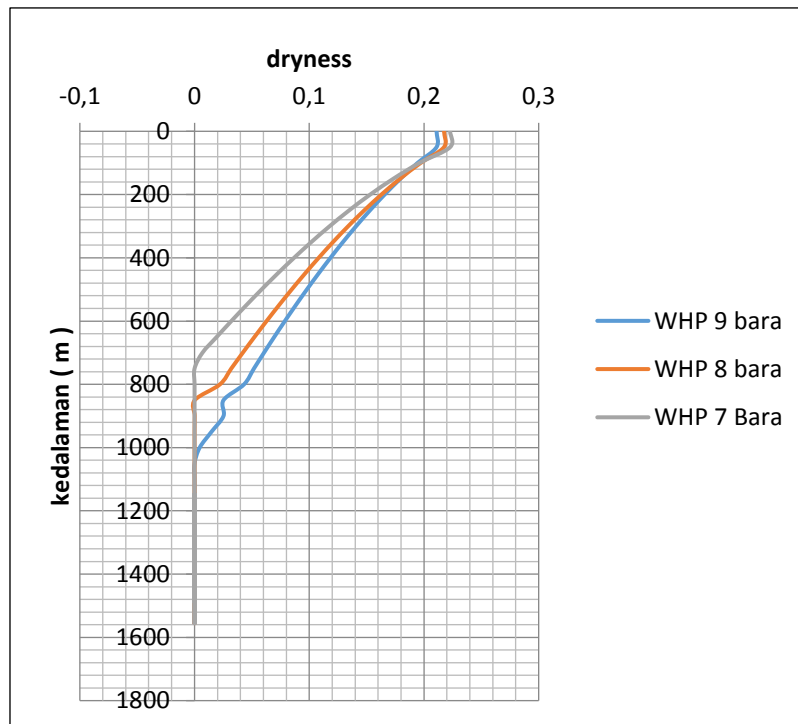
Setelah simulator dianggap cukup valid untuk diaplikasikan di lapangan, selanjutnya simulator digunakan untuk mempelajari perubahan perilaku sumur untuk berbagai kondisi atau uji sensitivitas. Beberapa parameter yang diubah adalah: tekanan kepala sumur, ukuran casing, dan laju alir massa, yang akan dipelajari pengaruhnya terhadap perubahan kedalaman Flash Point. Tekanan kepala sumur yang diuji perbedaan pengaruhnya adalah 9 bara, 8 bara, dan 7 bara; untuk ukuran casing digunakan jenis sumur standart dan bighole.

Studi Kasus Sumur

Tujuan pembuatan simulator ini adalah untuk mengetahui tekanan, temperatur, dryness perkedalaman tanpa harus melakukan pengujian sumur secara langsung. Setelah dianggap cukup valid, simulator ini akan digunakan untuk mengetahui informasi-informasi sumur seperti yang telah disebutkan diatas. Data yang diperoleh tersebut kemudian akan digunakan untuk menentukan rekomendasi optimasi dan penanganan masalah sumur. Sumur yang diuji dalam studi ini adalah sumur G-1

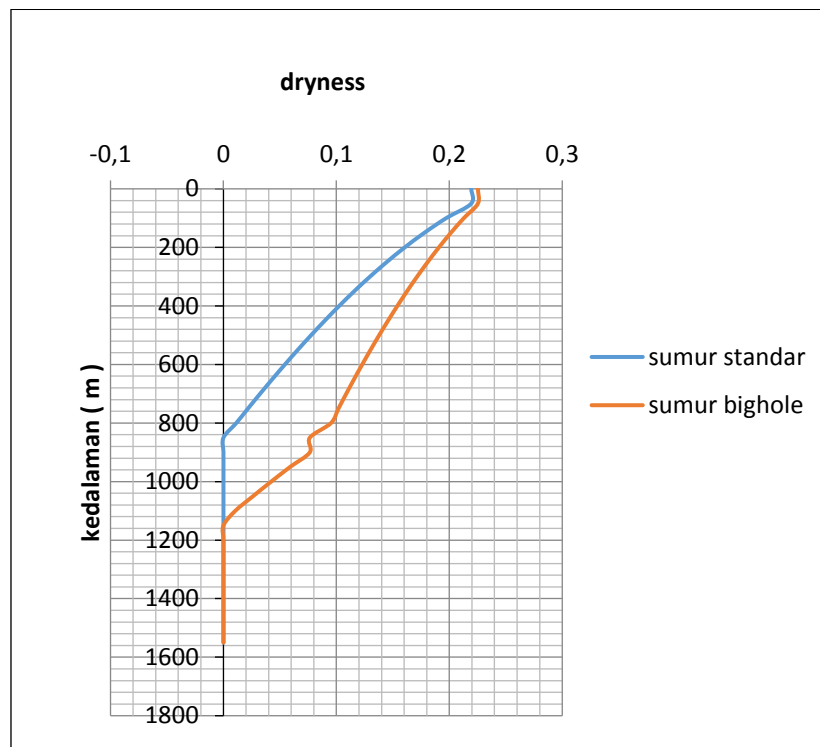
Tabel data sumur Sumur G-1 yang di uji

Lajur Alir Massa	:	27.5	27.5	27.5	kg/s
WHP/BHP	:	7	8	9	bara
Enthalpy	:	1500	1500	1500	Kj/Kg
Temperature	:	300	300	300	Celcius
Depth increase	:	100	100	100	meter
Kedalaman casing	:	400	400	400	meter
Diameter casing	:	13.375	13.375	13.375	in
Diameter Liner	:	9.625	9.625	9.625	in
Kedalaman Liner	:	750	750	750	meter
Diameter perf Liner	:	7	7	7	in
Kedalaman perf Liner	:	1600	1600	1600	meter



Gambar 2. Pengaruh Tekanan Kepala Sumur terhadap Kedalaman Flash Point

Dari hasil sensitifity tekanan kepala sumur, tekanan kepala sumur apabila dibuka pada tekanan besar akan menghasilkan kedalaman scaling pada sumur lebih dalam.



Gambar 3. Pengaruh Jenis Kombinasi Ukuran Sumur terhadap Kedalaman Flash Point.

Penggunaan standard hole pada sumur panas bumi yang diujikan, menghasilkan terbentuknya scaling pada kedalaman lebih dangkal dibandingkan su,ur berkonfigurasi big hole.

KESIMPULAN

1. Simulator dibuat dengan menggunakan program *Macroexcel* dengan bahasa *visual basic*, dengan menggunakan korelasi *Beggs & Brill*.
2. Setelah dilakukan pengujian sensitifitas, diperoleh kesimpulan sebagai berikut;
 - a. Semakin besar tekanan kepala sumur, maka semakin dalam kedalaman terjadinya *flashing*.
 - b. Semakin besar ukuran lubang sumur, semakin dalam letak kedalaman *flash point*.
 - c. Pada setiap sumur terdapat nilai laju alir massa optimum untuk letak *flash point* yang terdalam.
3. Nilai kekasaran lubang sumur tidak bisa dipastikan dalam studi ini karena kondisi sumur yang sudah berbeda dengan kondisi awal.

Pada sumur G-1 terjadi *flashing* di dalam sumur yang memungkinkan terjadinya *scaling* di dalam sumur.

REFERENSI

- Ashat, A.M. 1997. " *Pembuatan simulator untuk Perhitungan Kehilangan Tekanan pada Pipa Alir Dua Fasa Panas Bumi.*" Tugas Akhir Sarjana. Bandung : Jurusan Teknik Perminyakan ITB.
- BJ/Royce, T., 2007. " *Solubility Test of Scale Sample From TM 1-5 Well.*" BJ Laboratory Report S-020-03-07-Chevron-TM 1-5-Sol dated March 28, 2007

- Ejiogu, G.C and M. Fiori. 1987. “ *High-Pressure Saturated-Steam Correlations* “. SPE Annual Technical Conference. New Orleans.
- Miryani, N. 2008. “ *Diktat Kuliah Teknik Panas Bumi*”. Bandung : Jurusan Teknik Perminyakan ITB.
- Soendaroe, Achmad. 1997. “ *Peramalan Kinerja Sumur Panas Bumi Berdiameter Besar*”. Tugas Akhir Sarjana. Bandung : Jurusan Teknik Perminyakan ITB.
- Syufyan, Hidayatus. 2009. “ *scaling problem in AWI 1-5 geothermal well* “. Laporan Kerja Praktek. Bandung : Jurusan Teknik Perminyakan ITB.
- Tortike, W.S. and Farouq Ali S.M. 1989. “ *Saturated-Steam-Property Functional Correlations for Fully Implicit Thermal Reservoir Simulation.*” SPE Publication. University Of Alberta.
- Siega, Farrel.L, Edwin B. Herras and Balbino C. Buning. 2005. “ *Calcite Scale Inhibition : The Case of Mahanagdong Wells in Leyte geothermal Production Field, Philippines.*” World Geothermal Congress. Makati City : PNOC-Energy development Corporation.
- Proceedings World Geothermal Congress 2005 Antalya, Turkey, 24-29 April 2005. “ *Review of Corrosion and Scaling Problems in Cerro Prieto Geothermal Field over 31 Years of Commercial Operations*”

ANALISIS BAWAH PERMUKAAN DENGAN METODE DIPOLE-DIPOLE DI DESA GIRIJATI PURWOSARI KABUPATEN GUNUNGGKIDUL

Ajimas Pascaning Setiahadwibowo, Firdaus Maskuri, Ardian Novianto, Wahyu Hidayat
Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta
Email: ajimasps@yahoo.co.id

ABSTRACT

Karst morphology located in the Gunungkidul area is a limestone hilly area with a barren stretch of karst landscape and lack of surface water. Because of the process of corrosion and erosion in caves for thousands of years, water can flow beneath the surface to the permeable layer and form subsurface cavities. Therefore, it is necessary to do geophysical measurements to find out the subsurface in the study area. In this study geoelectric method with dipole-dipole configuration was used in Girijati, Purwosari, Gunungkidul Yogyakarta.

The resistivity value in path 1 is divided into 3 groups, namely low resistivity value 2 - 19.5 Ohm.m, medium resistivity 20 -188 Ohm.m and high resistivity > 189 Ohm.m. Track resistivity value 2 is divided into 3 groups: low resistivity value 2 - 20 Ohm.m, medium resistivity 20 - 110 Ohm.m and high resistivity > 177 Ohm.m.

Keywords: resistivity method, dipole-dipole

PENDAHULUAN

Daerah Gunung Kidul merupakan daerah kars yang terdiri dari batu gamping yang padat dengan ratusan gua dibawah permukaannya (**MacDonald**, 1984). Morfologi karst yang terletak di wilayah Gunungkidul merupakan kawasan perbukitan batu gamping (**limestone**) dengan bentangan alam karst yang tandus dan kekurangan air permukaan. Karena terjadi proses korosi dan erosi pada gua selama ribuan tahun, maka air dapat mengalir ke bawah permukaan hingga lapisan permeabel dan membentuk rongga-rongga bawah permukaan. Lokasi penelitian berada di desa Girijati kecamatan Purwosari, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta (gambar 1)



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

(BPS - *Statistics of D.I. Yogyakarta Province, Yogyakarta Dalam Angka 2014*).

GEOLOGI

Berdasarkan Geologi regional secara umum daerah penelitian ini berada pada daerah Girijati kecamatan Purwosari kabupaten Gunung Kidul yang merupakan jalur pegunungan Selatan dan pegunungan Kulonprogo yang di perkirakan terbentuk di jaman Tersier pada kala Miosen Akhir sampai dengan Pliosen. Kondisi geomorfologi daerah penelitian berada di zona pegunungan selatan Jawa Tengah-Jawa Timur (Van Bemmellen, 1949).

Pegunungan ini menurut Van Bemmellan dibagi menjadi tiga sub zona, yaitu: Zona Utara, disebut Zona Baturagung dengan ketinggian 200-700 m diatas permukaan laut, meliputi Kecamatan Patuk, Nglipar, Gendangsari, Ngawen, Semin, dan Pojong bagian utara. Zona Tengah, disebut Zona Ledoksari dengan ketinggian 150-200 m diatas permukaan laut meliputi Kecamatan Playen, Wonosari, Karangmojo, Pojong bagian tengah dan Semanu bagian utara. Zona Selatan, disebut Zona Gunung Seribu dengan ketinggian 100-300 m diatas permukaan laut, meliputi Kecamatan Pangang, Paliyan, Tepus Saptosari, Rongkop, Semanu bagian selatan dan Pojong bagian selatan.

Sub zona Gunungsewu merupakan perbukitan karst berporos relatif barat-timur, dengan beda ketinggian 10-100 m. Bukit-bukit kapur yang berjajar di dalamnya berdiameter 50-300 m. Meskipun luas keseluruhannya lebih kurang 1.485 km², area Gunungkidul yang berada di daerah karst hanya kurang lebih 800 km² (sisi selatan), terdiri dari kurang lebih 45.000 bukit besar dan kecil (jumlah ini ditaksir dari foto udara).

Zona Pegunungan Selatan dibatasi oleh Dataran Yogyakarta-Surakarta di sebelah barat dan utara, sedangkan di sebelah timur oleh Waduk Gajahmungkur, Wonogiri dan di sebelah selatan oleh Lautan India. Di sebelah barat, antara Pegunungan Selatan dan Dataran Yogyakarta dibatasi oleh aliran K. Opak, sedangkan di bagian utara berupa gawir Baturagung. Bentuk Pegunungan Selatan ini hampir membujur barat-timur sepanjang lk. 50 km dan ke arah utara-selatan mempunyai lebar lk. 40 km.

DASAR TEORI

Metode geolistrik adalah salah satu metoda geofisika yang digunakan untuk menyelidiki kondisi bawah permukaan, yaitu dengan mempelajari sifat aliran kelistrikan pada batuan di bawah permukaan bumi. Penyelidikan ini meliputi pendeteksian besarnya medan potensial, medan elektromagnetik dan arus listrik yang mengalir di dalam bumi baik secara alamiah (metoda pasif) maupun akibat injeksi arus ke dalam bumi (metoda aktif) dari permukaan. Metode geolistrik mempunyai prinsip dasar mengirimkan arus ke bawah permukaan, dan mengukur kembali potensial yang diterima di permukaan.

Salah satu metode dalam geolistrik adalah metode tahanan jenis atau resistivitas. Metode tahanan jenis sering kali digunakan dalam eksplorasi mineral logam, airtanah, bahan bitumen, dan lainnya. Prinsip dasar metoda geolistriktahanan jenis adalah mengukur respon potensial listrik pada suatu elektrodapotensial akibat arus yang dimasukkan ke dalam bumi melalui elektroda arus.

Tujuan dari pengukuran tahanan jenis untuk menentukan distribusi tahanan jenis bawah permukaan dari pengukuran di atas permukaan tanah. Dari pengukuran tersebut nilai tahanan jenis yang sebenarnya dapat diprediksikan. Resistivitas bawah permukaan berhubungan dengan variasi parameter geologi seperti kandungan mineral dan fluida, porositas dan derajat saturasi suatu

batuan (Loke, 2004).

Kelistrikan batuan dapat dipelajari dari respon yang diberikan oleh batuan saat arus dialirkan. Respon yang diberikan tersebut sebanding dengan nilai tahanan jenis yang dimiliki oleh batuan itu. Secara teoritis kelistrikan dari batuan yaitu besarnya nilai tahanan yang diberikan batuan saat arus dialirkan kepadanya, dan besarnya nilai tahanan dinyatakan sebagai nilai tahanan jenis (ρ) (Reynolds, 1997).

Aliran induksi arus listrik batuan dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi dielektrik, konduktor elektrolit dan konduksi elektronik. Konduksi dielektrik terjadi jika batuan bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik (terjadi polarisasi saat bahan dialiri arus listrik). Konduksi elektrolitik jika batuan mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan oleh elektroda bebas.

Berdasarkan nilai tahanan jenis resistivitas listriknya, batuan dapat digolongkan menjadi 3 kelompok yaitu :

- a. Medium konduktif : $10^{-6} < \rho < 1 \Omega\text{m}$
- b. Semikonduktif : $1 < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$
- c. Resistif : $\rho > 10^7 \Omega\text{m}$

Metode Geolistrik tahanan jenis atau resistivitas adalah salah satu metode dalam geofisika yang memanfaatkan sifat kelistrikan batuan. Metode ini dilakukan dengan cara menginjeksikan arus dan mengukur tegangan atau potensial yang terbaca dipermukaan, sehingga diperoleh resistivitas atau tahanan jenis antar lapisan batuan di bawah permukaan bumi. Harga tahanan jenis yang terbaca digunakan sebagai dasar penafsiran litologi/batuan tersebut.

Prinsip dasar metode geolistrik tahanan jenis adalah Hukum Ohm, dimana hambatan diperoleh dengan mengukur beda potensial dan arus yang dilewatkan dalam suatu penghantar.

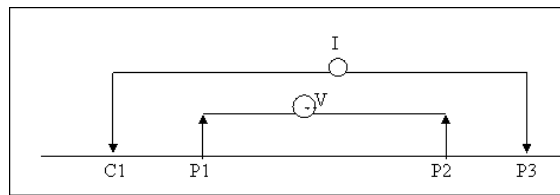
$$R = \frac{V}{I}$$

dimana R adalah hambatan (tahanan) dalam satuan ohm, V beda potensial dan I adalah arus yang dilewatkan. Karena medium di bawah permukaan bumi tidak homogen (sejenis), maka terdapat pengertian hambatan jenis (resistivitas/ ρ) yang bergantung dari pemasangan elektrode arus dan potensial atau faktor konfigurasi (k), selain tegangan yang terbaca (V) dan arus yang dikirimkan (I) sehingga nilai resistivitasnya dapat dituliskan sebagai :

$$\rho = k \frac{V}{I}$$

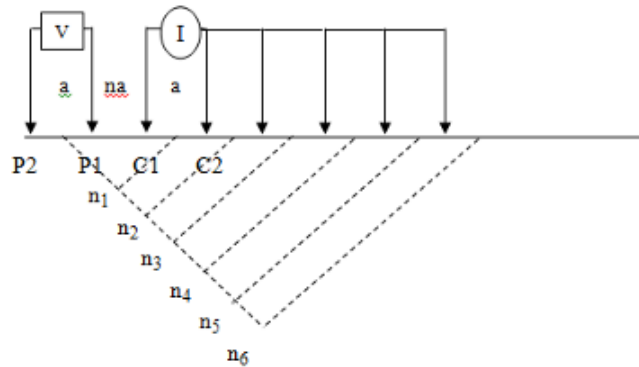
Pengukuran metode resistivitas adalah dengan mengirimkan arus dan mengukur potensial, dengan jarak elektrode yang bervariasi sehingga diperoleh nilai resistivitas atau tahanan jenis untuk setiap jarak elektrode tersebut (Gambar 2.).

Metode geolistrik tahanan jenis ada beberapa cara pemasangan elektrode atau konfigurasi elektrode. Konfigurasi ini bergantung pada letak elektrode arus dan potensial. Beberapa konfigurasi tersebut adalah *Werner*, *Scumberger*, *Dipole - Dipole*, *Dipole*, *Pole - Pole* dll



Gambar 1. Skema prinsip metode Resistivity, C_1 - C_2 : elektrode arus dan P_1 - P_2 : elektrode potensial.

Konfigurasi dipole-dipole sensitif didalam mendeteksi perubahan vertikal maupun secara horisontal (lateral) dari suatu horison perlapisan batuan. Dalam konfigurasi dipole-dipole, intensitas medan listrik berkurang dengan cepat sesuai dengan se-per jarak pangkat tiga, sehingga pelaksanaan pengukuran medan listrik menjadi sulit pada jarak pengukuran yang cukup jauh. Problem ini dapat diatasi dengan memperbesar arus atau panjang dipole. Ini berarti memerlukan alat berkemampuan sangat tinggi yang memungkinkan pengukuran pada jarak jauh. Namun dalam konfigurasi dipole-dipole, perbesaran panjang dipole-arus hanya dapat dilakukan selama panjang dipole tersebut jauh lebih kecil dibandingkan dengan jarak pengukuran berupa jarak antara kedua dipole. Batasan geometris ini memungkinkan dalam membuat asumsi - asumsi penyederhanaan pada interpretasinya.



Gambar 3. Konfigurasi dipole-dipole

- Keterangan gambar :
- V : beda potensial (mV)
 - I : kuat arus listrik (mA)
 - a : spasi elektrode
 - P_1P_2 : elektrode potensial
 - C_1C_2 : elektrode arus
 - n : 1, 2, 3, 4, 5, 6,
 - n_1 : layer 1, n_2 : layer 2,, n_6 : layer 6
 - na : jarak antar dipole

METODOLOGI PENELITIAN

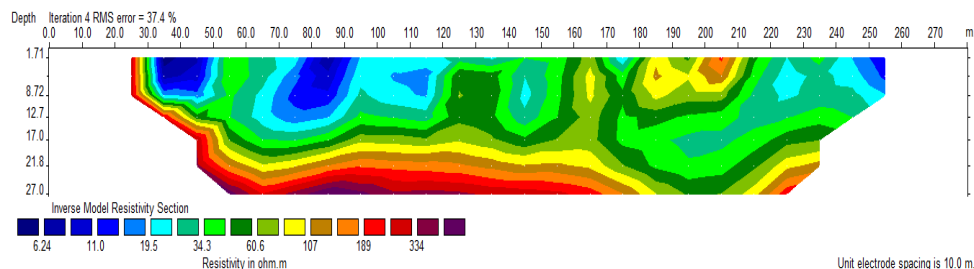
Metode yang digunakan dalam Penelitian ini adalah pengambilan data menggunakan metode geolistrik konfigurasi Dipole-dipole berjumlah 2 lintasan.

Peralatan yang digunakan dalam eksplorasi air tanah Di Desa Girijati Kecamatan Purwosari Kabupaten Gunungkidul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta ini adalah :

1. OYO Mh OHM, MODEL 2115 digital, + Booster (*Vertikal Electrical Sounding* (VES))
2. ARES (*Traversing*)
3. 2 Gulung Kabel Arus masing-masing sepanjang 300 m
4. 2 Gulung kabel Potensial masing-masing sepanjang 150 m.
5. 2 buah accu 12 volt, dan Global Positioning System (GPS)
6. 4 buah elektroda (2 elektroda potensial dan 2 elektroda arus)
7. 6 buah Handy Talkie (HT)
8. 4 buah Meteran (@ 100 m), dan alat tulis.
9. Kompas dan palu
10. Peta geologi skala 1 : 50.000
11. Peta Topografi skala 1 : 25.000

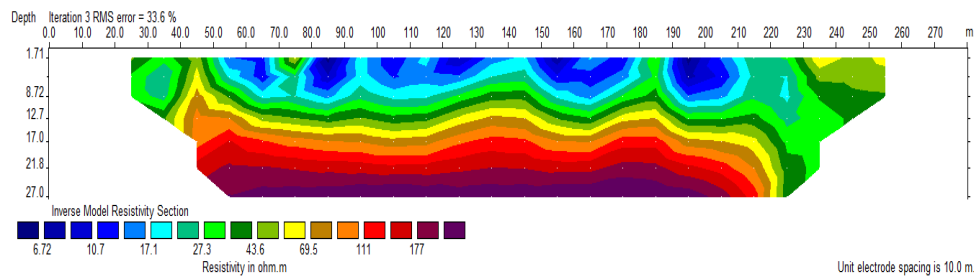
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4. Adalah hasil interpretasi pada lintasan 1. Nilai resistivitas terbagi menjadi 3 kelompok yaitu nilai resistivitas rendah 2 - 19.5 Ohm.m, resistivitas sedang 20 -188 Ohm.m dan resistivitas tinggi > 189 Ohm.m. Kedalaman maksimal berdasarkan hasil pengukuran mencapai 27 meter. Pada kedalaman 0 sampai dengan 12.75 meter terdapat resistivitas rendah. Hal ini menunjukkan adanya indikasi air meteorit bersama lempung yang menyisipi rongga – rongga batugamping yang menyebabkan nilai resistivitasnya menjadi rendah. Pada penampang 2D ini tidak bisa dilihat adanya akuifer air tanah karena tidak ada zona permable dibawahnya.



Gambar 4. Hasil Penampang resistivitas 2D lintasan 1

Gambar 5. Adalah hasil interpretasi pada lintasan 2. Nilai resistivitas terbagi menjadi 3 kelompok yaitu nilai resistivitas rendah 2 - 20 Ohm.m, resistivitas sedang 20 - 110 Ohm.m dan resistivitas tinggi > 177 Ohm.m. Kedalaman maksimal berdasarkan hasil pengukuran mencapai 27 meter. Sama seperti halnya lintasan 1 Pada penampang 2D ini tidak bisa dilihat adanya akuifer air tanah karena tidak ada zona permable dibawahnya. Nilai yang diduga sebagai potensi air tanah hanay sisipan air lempung yang mengisi rongga batu gamping yang menyebabkan nilainya menjadi rendah.



Gambar 5. Hasil Penampang resistivitas 2D lintasan 2.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Nilai resistivitas lintasan 1 terbagi menjadi 3 kelompok yaitu nilai resistivitas rendah 2 - 19.5 Ohm.m, resistivitas sedang 20 -188 Ohm.m dan resistivitas tinggi > 189 Ohm.m.
2. Nilai resistivitas lintasan 2 terbagi menjadi 3 kelompok yaitu nilai resistivitas rendah 2 - 20 Ohm.m, resistivitas sedang 20 - 110 Ohm.m dan resistivitas tinggi > 177 Ohm.m.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penulisan jurnal ini penulis mengucapkan terimakasih kepada LPPM UPN “Veteran” Yogyakarta atas pendanaan dalam penelitian ini

REFERENSI

- Macdonald, S. M. and Partners, 1984, *Greater Yogyakarta Groundwater Resources Study Volume 3 Groundwater*, Hunting Technical Service Ltd, London.
- BPS - *Statistics of D.I. Yogyakarta Province*, Yogyakarta Dalam Angka 2014
- Van Bemmelen, R. W., 1949. *The Geology of Indonesia Vol. 1 A, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*, Government Printing Official: The Hague. Amsterdam.
- Loke, M.H, 2004. *2D and 3D Electrical Imaging Surveys*. England: Birmingham University.
- Reynolds, J. M., 1997, *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, England: John Wiley and Sons Inc.

PENYETELAN PARAMETER PENGENDALI KOMPOSISI MENGUNAKAN METODE *ON-OFF* PADA TANGKI PENCAMPUR DENGAN LARUTAN GARAM SEBAGAI VARIABEL TERMANIPULASI

Y. Deddy Hermawan^{*}, Mitha Puspitasari, Cahyo F. Prihantono, Syahadan M. Akbar
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, UPN “Veteran” Yogyakarta
email: ydharmawan@upnyk.ac.id

ABSTRACT

The goal of this research is to implement the on-off method for tuning of composition controller parameters in a mixing tank with salt solution flowrate as a manipulated variable experimentally in laboratory. A 10 L tank was designed for mixing of salt solution (as a stream-1) and water (as a stream-2). An electric stirrer was employed to achieve uniform characteristic in tank. The tank system was designed overflow to ensure its volume constant. In this work, the salt solution flowrate was chosen as a manipulated variable to maintain the salt composition in tank constant at its desired value. In the on-off experiment, the valve of stream-1 was suddenly fully open (on position) for several seconds and fully closed (off position) for several seconds. As a result, the salt composition in tank will increase and decrease, respectively. The on-off curve of composition in tank was then used to tune Proportional Integral Derivative (PID) control parameters. The on-off experiment gave PID control parameters as follows: controller gain of $K_c=68790$, integral time constant of $\tau_i=80s$, and derivative time constant of $\tau_D=19s$. The tuning PID results would be evaluated through rigorous closed loop dynamic simulation in the future work.

Keywords: manipulated variable, on-off, open loop, PID, tuning.

1. PENDAHULUAN

Sebagian besar industri kimia sering menggunakan tangki pencampur (*Mixing Tank*), contohnya *Blending Tank* dan/atau Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Komposisi cairan di dalam tangki pencampur merupakan salah satu parameter penting untuk proses pencampuran atau proses reaksi kimia di dalam reaktor. Perambatan gangguan massa sangat mungkin terjadi di dalam tangki pencampur, sehingga pengendalian komposisi perlu diterapkan untuk menanggulangi perambatan gangguan massa tersebut (Hermawan, Y.D., and Haryono, G., 2012).

Parameter pengendalian komposisi seperti *proportional controller gain* (K_c), *integral time constant* (τ_i), and *derivative time constant* (τ_D) harus disetel dengan layak, agar kestabilan proses pencampuran dapat tercapai. Sistem pengendalian komposisi pada tangki pencampur harus dirancang dengan baik agar mampu menanggulangi gangguan massa yang terjadi. Oleh karena itu, studi tentang penyetelan parameter pengendali komposisi pada tangki pencampur sangat penting dilakukan.

Beberapa penelitian tentang dinamika dan pengendalian proses serta penyetelan parameter kendali telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Pada tahun 2012, Hermawan Y.D, dkk. telah melakukan penelitian tentang dinamika komposisi pada sistem tangki pencampur secara loop terbuka di laboratorium. Kemudian, Hermawan Y. D. dan Haryono, G. (2012) melanjutkan penelitiannya sampai simulasi loop tertutup pengendalian komposisi pada tangki pencampur.

Pada saat itu, parameter-parameter pengendali (K_C , τ_I , dan τ_D) disetel (*tuned*) menggunakan metode *Process Reaction Curve* (PRC). Hermawan Y.D (2011) juga mengimplementasikan metode PRC untuk menyetel parameter-parameter pengendali suhu pada pemanas tangki berpengaduk. Pada tahun 2016, Hermawan, Y.D., dkk telah menerapkan *proportional control* (P Control) untuk pengendalian *level* pada tangki cairan, dimana parameter K_C diprediksi berdasarkan kriteria kestabilan Routh-Hurwitz (RH). Kriteria kestabilan RH juga digunakan oleh Hermawan, Y.D. (2017), dan Hermawan, Y.D., dkk (2017) dalam memperkirakan kisaran parameter K_C dan τ_I untuk pengendalian laju alir cairan.

Tujuan penelitian ini adalah mengusulkan konfigurasi pengendalian komposisi pada tangki pencampur 10 L dengan laju alir larutan garam sebagai variabel termanipulasi dan menyetel parameter-parameter K_C , τ_I , dan τ_D menggunakan metode On-Off. Metode On-Off adalah metode loop terbuka yang sederhana dan murah (karena tidak memerlukan satu set peralatan pengendalian komposisi), dan dilakukan untuk menggantikan metode loop tertutup RTF (*Relay Feedback Test*) yang mahal (karena RFT memerlukan satu set peralatan pengendalian komposisi).

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air dan larutan garam. Peralatan yang digunakan yaitu satu set rangkaian alat percobaan seperti **Gambar 1**, *stopwatch*, gelas beker, dan konduktometer. Seperti ditunjukkan pada **Gambar 1**, No. 1 adalah tangki utama yang menunjukkan tangki pencampur (*mixing tank*). Tangki No. 1 mempunyai 2 input yaitu: arus-1 yang berasal dari tangki No. 2a dan arus-2 yang berasal dari tangki No. 3. Pada kondisi normal, arus-1 berasal dari tangki No. 2a, yaitu larutan garam dengan laju alir volumetrik $f_1(t)$, [ml/detik], dan konsentrasi $c_1(t)$, [g/ml]. Arus-2 adalah air dengan laju alir volumetrik $f_2(t)$, [ml/detik]. Laju alir arus-1 dan arus-2 ditera secara manual berdasarkan derajat bukaan *valve* (No. 7a,b) dengan bantuan busur derajat (No. 8a,b). Konsentrasi garam keluar tangki pencampur, $c_3(t)$, [g/ml], diukur menggunakan konduktometer.

Pada penelitian ini, tangki dirancang *overflow* sehingga volume cairan di dalam tangki selalu tetap. Tangki dilengkapi dengan pengaduk agar proses pencampuran dapat berlangsung dengan sempurna. Tangki No. 2b pada **Gambar 1** digunakan khusus untuk memberikan gangguan perubahan konsentrasi garam pada arus-1. Gangguan konsentrasi dapat dibuat dengan cara merubah konsentrasi arus-1 secara tiba-tiba dengan memutar katub No. 9 (*three-way-valve*) secara penuh.

Pada penelitian ini konsentrasi garam $c_3(t)$, [g/ml] ditetapkan sebagai CV (*Controlled Variable*), laju alir larutan garam $f_1(t)$ dipilih sebagai MV (*Manipulated Variable*), dan laju alir air $f_2(t)$ ditetapkan sebagai DV (*Disturbance Variable*). Gangguan perubahan konsentrasi garam pada arus-1 tidak dilakukan karena laju alir $f_1(t)$ telah dipilih sebagai variabel termanipulasi (MV), sehingga konsentrasi garamnya dianggap konstan.

Beberapa tahapan percobaan yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

2.1. Percobaan Pendahuluan

Percobaan pendahuluan dilaksanakan untuk menera alat ukur laju aliran dan konduktometer, serta menentukan parameter *steady*, yaitu: laju alir \bar{f}_1 , \bar{f}_2 , dan \bar{f}_3 , konsentrasi garam pada arus-1 \bar{c}_1 dan arus-3 \bar{c}_3 .

2.2. Percobaan dinamika loop terbuka

Percobaan dinamika loop terbuka dilakukan dengan cara membuat gangguan perubahan laju alir air $f_2(t)$ secara tiba-tiba sesuai dengan fungsi tahap (*step function*). Selanjutnya dilakukan pengamatan respons konsentrasi garam pada arus keluar tangki pencampur. Respons pengamatan laboratorium

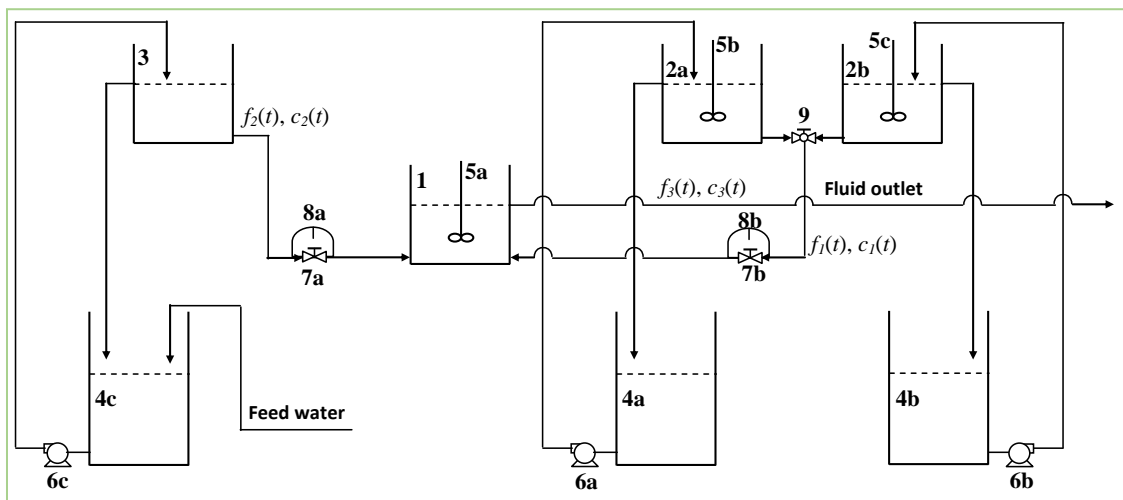
akan dibandingkan dengan respons yang dihasilkan dari penyelesaian model matematika sistem ini. Model matematika dalam *laplace transform* untuk sistem ini adalah sebagai berikut:

$$C_3(s) = \frac{K_1}{(\tau_p+1)} F_1(s) + \frac{K_2}{(\tau_p+1)} F_2(s) + \frac{K_3}{(\tau_p+1)} C_1(s) \dots\dots\dots (1)$$

dengan

$$\tau_p = \frac{V}{(\bar{f}_1 + \bar{f}_2)} \dots\dots\dots (2)$$

$$K_1 = \frac{\bar{c}_1 - \bar{c}_3}{(\bar{f}_1 + \bar{f}_2)} \dots\dots\dots (3)$$



Keterangan:

- | | | |
|--|---------------------|---------------------------|
| 1: Tangki Utama (<i>Mixing Tank</i>) | 4: Tangki penampung | 7: Valve |
| 2: Tangki umpan larutan garam | 5: Pengaduk | 8: Busur derajat |
| a. digunakan saat kondisi normal | | |
| b. digunakan untuk memberi gangguan | | |
| 3: Tangki umpan air | 6: Pompa | 9: <i>Three way valve</i> |

Gambar 1. Rangkaian alat percobaan

$$K_2 = \frac{-\bar{c}_3}{(\bar{f}_1 + \bar{f}_2)} \dots\dots\dots (4)$$

$$K_3 = \frac{\bar{f}_1}{(\bar{f}_1 + \bar{f}_2)} \dots\dots\dots (5)$$

Dalam penelitian ini, konsentrasi garam pada arus-1 adalah konstan sehingga persamaan (1) menjadi:

$$C_3(s) = \frac{K_1}{(\tau_p+1)} F_1(s) + \frac{K_2}{(\tau_p+1)} F_2(s) \dots\dots\dots (6)$$

Pada percobaan dinamika loop terbuka, gangguan laju alir air $f_2(t)$ dibuat berdasarkan fungsi tahap dengan cara menambah atau mengurangi bukaan *valve* No. 7a secara tiba-tiba. Respons $c_3(t)$ terhadap perubahan *step* laju alir air adalah sebagai berikut:

$$c_3(t) = \bar{c}_3 + K_2 \Delta f_2 (1 - e^{-t/\tau_p}) \dots\dots\dots (7)$$

2.3. Percobaan On-Off loop terbuka

Percobaan *On-Off* loop terbuka dilakukan untuk menyetel parameter pengendali komposisi pada sistem tangki pencampur dengan laju alir larutan garam sebagai MV (*manipulated variable*). Parameter PID (K_c, τ_i, τ_D) distel dengan prosedur sebagai berikut:

- a. Sistem dikondisikan *steady* dengan nilai parameter *steady* seperti yang diperoleh pada percobaan pendahuluan.
- b. Valve No. 7b pada arus-1 dibuka 100% secara tiba-tiba selama periode tertentu, kemudian dilakukan pengamatan terhadap respons konsentrasi garam $c_3(t)$.
- c. Valve No. 7b ditutup secara tiba-tiba selama periode tertentu, kemudian dilakukan pengamatan terhadap respons konsentrasi garam $c_3(t)$.
- d. Ulangi langkah b dan c sampai 2 atau 3 kali untuk mendapatkan kurva *on-off*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter *steady* yang dihasilkan dari percobaan pendahuluan disajikan pada **Tabel 1**. Berdasarkan parameter *steady* yang telah dihasilkan, konstanta waktu proses (τ_p), gain arus-1 (K_1), dan gain arus-2 (K_2) dapat dihitung dan hasilnya ditunjukkan pada **Tabel 2**. Sistem tangki pencampur (dengan volume 10 liter) memiliki konstanta waktu proses sebesar 61,7 detik (1,03 menit), dengan demikian sistem ini tergolong cukup sensitif terhadap perubahan *input*.

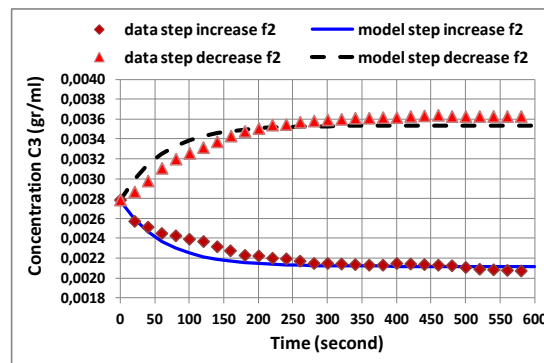
Dinamika loop terbuka terhadap perubahan step laju alir air (f_2) ditunjukkan pada **Gambar 2**. Beban gangguan f_2 dibuat sebesar $\pm 25\%$.

Tabel 1. Parameter *steady*

No	Variabel	Nilai
1	Laju alir volumetrik larutan garam masuk tangki; f_1 [ml/detik]	96
2	Laju alir volumetrik air masuk tangki; f_2 [ml/detik]	76
3	Laju alir volumetrik larutan garam keluar tangki; f_3 [ml/detik]	172
4	Konsentrasi larutan garam masuk tangki; c_1 [gr/ml]	0,0050
5	Konsentrasi larutan garam keluar tangki; c_3 [gr/ml]	0,0028
6	Volume larutan garam di dalam tangki; V [ml]	10613

Tabel 2. Konstanta waktu proses dan *gain*

Parameter	Satuan	Nilai
τ_p	detik	61,7
K_1	$\frac{(\text{gr})(\text{detik})}{(\text{ml})^2}$	1,2791E-5
K_2	$\frac{(\text{gr})(\text{detik})}{(\text{ml})^2}$	-1,6279E-5

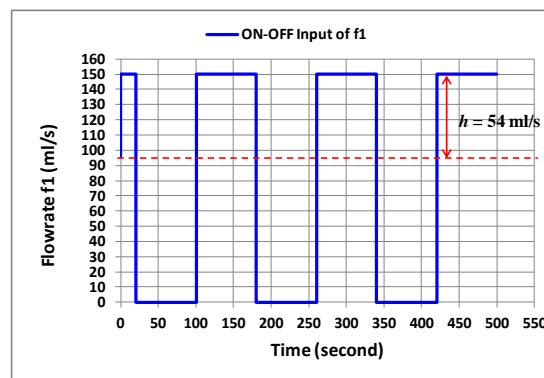


Gambar 2. Respons dinamis $c_3(t)$ terhadap perubahan input $f_2(t)$.

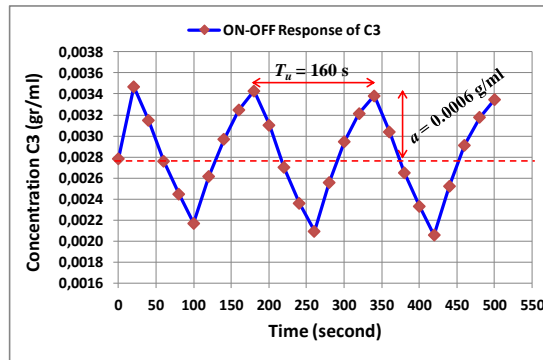
Gangguan *step increase* laju alir air (f_2) dibuat dengan cara menambah bukaan *valve* No. 7a pada **Gambar 1** secara tiba-tiba sehingga lajunya naik dari 76 ml/detik ke 117 ml/detik. Dengan demikian beban gangguan yang terjadi adalah $\Delta f_2 = 41$ ml/detik. Seperti yang terlihat di **Gambar 2**, konsentrasi larutan garam c_3 di tangki turun seiring dengan naiknya laju alir air masuk tangki, dan akhirnya mencapai nilai *steady* baru 0,0021 gr/ml setelah 300 detik. Garis sambung pada **Gambar 2** merupakan respons terhadap perubahan *step increase* f_2 yang dihasilkan dari model matematika. Respons model *step increase* f_2 menunjukkan *trend* yang sama dan dekat dengan respons data hasil percobaan.

Gangguan *step decrease* laju alir air (f_2) dibuat dengan cara mengurangi bukaan *valve* No. 7a pada **Gambar 1** secara tiba-tiba sehingga lajunya turun dari 76 ml/detik ke 30 ml/detik. Dengan demikian beban gangguan yang terjadi adalah $\Delta f_2 = -46$ ml/detik. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**, konsentrasi larutan garam c_3 di tangki naik seiring dengan turunnya laju alir air masuk tangki, dan akhirnya mencapai nilai *steady* baru 0,0036 gr/ml setelah 300 detik. Garis putus-putus pada **Gambar 2** merupakan respons terhadap perubahan *step decrease* f_2 yang dihasilkan dari model matematika. Sekali lagi, respons model *step decrease* menunjukkan *trend* yang sama dan dekat dengan respons data hasil percobaan.

Hasil percobaan *on-off* loop terbuka ditunjukkan pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**. *Valve* pada arus-1 (No. 7b pada **Gambar 1**) dibuka dan ditutup secara periodik, sehingga menghasilkan kurva *on-off* laju alir air (f_1) seperti **Gambar 3**. Kurva *on-off* pada **Gambar 3** menghasilkan ketinggian *relay* (h) sebesar 54 ml/detik.



Gambar 3. Kurva *on-off* laju alir f_1 .



Gambar 4. Kurva *on-off* konsentrasi c_3 .

Kurva *on-off* konsentrasi c_3 ditunjukkan pada **Gambar 4**. *Ultimate periode* (T_u) dan *amplitude* (a) dapat ditentukan berdasarkan *on-off* konsentrasi c_3 . Seperti dapat dilihat pada **Gambar 4**, diperoleh $T_u = 160$ detik, dan $a = 0.0006$ g/ml. Selanjutnya, *ultimate gain* (K_u) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$K_u = \frac{4h}{a\pi} = 114.650 \dots\dots\dots (8)$$

Parameter PID (K_c , τ_i , τ_D) selanjutnya distel berdasarkan model Ziegler-Nichols dan hasilnya disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil penyetelan parameter PID

Controller	K_c	τ_i	τ_D
P	$\frac{K_u}{2}$ = 52325		
PI	$\frac{2 K_u}{5}$ = 45860	$\frac{4 T_u}{5}$ = 128	
PID	$\frac{3 K_u}{5}$ = 68790	$\frac{T_u}{2}$ = 80	$\frac{3 T_u}{25}$ = 19

4. KESIMPULAN

Percobaan loop terbuka tentang dinamika komposisi pada tangki pencampur 10 liter dengan laju alir larutan garam sebagai variabel termanipulasi dan laju alir air sebagai variabel gangguan telah dilakukan di laboratorium. Hasil pengamatan di laboratorium menunjukkan bahwa sistem tangki pencampur mampu menghasilkan respons stabil terhadap perubahan gangguan laju alir air dengan beban $\pm 25\%$. Selain itu, respons yang dihasilkan oleh model matematika menunjukkan *trend* yang sama dan dekat dengan data hasil pengamatan di laboratorium.

Percobaan *on-off* loop terbuka menghasilkan parameter PID: *controller gain* $K_c=68790$, *integral time constant* $\tau_i=80$ detik, dan *derivative time constant* $\tau_D=19$ detik. Untuk mengevaluasi hasil *tuning* parameter PID tersebut, maka simulasi dinamis loop tertutup perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) UPN “Veteran” Yogyakarta atas dukungan dana untuk penelitian ini.

REFERENSI

- Hermawan, Y.D., 2017, Design of Flow Control System with A Kickback Flow as A Manipulated Variable, *EKSERGI*, Jurnal Program Studi Teknik Kimia UPN “Veteran” Yogyakarta Vol 14, No. 2. 2017, P-ISSN: 1410-394X, E-ISSN: 2460 8203, p.23-28. <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/eksergi/article/view/2089>
- Hermawan, Y.D., 2011, Implementation of Process Reaction Curve for Tuning of Temperature Control Parameters in A 10 L Stirred Tank Heater, *Journal of Materials Science and Engineering A 1*, formerly part of Journal of Materials Science and Engineering, ISSN 1934-8959, p. 572-577. DOI: 10.17265/2161-6213/2011.09.017, <http://www.davidpublisher.org/Public/uploads/Contribute/55fa0fe6b0f06.pdf>
- Hermawan, Y.D., Haryono, G., Agustin, M., & Abiad, H., 2012, Dinamika Komposisi pada Sistem Tangki Pencampur 10 L, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”*, Jurusan Teknik Kimia UPNVY, 6 Maret 2012, ISSN: 1693-4393, p. C15-1-C15-6. <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/kejuangan/article/view/519>
- Hermawan, Y.D. & Haryono, G., 2012, Dynamic Simulation and Composition Control in A 10 L Mixing Tank, *Jurnal Reaktor*, Jurnal Terakreditasi SK No. 66b/DIKTI/Kep/2011, Jurusan Teknik Kimia UNDIP, ISSN 0852-0798, Vol.14 No 2, Oktober, p. 95-100, DOI: 10.14710/reaktor.14.2.95-100., <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/reaktor/article/view/4802/4352>
- Hermawan, Y.D., Reningtyas, R., Kholisoh, S.D. & Setyoningrum, T.M., 2016, Design of Level Control in A 10 L Pure Capacitive Tank: Stability Analysis and Dynamic Simulation, *International Journal of Science and Engineering (IJSE)*, Vol.10 No. 1, Januari, p.10-16, DOI: 10.12777/ijse.10.1.10-16. <http://www.ejournal.undip.ac.id/index.php/ijse/article/view/8538/pdf>
- Hermawan, Y.D., Krisnawan, D.A. & Kinanti, N.L.D.W., 2017, Perancangan Sistem Pengendalian Laju Alir Cairan dengan Voltase Pompa sebagai Variabel Termanipulasi, *Seminar Nasional Teknik Kimia (SNTK) UNNES*, p. 92-99. <http://seminar.unnes.ac.id/event-semnastekkim/page/publikasi>, <https://drive.google.com/file/d/0B8DhN-qAN4qsd3RKMUNvdmtfR2M/view>
- Luyben, W.L, 2002, *Plantwide Dynamic Simulators in Chemical Processing and Control*, Marcel Dekker, Inc., USA.
- Marlin, T.E., 1995, *Designing Processes and Control Systems for Dynamic Performance*, 2nd ed., McGraw-Hill, USA.
- Smith, C.A., & Corripio, A.B., 1997, *Principles and Practice of Automatic Process Control*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Stephanopoulos, G., 1984, *Chemical Process Control: An Introduction to Theory and Practice*, PTR. Prentice-Hall, Inc., A Simon and Shuster Company, New Jersey.

PENYETELAN PARAMETER PENGENDALI KOMPOSISI MENGUNAKAN METODE *ON-OFF* PADA TANGKI PENCAMPUR DENGAN AIR SEBAGAI VARIABEL TERMANIPULASI

Mitha Puspitasari, Y. Deddy Hermawan^{*}, Muhamad Arief, Audi Naoni Azizsol
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, UPN “Veteran” Yogyakarta
email: ydharmawan@upnyk.ac.id

ABSTRACT

This research was aimed to study the process dynamic and to implement the on-off method for tuning of composition controller parameters in a mixing tank with water flowrate as a manipulated variable experimentally in laboratory. A 10 L tank was designed for mixing of salt solution (as a stream-1) and water (as a stream-2). An electric stirrer was used to obtained uniform characteristic in tank. In order to ensure liquid volume in tank constant, the tank system was designed overflow. The water flowrate was chosen as a manipulated variable to keep the salt composition in tank constant at its set point. In the on-off experiment, the valve of stream-2 was suddenly fully open (on position) for several seconds and fully closed (off position) for several seconds. As a result, the salt composition in tank will decrease and increase, respectively. The composition on-off curve was then utilized to tune Proportional Integral Derivative (PID) control parameters. The on-off experiment gave PID control parameters as follows: controller gain of $K_c=61146$, integral time constant of $\tau_i=80s$, and derivative time constant of $\tau_D=19s$. In order to evaluate the tuning PID results, the rigorous closed loop dynamic simulation need to be done in the future work.

Keywords: *manipulated variable, on-off, open loop, PID, tuning.*

1. PENDAHULUAN

Tangki pencampur (*mixing tank*) sering dijumpai di sebagian besar industri kimia, misalnya *Blending Tank* dan/atau RATB (Reaktor Alir Tangki Berpengaduk). Salah satu faktor penting dalam proses pencampuran dan proses reaksi kimia di reaktor adalah komposisi. Perambatan gangguan massa yang terjadi di dalam tangki pencampur menimbulkan permasalahan proses sehingga pengendalian komposisi di tangki pencampur sangat penting untuk diimplementasikan (Hermawan, Y.D., and Haryono, G., 2012).

Sistem pengendalian komposisi pada tangki dirancang dengan maksud untuk menanggulangi gangguan massa yang terjadi. Selain itu, untuk menghasilkan kestabilan proses pencampuran maka parameter pengendalian komposisi yaitu *proportional controller gain* (K_c), *integral time constant* (τ_i), and *derivative time constant* (τ_D) perlu disetel dengan baik. Dengan demikian, studi tentang penyetelan parameter pengendali komposisi pada tangki pencampur sangat penting dilakukan.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian atau studi terkait dengan dinamika dan pengendalian proses serta penyetelan parameter kendali. Hermawan Y.D, dkk (2012) telah melakukan penelitian tentang dinamika komposisi pada sistem tangki pencampur secara loop terbuka di laboratorium. Hermawan Y. D. dan Haryono, G. (2012) kemudian melanjutkan

penelitiannya sampai simulasi loop tertutup pengendalian komposisi pada tangki pencampur dimana parameter *controller gain* K_C , *integral time constant* τ_i , dan *derivative time constant* τ_D disetel menggunakan metode *Process Reaction Curve* (PRC). Hermawan Y.D (2011) juga menggunakan metode PRC untuk menyetel parameter-parameter pengendali suhu pada pemanas tangki berpengaduk. Pada tahun 2016, Hermawan, Y.D. dkk telah menerapkan *proportional control* untuk menjaga *level* pada sistem *pure capacitive tank*, dimana parameter K_C diprediksi berdasarkan kriteria kestabilan Routh-Hurwitz (RH). Baru-baru ini Hermawan, Y.D. (2017) juga menggunakan kriteria RH untuk memperkirakan kisaran parameter K_C dan τ_i pada pengendalian laju alir cairan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan konfigurasi pengendalian komposisi pada tangki pencampur 10 L dengan laju alir air sebagai variabel termanipulasi dan menerapkan metode *on-off* loop terbuka untuk menyetel parameter-parameter K_C , τ_i , dan τ_D . Metode *on-off* loop terbuka merupakan metode sederhana dan murah (karena tidak memerlukan satu set peralatan pengendalian komposisi) yang digunakan untuk menggantikan metode loop tertutup RTF (*Relay Feedback Test*) yang mahal (karena RFT memerlukan satu set peralatan pengendalian komposisi).

2. METODE PENELITIAN

Gambar 1 menunjukkan rangkaian alat percobaan. Penelitian ini menggunakan bahan air dan larutan garam. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah satu set rangkaian alat percobaan seperti **Gambar 1**, *stopwatch*, gelas beker, dan konduktometer. Tangki No. 1 pada **Gambar 1** adalah tangki utama yang merepresentasikan tangki pencampur (*mixing tank*). Pada kondisi normal, larutan garam (sebagai arus-1) berasal dari tangki No. 2a dan air (sebagai arus-2) berasal dari tangki No. 3. Arus-1 dengan laju alir volumetrik $f_1(t)$, [ml/detik], dan konsentrasi $c_1(t)$, [g/ml] dan arus-2 dengan laju alir volumetrik $f_2(t)$, [ml/detik] diumpungkan ke tangki No. 1 secara bersamaan. Laju alir arus-1 dan arus-2 ditera secara manual berdasarkan derajat bukaan *valve* (No. 7a,b) dengan bantuan busur derajat (No. 8a,b). Konsentrasi garam pada arus-1, $c_1(t)$, [g/ml], dan arus-3 (arus keluar tangki No. 1), $c_3(t)$, [g/ml], diukur menggunakan konduktometer.

Sistem tangki pencampur pada penelitian ini dirancang *overflow* sehingga volume cairan di dalam tangki selalu konstan. Selain itu, tangki juga dilengkapi dengan pengaduk untuk menjamin kesempurnaan pencampuran. Tangki No. 2b pada **Gambar 1** digunakan khusus untuk memberikan gangguan perubahan konsentrasi garam pada arus-1. Gangguan konsentrasi dapat dibuat dengan cara merubah konsentrasi arus-1 secara tiba-tiba dengan memutar katub No. 9 (*three-way-valve*) secara penuh.

Penelitian ini menetapkan konsentrasi garam $c_3(t)$, [g/ml] sebagai CV (*Controlled Variable*) dan memilih laju alir air $f_2(t)$ sebagai MV (*Manipulated Variable*). Sedangkan DV (*Disturbance Variables*) pada penelitian ini adalah laju alir larutan garam $f_1(t)$ dan konsentrasi larutan garam $c_1(t)$.

Adapun langkah percobaan yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

2.1. Percobaan Pendahuluan

Beberapa kegiatan dalam percobaan pendahuluan adalah:

- menerima derajat bukaan *valve* arus-1 dan arus-2 untuk mendapatkan grafik hubungan derajat bukaan *valve* dengan laju aliran
- menerima konduktometer untuk mendapatkan grafik hubungan konduktivitas larutan dengan konsentrasi garam.
- menentukan parameter *steady*, yaitu: laju alir arus-1 \bar{f}_1 , arus-2 \bar{f}_2 , dan dan arus-3 \bar{f}_3 , konsentrasi garam pada arus-1 \bar{c}_1 dan arus-3 \bar{c}_3 .

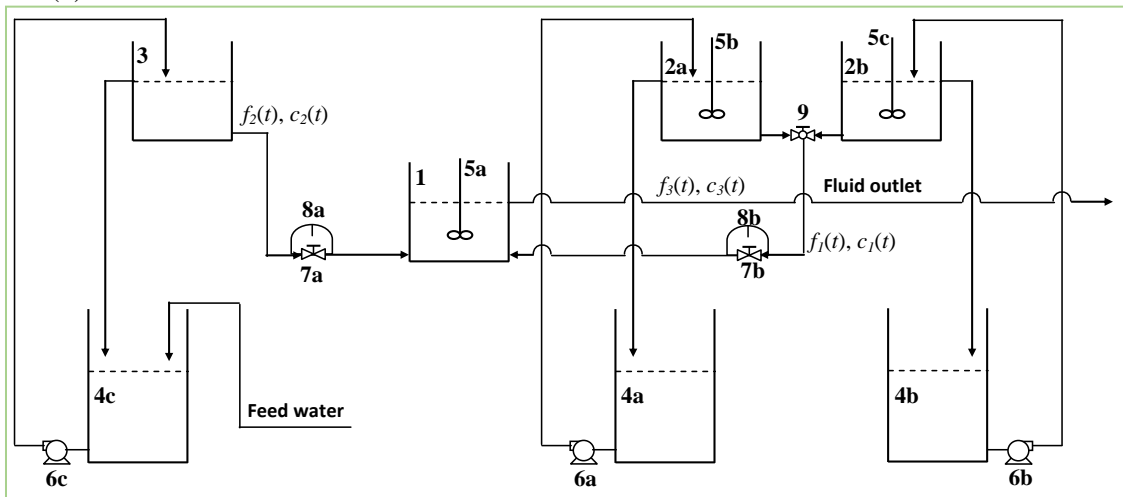
2.2. Percobaan dinamika loop terbuka

Percobaan dinamika loop terbuka dilakukan dengan cara membuat gangguan perubahan laju alir larutan garam $f_1(t)$ dan konsentrasi garam, $c_1(t)$ secara tiba-tiba sesuai dengan fungsi tahap (*step function*). Selanjutnya dilakukan pengamatan respons konsentrasi garam pada arus keluar tangki pencampur. Respons pengamatan laboratorium akan dibandingkan dengan respons yang dihasilkan dari penyelesaian model matematika sistem ini.

Transformasi *laplace* dalam term deviasi untuk sistem ini adalah sebagai berikut:

$$C_3(s) = \frac{K_1}{(\tau_p+1)} F_1(s) + \frac{K_2}{(\tau_p+1)} F_2(s) + \frac{K_3}{(\tau_p+1)} C_1(s) \dots\dots\dots (1)$$

dengan konstanta waktu proses (τ_p) dan gain (K_1, K_2, K_3) ditunjukkan pada persamaan (2), (3), (4) dan (5).



Keterangan:

- | | | |
|--|---------------------|--------------------|
| 1: Tangki Utama (<i>Mixing Tank</i>) | 4: Tangki penampung | 7: Valve |
| 2: Tangki umpan larutan garam | 5: Pengaduk | 8: Busur derajat |
| c. digunakan saat kondisi normal | | |
| d. digunakan untuk memberi gangguan | | |
| 3: Tangki umpan air | 6: Pompa | 9: Three way valve |

Gambar 1. Rangkaian alat percobaan

$$\tau_p = \frac{V}{(\bar{f}_1 + \bar{f}_2)} \dots\dots\dots (2)$$

$$K_1 = \frac{\bar{c}_1 - \bar{c}_3}{(\bar{f}_1 + \bar{f}_2)} \dots\dots\dots (3)$$

$$K_2 = \frac{-\bar{c}_3}{(\bar{f}_1 + \bar{f}_2)} \dots\dots\dots (4)$$

$$K_3 = \frac{\bar{f}_1}{(\bar{f}_1 + \bar{f}_2)} \dots\dots\dots (5)$$

Gangguan laju alir larutan garam $f_1(t)$ dibuat berdasarkan fungsi tahap dengan cara menambah atau mengurangi bukaan *valve* No. 7b secara tiba-tiba. Respons $c_3(t)$ terhadap perubahan *step* laju alir larutan garam masuk tangki adalah sebagai berikut:

$$c_3(t) = \bar{c}_3 + K_1 \Delta f_1 (1 - e^{-t/\tau_p}) \dots\dots\dots (6)$$

Gangguan konsentrasi garam $c_1(t)$ juga dibuat berdasarkan fungsi tahap dengan cara memutar katub *three-way-valve* No. 9 pada **Gambar 1** secara tiba-tiba sehingga aliran stream-1 yang awalnya berasal dari tangki Nomer 2a menjadi berasal dari tangki No. 2b pada **Gambar 1** dimana konsentrasi garamnya sudah dibuat lebih tinggi atau lebih rendah. Respons $c_3(t)$ terhadap perubahan *step* konsentrasi garam masuk tangki adalah sebagai berikut:

$$c_3(t) = \bar{c}_3 + K_3 \Delta c_1 (1 - e^{-t/\tau_p}) \dots\dots\dots (8)$$

2.3. Percobaan On-Off loop terbuka

Parameter pengendali komposisi (K_c , τ_i , τ_D) pada sistem tangki pencampur dengan laju alir air $f_2(t)$ sebagai MV (*manipulated variable*) distel melalui percobaan *on-off* loop terbuka dengan prosedur sebagai berikut:

- e. Sistem dikondisikan *steady* dengan nilai parameter *steady* seperti yang diperoleh pada percobaan pendahuluan.
- f. *Valve* No. 7a pada arus-1 dibuka 100% secara tiba-tiba selama periode tertentu, kemudian dilakukan pengamatan terhadap respons konsentrasi garam $c_3(t)$.
- g. *Valve* No. 7a ditutup secara tiba-tiba selama periode tertentu, kemudian dilakukan pengamatan terhadap respons konsentrasi garam $c_3(t)$.
- h. Ulangi langkah b dan c sampai 2 atau 3 kali untuk mendapatkan kurva *on-off*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter *steady* yang diperoleh dari percobaan pendahuluan ditunjukkan pada **Tabel 1**. Selanjutnya, konstanta waktu proses (τ_p), gain arus-1 (K_1), gain arus-2 (K_2), dan gain komposisi arus-1 (K_3) dapat dihitung dan hasilnya disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Parameter *steady*

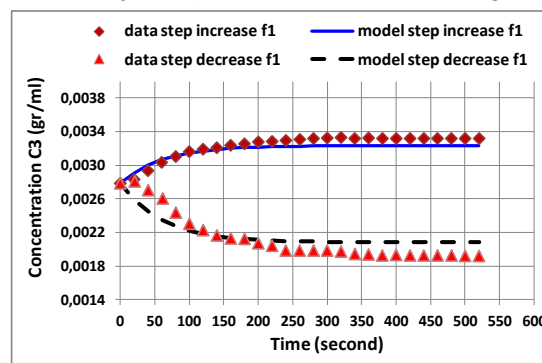
No	Variabel	Nilai
1	Laju alir volumetrik larutan garam masuk tangki; f_1 [ml/detik]	96
2	Laju alir volumetrik air masuk tangki; f_2 [ml/detik]	76
3	Laju alir volumetrik larutan garam keluar tangki; f_3 [ml/detik]	172
4	Konsentrasi larutan garam masuk tangki; c_1 [gr/ml]	0,0050
5	Konsentrasi larutan garam keluar tangki; c_3 [gr/ml]	0,0028
6	Volume larutan garam di dalam tangki; V [ml]	10613

Tabel 2. Konstanta waktu proses dan *gain*

Parameter	Satuan	Nilai
τ_p	detik	61,7
K_1	$\frac{(\text{gr})(\text{detik})}{(\text{ml})^2}$	1,2791E-5
K_2	$\frac{(\text{gr})(\text{detik})}{(\text{ml})^2}$	-1,6279E-5
K_3	-	0,5581

Seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2**, Sistem tangki memiliki konstanta waktu proses sebesar 61,7 detik (1,03 menit), dengan demikian sistem ini tergolong cukup sensitif terhadap perubahan *input*.

Gambar 2 menunjukkan dinamika loop terbuka terhadap perubahan step laju alir larutan garam (f_1). Gangguan perubahan laju alir f_1 dibuat berdasarkan fungsi step *increase* dan *decrease*.

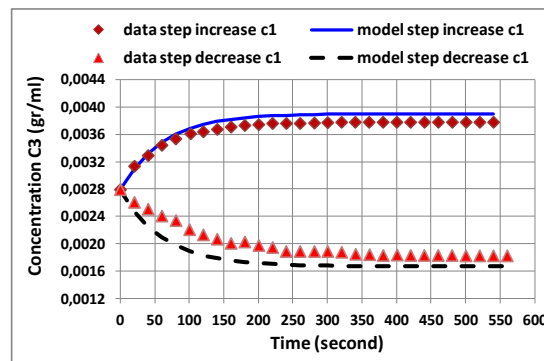


Gambar 2. Respons dinamis $c_3(t)$ terhadap perubahan input $f_1(t)$.

Gangguan *step increase* laju alir larutan garam (f_1) dibuat dengan cara menambah bukaan *valve* No. 7b pada **Gambar 1** secara tiba-tiba sehingga lajunya naik dari 96 ml/detik ke 131 ml/detik. Dengan demikian beban gangguan yang terjadi adalah $\Delta f_2 = 35$ ml/detik. Konsentrasi garam c_3 di tangki naik seiring dengan naiknya laju alir larutan garam masuk tangki, dan akhirnya mencapai nilai *steady* baru 0,0033 gr/ml setelah 260 detik. Garis sambung pada **Gambar 2** merupakan respons terhadap perubahan *step increase* f_1 yang dihasilkan dari model matematika. Respons model *step increase* f_1 menunjukkan *trend* yang sama dan dekat dengan respons data hasil percobaan.

Gangguan *step decrease* laju alir larutan garam (f_1) dibuat dengan cara mengurangi bukaan *valve* No. 7b pada **Gambar 1** secara tiba-tiba sehingga lajunya turun dari 96 ml/detik ke 41 ml/detik. Dengan demikian beban gangguan yang terjadi adalah $\Delta f_1 = -55$ ml/detik. Seperti yang terlihat pada **Gambar 2**, Konsentrasi larutan garam c_3 di tangki turun seiring dengan turunnya laju alir larutan garam masuk tangki, dan akhirnya mencapai nilai *steady* baru 0,0020 gr/ml setelah 340 detik. Garis putus-putus pada **Gambar 2** merupakan respons terhadap perubahan *step decrease* f_1 yang dihasilkan dari model matematika. Sekali lagi, respons model *step decrease* menunjukkan *trend* yang sama dan dekat dengan respons data hasil percobaan.

Dinamika loop terbuka terhadap perubahan konsentrasi garam pada arus-1 ditunjukkan pada **Gambar 3**. Gangguan konsentrasi garam masuk tangki c_1 dibuat berdasarkan fungsi *step increase* dan *decrease*.



Gambar 3. Respons dinamis $c_3(t)$ terhadap perubahan input $c_1(t)$.

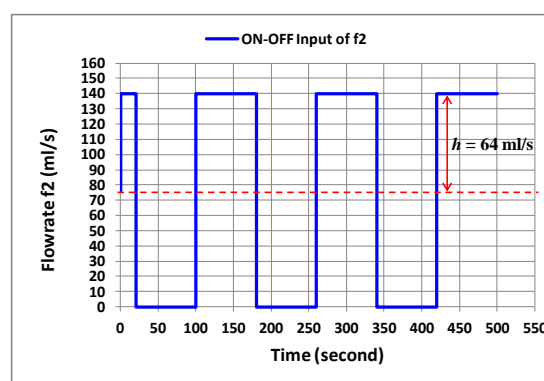
Gangguan *step increase* konsentrasi garam masuk tangki c_1 dibuat dengan cara berikut:

- Menyiapkan larutan garam dengan volume yang cukup dan konsentrasi lebih tinggi dari semula, misalnya 0,0070 gr/ml dan menampungnya di tangki No. 2b pada **Gambar 1**.
- Memutar katub *three-way-valve* (No. 9 pada **Gambar 1**) secara tiba-tiba sehingga sumber stream-1 berpindah dari tangki No. 2a ke 2b.
- Mengamati respons konsentrasi garam di dalam tangki c_3 terhadap perubahan *step increase* c_1 .

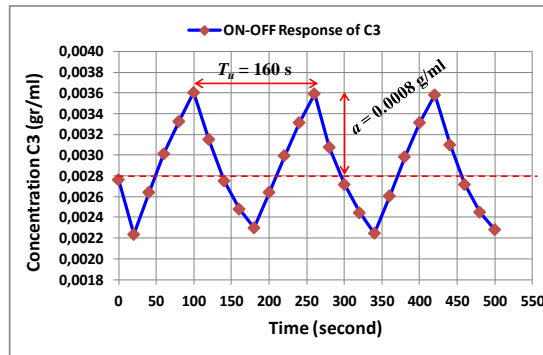
Konsentrasi c_3 naik seiring dengan naiknya konsentrasi c_1 dan akhirnya konstan pada nilai 0,0038 gr/ml pada waktu 220 detik. Garis sambung pada **Gambar 3** merupakan respons yang dihasilkan dari model matematika. Respons model *step increase* c_1 menunjukkan *trend* yang sama dan cukup dekat dengan respons data hasil percobaan.

Pada gangguan *step decrease* c_1 , Konsentrasi c_3 turun seiring dengan turunnya konsentrasi c_1 dan akhirnya konstan pada nilai 0,0018 gr/ml pada waktu 220 detik. Garis putus-putus pada **Gambar 3** merupakan respons terhadap perubahan *step decrease* c_1 yang dihasilkan dari model matematika dimana responsnya menunjukkan *trend* yang sama dan cukup dekat dengan respons data hasil percobaan.

Gambar 4 dan **5** menunjukkan hasil percobaan *on-off loop* terbuka. *Valve* pada arus-2 (No. 7a pada **Gambar 1**) dibuka dan ditutup secara periodik, sehingga menghasilkan kurva *on-off* laju alir air (f_2) seperti **Gambar 4**. Kurva *on-off* pada **Gambar 4** menghasilkan ketinggian *relay* (h) sebesar 64 ml/detik.



Gambar 4. Kurva *on-off* laju alir f_2 .



Gambar 5. Kurva *on-off* konsentrasi c_3 .

Gambar 5 menunjukkan kurva *on-off* konsentrasi c_3 . *Ultimate periode* (T_u) dan *amplitude* (a) dapat ditentukan berdasarkan *on-off* konsentrasi c_3 . Seperti dapat dilihat pada **Gambar 5**, diperoleh $T_u = 160$ detik, dan $a = 0.0008$ g/ml. *Ultimate gain* (K_u) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$K_u = \frac{4h}{a\pi} = 101.911 \dots\dots\dots (8)$$

Parameter PID (K_c , τ_i , τ_D) selanjutnya distel berdasarkan model Ziegler-Nichols dan hasilnya disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil penyetelan parameter PID

Controller	K_c	τ_i	τ_D
P	$\frac{K_u}{2}$ = 50955		
PI	$\frac{2 K_u}{5}$ = 40764	$\frac{4 T_u}{5}$ = 128	
PID	$\frac{3 K_u}{5}$ = 61146	$\frac{T_u}{2}$ = 80	$\frac{3 T_u}{25}$ = 19

4. KESIMPULAN

Percobaan laboratorium loop terbuka tentang dinamika komposisi pada tangki pencampur 10 liter dengan laju alir air sebagai variabel termanipulasi dan laju alir larutan garam dan konsentrasi garam masuk tangki sebagai variabel gangguan telah dilakukan dengan sukses. Hasil pengamatan di laboratorium menunjukkan bahwa sistem tangki pencampur mampu menghasilkan respons stabil terhadap perubahan gangguan laju alir larutan garam masuk tangki maupun konsentrasi garam masuk tangki. Selain itu, respons yang dihasilkan oleh model matematika menunjukkan *trend* yang sama dan dekat dengan data hasil pengamatan di laboratorium.

Percobaan *on-off* loop terbuka menghasilkan parameter PID: *controller gain* $K_c=61146$, *integral time constant* $\tau_i=80$ detik, dan *derivative time constant* $\tau_D=19$ detik. Untuk mengevaluasi kinerja hasil *tuning* parameter PID tersebut, maka simulasi dinamis loop tertutup perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) UPN “Veteran” Yogyakarta atas dukungan dana untuk penelitian ini.

REFERENSI

- Hermawan, Y.D., 2017, Design of Flow Control System with A Kickback Flow as A Manipulated Variable, *EKSERGI*, Jurnal Program Studi Teknik Kimia UPN “Veteran” Yogyakarta Vol 14, No. 2. 2017, P-ISSN: 1410-394X, E-ISSN: 2460 8203, p.23-28. <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/eksergi/article/view/2089>
- Hermawan, Y.D., 2011, Implementation of Process Reaction Curve for Tuning of Temperature Control Parameters in A 10 L Stirred Tank Heater, *Journal of Materials Science and Engineering A 1*, formerly part of Journal of Materials Science and Engineering, ISSN 1934-8959, p. 572-577. DOI: 10.17265/2161-6213/2011.09.017, <http://www.davidpublisher.org/Public/uploads/Contribute/55fa0fe6b0f06.pdf>
- Hermawan, Y.D., Haryono, G., Agustin, M., & Abiad, H., 2012, Dinamika Komposisi pada Sistem Tangki Pencampur 10 L, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”*, Jurusan Teknik Kimia UPNVY, 6 Maret 2012, ISSN: 1693-4393, p. C15-1-C15-6. <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/kejuangan/article/view/519>
- Hermawan, Y.D. & Haryono, G., 2012, Dynamic Simulation and Composition Control in A 10 L Mixing Tank, *Jurnal Reaktor*, Jurnal Terakreditasi SK No. 66b/DIKTI/Kep/2011, Jurusan Teknik Kimia UNDIP, ISSN 0852-0798, Vol.14 No 2, Oktober, p. 95-100, DOI: 10.14710/reaktor.14.2.95-100., <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/reaktor/article/view/4802/4352>
- Hermawan, Y.D., Reningtyas, R., Kholisoh, S.D. & Setyoningrum, T.M., 2016, Design of Level Control in A 10 L Pure Capacitive Tank: Stability Analysis and Dynamic Simulation, *International Journal of Science and Engineering (IJSE)*, Vol.10 No. 1, Januari, p.10-16, DOI: 10.12777/ijse.10.1.10-16. <http://www.ejournal.undip.ac.id/index.php/ijse/article/view/8538/pdf>
- Hermawan, Y.D., Krisnawan, D.A. & Kinanti, N.L.D.W., 2017, Perancangan Sistem Pengendalian Laju Alir Cairan dengan Voltase Pompa sebagai Variabel Termanipulasi, *Seminar Nasional Teknik Kimia (SNTK) UNNES*, p. 92-99. <http://seminar.unnes.ac.id/event-semnastekkim/page/publikasi>, <https://drive.google.com/file/d/0B8DhN-qAN4qsd3RKMUNvdmtfR2M/view>
- Luyben, W.L, 2002, *Plantwide Dynamic Simulators in Chemical Processing and Control*, Marcel Dekker, Inc., USA.
- Marlin, T.E., 1995, *Designing Processes and Control Systems for Dynamic Performance*, 2nd ed., McGraw-Hill, USA.
- Smith, C.A., & Corripio, A.B., 1997, *Principles and Practice of Automatic Process Control*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Stephanopoulos, G., 1984, *Chemical Process Control: An Introduction to Theory and Practice*, PTR. Prentice-Hall, Inc., A Simon and Shuster Company, New Jersey.

ANALISIS POTENSI SUMBER DAYA MINERAL DAN KONTRIBUSI TERHADAP PENDAPATAN ASLI DAERAH DI PROVINSI JAWA TENGAH

**Raden Hariyanto¹, Raden Hendri Gusaptono², Untung Sukamto³, Priyo Widodo⁴,
Waterman Sulistyana Bargawa⁵, Gregorius Aryoko Gautama⁶, Yeremia Sembiring⁷**

¹Jurusan Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta, email : harindri@yahoo.com

²Jurusan Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta, email : tono_hendri@yahoo.com

³Jurusan Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta, email : cak_oen2000@yahoo.com

⁴Jurusan Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta, email : priyo_widodo58@yahoo.com

⁵Jurusan Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta, email : waterman.sulistyana@gmail.com

⁶Jurusan Magister Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta, email : aryoko.gautama@yahoo.com

⁷Jurusan Magister Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta, email : yeremiasembiring@gmail.com

ABSTRACT

Large natural resources are one of the main capital implementation of development. Natural resources management is not carried out properly and correctly will have a bad impact on the environment. Mineral resources are one of the natural resources. Mineral resources are deposits of minerals used for development and community welfare. Utilization of mineral resources requires the precautionary principle because mineral resources are non-renewable resources. Non-metallic mineral and rock taxes are one of the revenues for local revenues. This study aims to analyze the potential of non-metallic mineral commodities and contribution of non-metallic mineral and rock taxes to local revenues. Large commodity potential can contribute to local revenues. Calculation of potential uses the balance of resources and mineral reserves based on Indonesian National Standard (SNI) 678.4: 2015 concerning the preparation of mineral resource balance. Calculation of non-metallic mineral and rock mineral taxes based on government regulations. Contribution is a comparison between taxes collected with regional income. Commodities with the largest reserves are Sirtu of 5,735,936,498 tons, the smallest reserves are Pasir Kuarsa of 2,718,571 tons. The largest production is the Tanah Urug commodity of 22,820,111 tons, the smallest is the Talk of 3000 tons. The contribution of non-metallic mineral and rock tax to the Regional Original Revenue in Central Java Province according to the potential and realization of the revenue contributes very little. The lack of contribution from non-metallic mineral and rock taxes on local revenues is expected to be the government's attention as the manager of mineral resources. Mineral resource management uses the principle of environmentally sound mining management.

Keywords : *mineral resources, potential commodities, local revenues, contribution.*

PENDAHULUAN

Kekayaan sumber daya alam yang melimpah di satu sisi merupakan modal besar dan berharga untuk pelaksanaan pembangunan, namun di sisi lain apabila pengelolaan sumber daya alam tidak dilaksanakan secara bijaksana dan terencana berdampak kerusakan lingkungan dan

terjadinya bencana alam (Fadhil, 2014). Sumber daya alam terutama komoditas mineral dan batuan masih menjadi primadona untuk digunakan dalam bahan baku pembangunan infrastruktur.

Kurniawanweka (2015), Sumber daya mineral merupakan endapan mineral yang diharapkan dapat dimanfaatkan secara nyata. Sumber daya mineral dengan keyakinan geologi tertentu dapat berubah menjadi cadangan setelah dilakukan pengkajian kelayakan tambang dan memenuhi kriteria layak tambang.

Potensi adalah sumber daya yang dapat dikembangkan lagi melalui pembangunan untuk kesejahteraan dalam kehidupan masyarakat.

Tridoyo Kusmastanto (2014), pemanfaatan sumber daya mineral haruslah tetap berpijak pada kaidah-kaidah pembangunan yang bertumpu pada masyarakat. Sumber daya mineral merupakan sumber daya yang tak terbarukan sehingga diperlukan prinsip kehati-hatian untuk memanfaatkan potensi sumber daya mineral. UUD Pasal 33 memberikan wewenang kepada pemerintah untuk mengelola dan memanfaatkan sumber daya alam untuk kesejahteraan rakyat. Tata kelola pemerintah yang baik mencerminkan bahwa pemerintah sebagai pengelola potensi sumber daya yang mampu dikembangkan untuk pembangunan dan kesejahteraan rakyat.

Teguh Prayogo (2009) Kebijakan pembangunan di bidang sumber daya diarahkan pada pendelegasian wewenang secara bertahap ke pemerintah daerah untuk mengelola, meningkatkan pemanfaatan dan mendayagunakan sumber daya alam dengan menerapkan teknologi ramah lingkungan agar dapat bermanfaat bagi peningkatan kesejahteraan rakyat dari generasi ke generasi.

Taufik (2009:185) Pendapatan Asli Daerah terdiri dari Pajak Daerah, Retribusi Daerah, Hasil Pengelolaan Kekayaan Daerah yang Dipisahkan, dan Lain-lain Pendapatan Asli Daerah yang Sah. Pajak Daerah yaitu penerimaan pemerintah daerah yang berasal dari daerah, pajak yang dikelola pemerintah daerah propinsi dan kabupaten/kota. Retribusi Daerah yaitu penerimaan pemerintah daerah yang berasal dari retribusi daerah. Hasil Pengelolaan Kekayaan Daerah yang Dipisahkan yaitu penerimaan daerah yang berasal dari pengelolaan kekayaan daerah yang dipisahkan. Lain-lain Pendapatan Asli Daerah yang Sah Yaitu penerimaan dari Pendapatan Asli Daerah yang bukan merupakan klasifikasi PAD yang disebutkan sebelumnya. Pendapatan Asli Daerah merupakan pendapatan yang diperoleh daerah dari pajak dan digunakan untuk pembangunan daerah sehingga daerah mengalami kemajuan ekonomi.

Elfira (2013) menyatakan bahwa Pendapatan Asli Daerah menjadi kunci untuk terbentuknya laju pertumbuhan daerah ke arah yang lebih maju dan berkembang, bukan saja dalam aspek ekonomi tetapi dapat pula merambat pada aspek-aspek kesejahteraan masyarakat dan lain sebagainya. Sunanto (2015) menulis bahwa Pendapatan Asli Daerah sangat penting sebagai sumber pembiayaan dan sebagai tolak ukur dalam pelaksanaan otonomi daerah, sehingga untuk melaksanakan otonomi daerah pemerintah daerah harus mampu mengidentifikasi sektor-sektor yang dinilai potensial sebagai pendorong pembangunan daerah.

Pemanfaatan komoditas sumber daya mineral bukan logam dan batuan dalam pembangunan secara langsung dengan mengambil dan mengolah secara langsung menjadi bahan baku pembangunan, sedangkan secara tidak langsung dengan cara memberikan pajak terhadap pengambilan komoditas sumber daya mineral bukan logam dan batuan yang diatur dalam Undang-Undang No 28 Tahun 2009 tentang Pajak Daerah dan Retribusi Daerah. Pajak mineral bukan logam dan batuan pasal 59 dan 60, rumus yang digunakan yaitu :

$$P = TKabupaten \times DasarPengenaaan \quad (1)$$

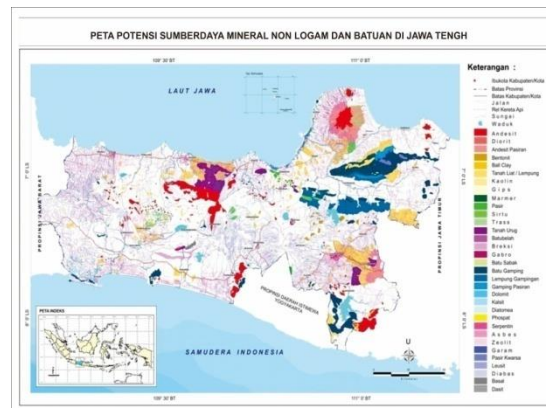
Keterangan :

P = Potensi pajak mineral bukan logam dan batuan

$TKabupaten$ = Tarif pajak kabupaten

Dasarpengenaan = nilai jual komoditas

Propinsi Jawa Tengah memiliki komoditas mineral bukan logam dan batuan yang sangat potensial yang dapat dilihat pada Gambar 1. Ada 14 komoditas tambang yaitu Tanah Urug, Sirtu, Andesit, Batugamping, Basalt, Trass, Feldspar, Pasir Kuarsa, Marmer, Talk, Diorit, Clay, Dasit, dan Batu Gunung Quarry Besar (Neraca Sumber Daya Alam Propinsi Jawa Tengah, 2016).



Gambar 1. Peta Potensi Sumberdaya Mineral Non Logam dan Batuan di Jawa Tengah

Badan Pusat Statistik Jawa Tengah mengeluarkan data pertambangan pada tahun 2013, berdasarkan data tersebut produksi total komoditas mineral sebesar 3.927.090 m³. Target penerimaan pajak komoditas non logam dan batuan sebesar Rp. 43.230.157.000, sedangkan realisasinya Rp. 53.618.420.000 (BPS Jawa Tengah, 2013).

Lasut dkk (2014) menulis bahwa kontribusi pajak mineral bukan logam dan batuan sangat kecil sebagai sumber Pendapatan Asli Daerah karena kurang maksimal serta tidak adanya pengawasan pemerintah daerah terhadap pajak mineral. Pebriani dkk (2017) menyatakan bahwa kontribusi pajak galian bukan logam dan batuan terhadap Pendapatan Asli Daerah dapat mencapai 39,12 %. Kontribusi adalah sejauh mana porsi atau jumlah dana yang terkumpul dari sektor pajak disuatu daerah dibandingkan dengan jumlah total pendapatan daerah.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi komoditas mineral bukan logam dan batuan serta menganalisis seberapa besar kontribusi pajak mineral bukan logam dan batuan terhadap Pendapatan Asli Daerah Kabupaten di Propinsi Jawa Tengah. Potensi komoditas yang cukup besar memberi kontribusi bagi Pendapatan Asli Daerah (Bargawa, 2012, 2014 2015). Menghitung cadangan dan produksi untuk mengetahui komoditas potensial yang dapat ditambang. Perhitungan pajak mineral bukan logam dan batuan untuk mengetahui seberapa besar kontribusi komoditas bukan logam dan batuan berkontribusi untuk Pendapatan Asli Daerah.

METODE PENELITIAN

Penelitian berada di Propinsi Jawa Tengah yang mempunyai 35 Kabupaten/Kota, dengan pengelolaan pertambangan oleh Dinas ESDM Propinsi Jawa Tengah. Dinas ESDM Jawa Tengah mempunyai 9 Balai Penyuluhan Pengawasan Pengendalian Energi Sumber Daya Mneral (BP3ESDM). Sembilan BP3ESDM dibagi berdasarkan kawasan pertambangan yang dapat dilihat pada Gambar 1 yaitu BP3ESDM Slamet Utara, BP3ESDM Serayu Utara, BP3ESDM Kendeng Muria, BP3ESDM Kendeng Selatan, BP3ESDM Slamet Selatan, BP3ESDM Serayu Selatan, BP3ESDM Solo, BP3ESDM Sewu Lawu, dan BP3ESDM Ungaran Telomoyo



Gambar 2. Peta Kawasan Pertambangan Provinsi Jawa Tengah

Ruang lingkup dalam penelitian yaitu menghitung potensi komoditas pertambangan dan kontribusi pajak mineral bukan logam dan batuan terhadap pendapatan asli daerah. Penghitungan potensi menggunakan neraca sumber daya dan cadangan mineral berdasarkan standar nasional Indonesia (SNI) 678.4:2015 tentang penyusunan neraca sumberdaya mineral. Penghitungan pajak mineral bukan logam dan batuan menggunakan aturan UU No 28/2009 tentang Pajak Daerah dan Retribusi Daerah. Kontribusi pajak mineral terhadap pendapatan asli daerah menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kontribusi} = \frac{\text{Penerimaan Pajak Mineral}}{\text{Pendapatan Asli Daerah}} (\times) 100\%$$

Tolak ukur kontribusi diatur dalam Peraturan Menteri Dalam Negeri No : 690900-327 Tahun 1996, tentang kriteria penilaian dan kinerja keuangan pada Tabel 1.

Tabel 1 Tabel Kriteria Kontribusi

Presentase	Kriteria
0,00 - 10 %	Sangat Kurang
10 - 20 %	Kurang
20,10 - 30%	Sedang
30,10 – 40 %	Cukup Baik
40,10 – 50 %	Baik
> 50%	Sangat Baik

Adapun tahapan pembuatan Neraca Sumberdaya dan Cadangan Mineral berdasarkan SNI 6728.4:2015 dengan tahapan sebagai berikut:

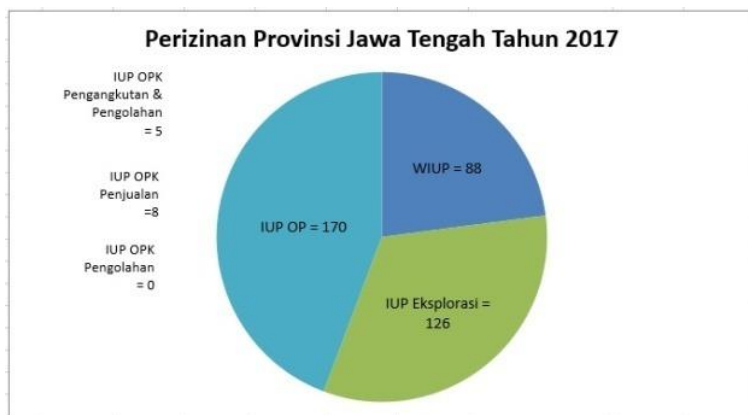
1. Inventarisasi data Potensi sumber daya dan cadangan mineral dan batubara
 - Inventarisasi data lokasi sumber daya dan cadangan
 - Produksi tahunan tiap komoditas mineral dan batubara
 - Eksploitasi sumberdaya mineral dan batubara
2. Penyusunan neraca sumberdaya mineral dan batubara.

Data cadangan dan produksi diperoleh dalam penelitian ini menggunakan data produksi pemilik iup yang dilaporkan kepada Dinas ESDM per triwulan dan data rekomendasi teknis pemilik IUP yang sudah disetujui oleh Dinas ESDM Jawa Tengah. Peneliti mendatangi 9 BP3ESDM untuk mencari data cadangan dan produksi.

Analisis yang digunakan dalam penelitian adalah penghitungan data cadangan sumber daya mineral menggunakan SNI 6728.4:2015 dan kontribusi pajak mineral bukan logam dan batuan terhadap pendapatan asli daerah. Menghitung pajak mineral bukan logam dan batuan dihitung menggunakan cara sesuai dengan peraturan yang berlaku, kemudian dibandingkan dengan pendapatan asli daerah untuk mengetahui kontribusi pajak mineral bukan logam dan batuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil inventarisasi Izin Usaha Pertambangan (IUP) yang dikeluarkan Dinas Penanaman Modal melalui Pelayanan Terpadu Satu Pintu (PTSP) hanya 25 Kabupaten yang memiliki potensi komoditas bukan logam dan batuan. Dinas ESDM Jawa Tengah tahun 2017 mengeluarkan IUP 397 izin bisa dilihat pada Gambar 3. Rekapitulasi perizinan pertambangan di Jawa Tengah berdasarkan komooditas dapat dilihat dalam Gambar 4 dan Tabel 2.



Gambar 3. Jumlah Perizinan Pertambangan Propinsi Jawa Tengah Tahun 2017

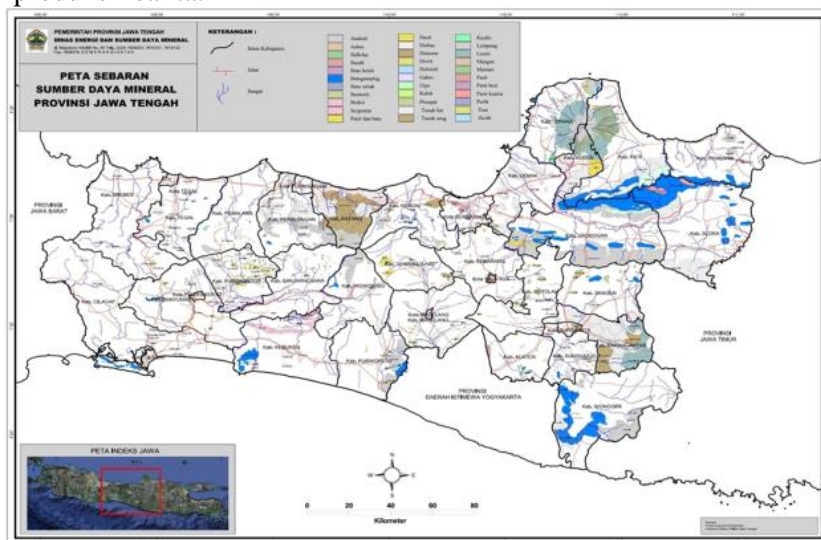
Tabel 2. Rekapitulasi Perizinan Pertambangan Berdasarkan Komoditas Tahun 2017

No	Komoditas	WIUP	IUP Eksplorasi	IUP OP	IUP OPK	IUP OPK	IUP OPK	JUMLAH
					Pengolahan	Penjualan	Olah Angkut	
1	Andesit	26	29	46	-	-	5	106
2	Basalt	4	11	9	-	-	-	24
3	Batu Gamping	1	1	17	-	-	-	19
4	Batu Trass	0	3	12	-	-	-	15
5	Bentonit	0	1	0	-	-	-	1
6	Diorit	1	0	1	-	-	-	2
7	Felspar	1	1	1	-	-	-	3
8	Pasir	5	5	0	-	-	-	10
9	Pasir Kuarsa	1	1	2	-	-	1	5
10	Sirtu	25	45	34	-	-	-	104
11	Clay	0	1	1	-	-	-	2
12	Tanah Urug	24	28	46	-	5	2	105
13	Talk	-	-	1	-	-	-	1
14	Marmer	-	-	1	-	-	-	1
JUMLAH		88	126	170	0	5	8	397



Gambar 4. Rekapitulasi Perizinan Pertambangan Berdasarkan Komoditas

Potensi sebaran mineral bukan logam dan batuan di Propinsi Jawa Tengah dapat dilihat dalam pada Gambar 5. Terdapat 12 (duabelas) komoditas yang memiliki data produksi dan cadangan yaitu: tanah urug, sirtu, andesit, batugamping, basalt, trass, feldspar, diorit, tanah liat (*Clay*), talk, marmer dan pasir kuarsa. Data produksi dan penjualan pertambangan mineral diperoleh dari laporan perusahaan terkait dan dokumen yang ada sehingga diperoleh data target produksi dan produksi realita.



Gambar 5. Peta Sebaran Sumber Daya Mineral Provinsi Jawa Tengah

Komoditas pertambangan mineral yang memiliki produksi terbesar di Provinsi Jawa Tengah adalah Tanah Urug dengan produksi sebesar 22.820.111 ton per tahun seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Cadangan yang terbesar adalah komoditas Sirtu yang memiliki cadangan sebesar 5.735.936.498 ton. Komoditas yang produksi terkecil adalah Talk sebesar 3.000 ton, sedangkan untuk cadangan terkecil yaitu Pasir Kuarsa sebesar 2.718.571 ton.

Tabel 3. Cadangan dan Produksi Komoditas Tahun 2017

Komoditas	Cadangan	Produksi
Tanah Urug	3.205.780.497	22.820.111
Sirtu	5.735.936.498	17.347.194
Andesit	2.506.567.749	6.395.423
Batugamping	955.551.769	2.522.150
Basalt	15.928.616	1.829.158
Tras	37.914.822	2.838.635
Feldspar	74.342.193	386.800
Pasir Kuarsa	2.718.571	79.500
Marmer	9.367.500	18.000
Talk	16.000.000	3.000
Diorit	389.225.868	742.000
Clay	363.910.369	253.545

Tarif pajak diatur oleh masing – masing Kabupaten dengan mengeluarkan Peraturan Daerah dengan tarif maksimal 25%.. Besaran tarif pajak yang dikeluarkan masing – masing Kabupaten di Provinsi Jawa Tengah dapat dilihat pada Tabel 4.

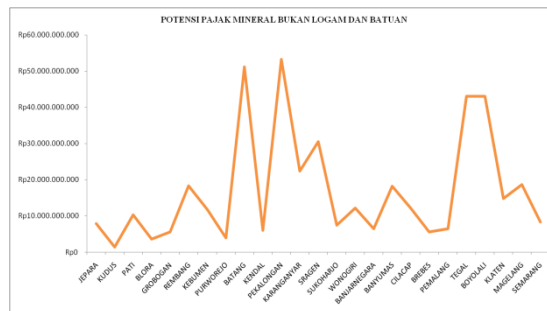
Potensi pajak mineral bukan logam dan batuan setiap kabupaten ditunjukkan Gambar6 dengan potensi terbesar terdapat di Kabupaten PekalonganRp. 53.301.734.049,-, sedangkan potensi terkecil diperoleh Kabupaten KudusRp. 1. 453.500.000,-.. Potensi pajak mineral bukan logam dan batuan dengan komoditas dapat dilihat pada Gambar 7 dengan komoditas sirtu memiliki potensi terbesar Rp. 154.249.698.813,-, komoditas pasir kuarsa memiliki potensi terkecil yaitu Rp. 239.990.625,-.

Potensi komoditas andesit berada di Kabupaten Karanganyar sebesar Rp. 11.781.000.000. Komoditas basalt memberikan potensi di Kabupaten Banyumas sebesar Rp. 14.710.161.169,-. Potensi pajak mineral bukan logam dan batuan dengan komoditas batugamping berada di Kabupaten Rembang sebesar Rp. 10.742.273.000,-. Komoditas batu trass memiliki potensi pendapatan dari pajak mineral bukan logam dan batuan berada di Kabupaten Rembang sebesar Rp. 5.129.900.000,-.

Tabel 4. Kabupaten dan Tarif Pajak

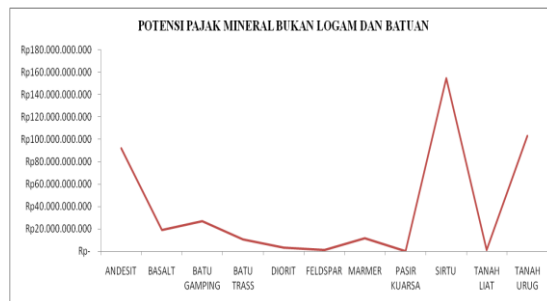
NO	KABUPATEN	TARIF PAJAK
1	Sragen	20 %
2	Wonogiri	25%
3	Karanganyar	25%
4	Sukoharjo	25%
5	Semarang	20%
6	Boyolali	25%
7	Klaten	25%
8	Magelang	25%
9	Rembang	25%
10	Blora	25%
11	Grobogan	20%
12	Pati	25%
13	Jepara	20%
14	Cilacap	20%
15	Banyumas	20%
16	Banjarnegara	20%
17	Pemalang	25%
18	Brebes	25%
19	Tegal	25%
20	Kendal	20%
21	Pekalongan	25%
22	Batang	25%
23	Purworejo	25%
24	Kebumen	25%
25	Purbalingga	25%

Komoditas diorit, feldspar dan marmer hanya berpotensi di satu kabupaten yaitu Kabupaten Tegal, Kabupaten Jepara, dan Kabupaten Magelang. Pasir kuarsa merupakan komoditas yang hanya berpotensi di dua kabupaten yaitu Kabupaten Blora dan Rembang dengan potensi terbesar Rp. 208.687.500,- berada di Kabupaten Rembang.



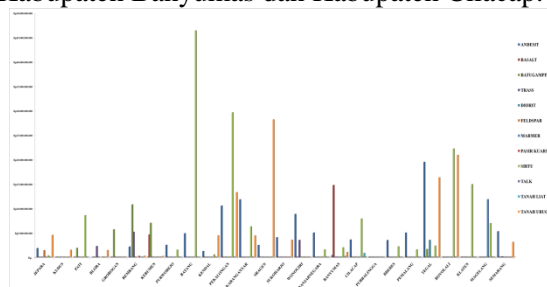
Gambar 6. Potensi Pajak Mineral Bukan Logam dan Batuan Berdasarkan Kabupaten di Propinsi Jawa Tengah Tahun 2017

Sembilan kabupaten tidak memiliki potensi pajak mineral bukan logam dan batuan dari komoditas sirtu, 17 kabupaten memiliki potensi pajak mineral bukan logam dan batuan dari komoditas sirtu. Komoditas sirtu yang mampu menyumbangkan pajak mineral bukan logam dan batuan paling besar berada di Kabupaten Batang Rp. 46.330.023.930,- , yang memiliki potensi paling kecil di Kabupaten Jepara sebesar Rp. 295.704.000,-.



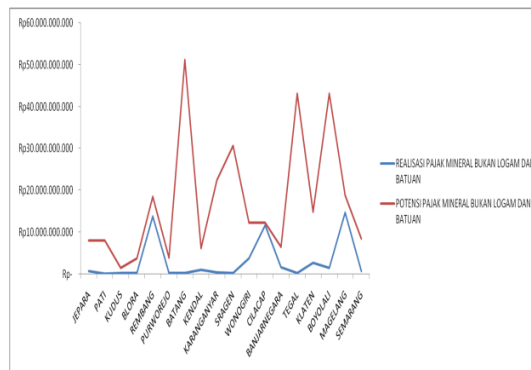
Gambar 7. Potensi Pajak Mineral Bukan Logam dan Batuan Tahun 2017 Berdasarkan Komoditas Propinsi Jawa Tengah

Komoditas tanah liat hanya dua kabupaten yang memiliki potensi pajak mineral bukan logam dan batuan yaitu Kabupaten Banyumas dan Kabupaten Cilacap.



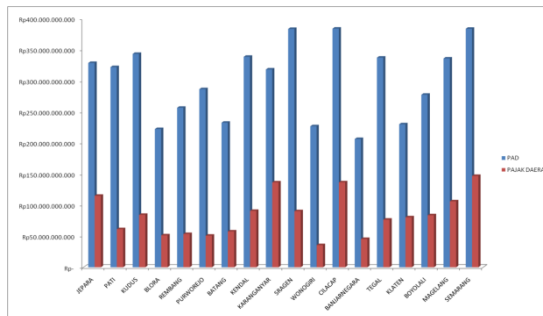
Gambar 8. Potensi Pajak Mineral Bukan Logam dan Batuan Berdasarkan Komoditas dan Kabupaten di Propinsi Jawa Tengah

Komoditas tanah urug mempunyai potensi mineral bukan logam dan batuan ada di 11 kabupaten, dengan Kabupaten Sragen memiliki potensi paling besar yaitu Rp. 28.126.941.483,-, potensi paling kecil ada di Kabupaten Cilacap sebesar Rp. 56.27.000,- yang dapat dilihat dalam Gambar 8. Data perbandingan Pendapatan Asli Daerah dan pajak daerah dapat ditunjukkan pada Gambar 10, dengan rata-rata kontribusi pajak daerah terhadap Pendapatan Asli Daerah sebesar 27 % kontribusi terbesar di Kabupaten Karanganyar sebesar 43 %.



Gambar 9. Perbandingan Realisasi dan Potensi Penerimaan Pajak Mineral Bukan Logam dan Batuan Tahun 2017

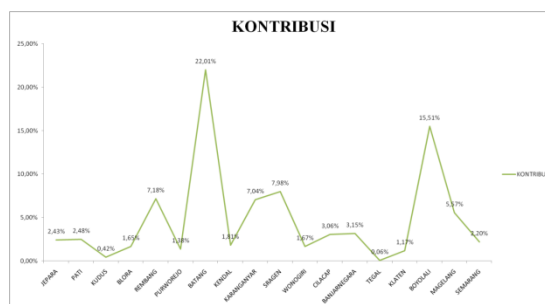
Perbandingan realisasi pajak mineral bukan logam dan batuan dengan potensi dapat dilihat pada Gambar 9, dengan realisasi potensi pajak mineral bukan logam dan batuan berada di Kabupaten Magelang sebesar Rp 14.754.205.981,- realisasi terkecil di Kabupaten Pati sebesar Rp. 82.875.000,-.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Pendapatan Asli Daerah dengan Pajak Daerah Propinsi Jawa Tengah

Kontribusi pajak mineral bukan logam dan batuan terhadap Pendapatan Asli Daerah dapat dihitung dengan membagi realisasi/potensi pajak mineral bukan logam dan batuan dan Pendapatan Asli Daerah, persentase kontribusi pada Gambar 11, persentase kontribusi terbesar ada di Kabupaten Batang sebesar 22,01 %. Kontribusi terkecil sebesar 0,06 % ada di Kabupaten Tegal. Semakin kecil kontribusi pajak mineral bukan logam dan batuan yang diperoleh kabupaten itu berarti pajak mineral bukan logam dan batuan tidak menyumbang pemasukan bagi Pendapatan Asli Daerah.

Dalam inventarisasi data potensi sumberdaya dan cadangan Mineral di Provinsi Jawa Tengah, data sumberdaya yang digunakan adalah data hasil penelitian Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah yang terakhir dievaluasi pada tahun 2017 dan data cadangan yang digunakan merupakan data hasil perhitungan rekapitulasi hasil laporan eksplorasi yang telah dilakukan oleh pemegang IUP Eksplorasi pada tahun 2017 sebagai syarat pengajuan izin usaha pertambangan (IUP) dan ditambah dengan sisa cadangan tahun sebelumnya yaitu tahun 2016



Gambar 11. Kontribusi Pajak Mineral Bukan Logam dan Batuan terhadap Pendapatan Asli Daerah

Hasil evaluasi Potensi Sumberdaya mineral di Provinsi Jawa Tengah didapat 26 jenis komoditi yang berpotensi di Provinsi Jawa Tengah yaitu tanah urug, sirtu, andesit (breksi andesit), batugamping (batugamping untuk semen, dan batu kapur), marmer, basalt, tras, feldspar, talk, diorit, clay (tanah liat, dan lempung), pasir kuarsa, granit, oker, kalsit, dolomit, fosfat, gipsum, asbes, diatome, bentonit, kaolin, diabas, batu kali, batu tulis, dan zeolite, dari 26 jenis komoditi mineral yang berpotensi tersebut hanya terdapat 14 jenis Komoditi yang diusahakan di wilayah Provinsi Jawa Tengah yaitu tanah urug, sirtu (pasir pasang, pasir gunung, dan pasir sungai), andesit (breksi andesit), batugamping (batugamping untuk semen, dan batu kapur), basalt, trass, feldspar, talk, diorit, felspar, clay (tanah liat, dan lempung), bentonit, pasir kuarsa, dan marmer. Dilihat dari grafik jumlah Perizinan WIUP dan IUP Provinsi Jawa Tengah terjadi penurunan pada tahun 2017 bila dibandingkan dengan tahun 2016 ini dikarenakan beberapa izin usaha pertambangan yang sudah selesai masa berlakunya pada tahun 2017. Potensi sumberdaya mineral di Jawa Tengah tergolong dalam jumlah yang sangat banyak ini ditunjukkan dari data pada tahun 2017, komoditi Andesit dengan jumlah sumberdaya terbanyak yaitu sebesar 7.003.107.787.911 ton, kemudian Batugamping dengan jumlah sumberdaya 169.314.000.000 ton dan Tanah Urug dengan jumlah sumberdaya 35.592.082.574 ton. Hadirnya pertambangan tanpa izin (PETI) sangat disayangkan karena pertambangan tanpa izin telah mengambil sumberdaya komoditas mineral tambang dengan jumlah yang besar namun tidak melaporkan data sumberdaya yang diambil khususnya di penambangan Provinsi Jawa Tengah.

Kemudian teknologi penambangan dan pengolahan yang dilakukan oleh penambangan tanpa izin (PETI) secara umum sangat sederhana, sehingga perolehannya (*recovery*) sangat kecil (sekitar 40%), Baik sisa cadangan yang masih tertinggal di dalam tanah maupun limbah hasil pengolahan (*tailing*), yang masing-masing sebesar 60%, sangat sulit untuk ditambang atau diolah kembali karena kondisinya sudah rusak (*idle resources*). Disamping itu, karena PETI hanya menambang cadangan berkadar tinggi, maka cadangan berkadar rendah menjadi tidak ekonomis untuk ditambang. Padahal jika penambangan dilakukan secara benar (*good mining practice*), cadangan berkadar rendah sebenarnya ekonomis untuk ditambang apabila dicampur (*mixing*) dengan cadangan berkadar tinggi sepanjang sesuai *cut off grade* yang telah ditentukan. Data ketersediaan sumberdaya sangat diperlukan sebagai bahan input bagi perencanaan dalam pengelolaan sumberdaya demi pembangunan yang berkelanjutan. Maka sangat diperlukan adanya kerjasama antara para pengusaha tambang dan pihak terkait dalam hal ini Dinas Energi dan Sumberdaya Mineral serta pihak terkait dalam pelaksanaan pengelolaan sumberdaya ini dimana harus adanya sosialisai menyeluruh tentang perizinan dan tindakan tegas bagi yang melanggar.

Hasil evaluasi data produksi komoditi mineral di Provinsi Jawa Tengah dari 14 komoditi mineral yang diusahakan hanya terdapat 12 komoditas yang melakukan produksi pada tahun 2017 yaitu Tanah Urug, Sirtu, Andesit, Batugamping, Basalt, Trass, Feldspar, Pasir Kuarsa, Marmer, Talk, Diorit, dan Tanah Liat (Clay). Komoditi Mineral yang melakukan operasi produksi pada tahun 2017 ini mengalami peningkatan dibandingkan tahun 2016, dimana Produksi terbesar

adalah Komoditas Tanah Urug dengan jumlah produksi 22.821.192 ton diikuti komoditi Sirtu dengan jumlah produksi 17.347.194 ton dan komoditi Andesit dengan jumlah produksi 7.245.423 ton. Bila dibandingkan dengan jumlah produksi Tahun 2016 terdapat komoditas yang mengalami penurunan produksi dan ada pula yang mengalami peningkatan. Peningkatan jumlah operasi produksi komoditi mineral ini dipengaruhi oleh terjadinya penambahan izin usaha pertambangan komoditi, kemudian sebaliknya terjadinya penurunan jumlah produksi komoditi dikarenakan adanya izin usaha pertambangan yang masa berlakunya telah habis pada tahun 2017. Produksi komoditi mineral yang mengalami penurunan pada tahun 2017 ada tanah urug, batugamping, dan pasir kuarsa, sedangkan komoditi mineral yang mengalami peningkatan adalah sirtu, andesit, basalt, trass. Kemudian terdapat 4 komoditi mineral yang sudah melakukan operasi produksi komoditi mineral pada tahun 2017 yaitu marmer dengan jumlah produksi 18.000 ton, talk dengan jumlah produksi 3.000 ton, diorit dengan jumlah produksi 742.000 ton, dan tanah liat (clay) dengan produksi 253.545 ton. Komoditi seperti marmer, talk, diorit, dan tanah liat (clay) yang pada tahun 2017 ini melakukan operasi produksi ini dapat dipicu karena adanya pembangunan infrastruktur di Provinsi Jawa Tengah. Namun bila dilihat dari grafik komoditi tambang jumlah produksi pada tahun 2017 di Provinsi Jawa Tengah terbilang baik karena terjadi peningkatan di tiap tahunnya, karena terjadi peningkatan dari tahun 2015 ke tahun 2016 dan dari tahun 2016 ke tahun 2017 terjadi peningkatan jumlah produksi komoditas tambang. Kabupaten dengan jumlah izin operasi produksi tertinggi pada tahun 2015 adalah kabupaten Kendal, tahun 2016 jumlah izin produksi terbesar adalah kabupaten Sragen dan pada tahun 2017 kabupaten dengan jumlah izin operasi produksi tertinggi adalah kabupaten Rembang. Salah satu peluang yang sangat baik untuk pengoptimalan manfaat dan peningkatan produksi komoditas tambang adalah dengan adanya program pemerintah hingga tahun 2019 khususnya pembangunan di bidang infrastruktur. Program yang akan dilaksanakan oleh pemerintah berupa pembangunan jalan tol, bandara, pelabuhan, dll. Pembangunan ini dapat menjadi peluang yang baik untuk pemanfaatan komoditas tambang yang berdampak pada peningkatan produksi komoditas tambang khususnya komoditas tambang yang sebagai bahan baku dalam pembangunan infrastruktur seperti pembangunan jalan tol. Sebagian besar pembangunan infrastruktur yang akan dilaksanakan berada di pulau Jawa termasuk Provinsi Jawa Tengah, apalagi diingat potensi sumberdaya komoditas tambang di Provinsi Jawa Tengah cukup besar. Diperkirakan dengan adanya pembangunan infrastruktur ini dapat meningkatkan pemanfaatan komoditas tambang di daerah Jawa Tengah dalam pembangunan infrastruktur dengan optimal, hal inilah yang memicu peningkatan produksi komoditi tambang khususnya komoditi tambang yang menjadi bahan baku dalam pembuatan jalan seperti komoditi basalt yang pada tahun 2017 mengalami peningkatan produksi sebesar 1.829.158 ton, pasir kuarsa produksi sebesar 79.500, sirtu produksi sebesar 17.347.194 ton, talk produksi sebesar 3.000 ton, diorite sebesar 742.000 ton, dan tanah liat (clay) produksi sebesar 253.545 ton.

Pembangunan Jalan Tol khususnya yang masuk wilayah di Provinsi Jawa Tengah memberi pengaruh besar terhadap peningkatan produksi komoditas tambang, tetapi pada tahun 2017 terjadi penurunan produksi komoditas tambang dibandingkan tahun sebelumnya karena pada tahun 2017 pembangunan infrastruktur jalan tol telah dalam tahapan penyelesaian.

Penerimaan pajak mineral bukan logam dan batuan yang tidak disesuaikan dengan potensi menyebabkan kontribusi pajak mineral bukan logam dan batuan terhadap pendapatan asli daerah sangat kecil. Pelaporan produksi dan pembayaran pajak mineral yang tidak maksimal penyebab realisasi dan potensi pajak mineral bukan logam dan batuan. Dinas Pendapatan Pengelolaan Keuangan Aset Daerah hanya menerima besaran pajak yang dibayarkan tidak mengecek ulang ke BP3ESDM seberapa besar pajak mineral bukan logam dan batuan yang dibayarkan. Pelaporan produksi pemilik IUP ke BP3ESDM, kemudian akan direkap untuk mengetahui jumlah produksi pemilik IUP kemudian diserahkan ke DPPKAD untuk dihitung besaran pajak mineral bukan logam dan batuan yang harus dibayarkan.

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada LPPM UPN Veteran Yogyakarta yang telah

mendanai penelitian dan mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan yaitu Aprin, Doni, Hendri, Andro, Asta, dan Ori yang telah membantu sehingga penelitian ini bermanfaat bagi dunia ilmu pengetahuan.

KESIMPULAN

Penelitian menyimpulkan berapa hal yaitu:

1. Dinas Energi Sumberdaya Mineral Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2017 menerbitkan 397 izin dengan 88 WIUP, 126 IUP Eksplorasi, 170 IUP Operasi Produksi, 5 IUP OPK Penjualan, dan 8 IUP OPK Penjualan Pengangkutan.
2. Data Produksi Komoditas terbanyak adalah Tanah Urug kemudian Sirtu, Andesit, Batugamping, Basalt, Trass, Feldspar, Pasir Kuarsa, Marmer, Talk, Diorit, dan Tanah Liat (Clay). Jumlah Produksi Komoditas di Provinsi Jawa Tengah mengalami peningkatan dari tahun 2016 ke Tahun 2017.
3. Berdasarkan Perhitungan neraca cadangan mineral, potensi Komoditi mineral di Provinsi Jawa Tengah tergolong cukup besar dan masih dapat dilakukan eksplorasi.
4. Potensi pendapatan terbesar di Kabupaten Pekalongan sebesar Rp. 53.301.734.049,- dan terkecil Kabupaten Kudus sebesar Rp. 1.453.500.000,-. Komoditas yang memberikan potensi pajak mineral bukan logam dan batuan terbesar adalah komoditas sirtu sebesar Rp. 154.249.698.813, komoditas terkecil adalah tanah liat Rp. 1.050.338.700. Potensi pajak mineral bukan logam dan batuan pada tahun 2017 sebesar Rp 423.994.742.691,- dengan 11 komoditas.
5. Kontribusi pajak mineral bukan logam dan batuan terhadap Pendapatan Asli Daerah di Provinsi Jawa Tengah menurut potensi dan realisasi penerimaan sangat kurang berkontribusi.

REFERENSI

- Abdul Rauf, 1998, Perhitungan Cadangan Endapan Mineral, Jurusan Teknik Pertambang Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Abdul Rauf, 1999, Eksplorasi Tambang, Jurusan Teknik Pertambang Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Alieftiyani Paramitha Gobel Dkk, 2016, Neraca dan Sumberdaya Mineral di Provinsi Jawa Tengah Dalam Rangka Penerimaan Pajak dan Investasi, Program, Studi Magister Teknik Pertambangan Universitas UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Albert Bernhard Duwith, 2010, Tesis Kajian Neraca Sumberdaya Mineral Di Kabupaten Gunungkidul Daerah Istimewa Yogyakarta, Program Studi Magister Teknik Pertambang Universitas UPN "Veteran" Yogyakarta.
- BPS, 2016, Jawa Tengah Dalam Angka Tahun 2016, Provinsi Jawa Tengah.
- Badan Pusat Statistik Jawa Tengah.2013. Target dan Realisasi Penerimaan Pajak Bahan Galian Golongan C Menurut Kabupaten/Kota Jawa Tengah Tahun 2013. 2013. [Online]. Tersedia : <https://jateng.bps.go.id/linkTabelStatis/print/id/702>. Diakses : 26 November 2017.
- Dinas ESDM, 2016, Penyusunan Neraca Sumberdaya dan Cadangan Mineral Provinsi Jawa Tengah, Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah.
- Fadhil, Said. 2014. Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Berbasis Pengetahuan dan Kearifan Lokal. PKP2A III LAN.
- Heni Pratiwi, 2017, Jurnal Potensi Mineral di Indonesia.
- Kurniawan Weka, 2015, Pengertian Sumber daya Mineral.
- Lasut,P.I, Grace B Nangoy & Rudy Pusung.2014.Efektivitas Penerimaan Pajak Pengambilan dan Pengolahan Mineral Bukan Logam dan Batuan Sebagai Sumber

- Pendapatan Asli Daerah (PAD) di Kabupaten Tomohon. Jurnal EMBA Vol 2, No 4.
- Mediadipera, 1990, Jurnal keterdapatan Bahan Galian dipengaruhi oleh kondisi Geologi.
- Muhammad Lazuardi Prasadewo Dkk, 2016, Jurnal Potensi serta neraca sumberdaya dan cadangan Batu Andesit di Kabupaten Kulon Progo.
- Mardiasmo. 2011. Perpajakan Edisi Revisi. CV Andi Offset. Yogyakarta.
- Pebriani, N.K, E Sujana, I.G.A Purnamawati.,2017. Kontribusi dan Efektivitas Pajak Galian Golongan C Pada Pendapatan Asli Daerah Kabupaten Karangasem. Jurnal Akuntansi. Vol 7 No 1.
- Pusat Sumberdaya Geologi, 2015, Laporan pemutakhiran dan neraca sumberdaya mineral.
- Philip J Cooper Dkk, 2014, Jurnal Pembangunan berkelanjutan sebagai wujud pengoptimalan Sumberdaya Alam.
- Sunanto.2015. Analisis Pengaruh Pajak Daerah Terhadap Pendapatan Asli Daerah (PAD) Di Kabupaten Musi Banyuasin. Jurnal ACSY Politeknik Sekayu Vol II, No. 1.
- Teguh Prayogo, 2009, Jurnal Kebijakan pembangunan di bidang sumberdaya khususnya sumberdaya mineral.
- Tri Handayani Aff, 2016, Jurnal mengenal mekanisme pasar.
- Tridoyo Kusumastanto Dkk, 2014, Jurnal Good Governance dalam pengelolaan Sumberdaya Energi dan Sumberdaya Mineral.
- Yuanita, Universitas Cendana, 2013, Jurnal Pengusahaan Tambang dalam dalam kebersamaan mengumpulkan bahan baku tambang.
- _____, Badan Standar Nasional Indonesia Amandemen I SNI 4726:2011, Pedoman pelaporan, sumberdaya, dan cadangan mineral.
- _____, Badan Standar Nasional Indonesia Amandemen I SNI 6728.4:2015, Penyusunan neraca spasial sumber daya alam - Bagian 4: Sumber daya dan cadangan mineral dan batubara.
- Waterman Sulistyana Bargawa, 2015, Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup Pada Penambangan Batuan (Studi Kasus KLHS Pertambangan Batupasir), Jurnal Teknologi Pertambangan, [Vol 1, No 1](#).
- Waterman Sulistyana Bargawa, 2014, Kajian Lingkungan Hidup Strategis Sektor Pertambangan, Prosiding Seminar Nasional Kebumian IX.
- Waterman Sulistyana Bargawa and Arif Wibowo, 2012, Kontribusi Pendapatan Regional Hijau Dari Industri Pertambangan Mineral Terhadap Pendapatan Regional, JIK TekMin, 23 (1).
- Waterman Sulistyana Bargawa, 2014, Kajian Lingkungan Hidup Strategis Sektor Pertambangan Studi Kasus Pertambangan Batuan Basalt Di Kabupaten Banyumas, Prosiding Seminar Nasional Kebumian – IX.
- Bargawa, Waterman Sulistyana, 2015, Detail Engineering Design Reklamasi Lahan Pascatambang di Daerah Kabupaten Banyumas, Prosiding Seminar Nasional Kebumian - X.

ANALISIS KUALITAS AIR TERPRODUKSI DAN AIR SUNGAI DI SUMUR TUA WONOCOLO, BOJONEGORO, JAWA TIMUR

Ekha Yogafanny¹⁾, M.Th. Kristiati E.A.²⁾, Ayu Utami³⁾, Wibiana Wulan Nandari⁴⁾

¹⁾ Teknik Lingkungan, FTM, UPN Veteran Yogyakarta, email: ekha.yogafanny@upnyk.ac.id

²⁾ Teknik Perminyakan, FTM, UPN Veteran Yogyakarta, email: kristiati_ea@upnyk.ac.id

³⁾ Teknik Lingkungan, FTM, UPN Veteran Yogyakarta, email: ayuutami@upnyk.ac.id

⁴⁾ Teknik Perminyakan, FTM, UPN Veteran Yogyakarta, email: wibianawulan@upnyk.ac.id

ABSTRACT

Produced water traditionally mined by local people in Sumur Tua Wonocolo was not treated before its disposal to the environment. This study was aimed to determine the quality of produced water and river water and to determine the effect of the seasons on the water quality parameters tested.

The results of this study were achieved by survey method, interview, and laboratory. The concentration of turbidity, TDS, and BOD in produced water and river were above the water quality standar PP No 82/2002 3rd class. The effect of the season on turbidity levels was the more rain water falls to the surface, the higher level of turbidity in the produced water and the river. The influence of the season on the levels of TDS, BOD, COD, and pH was the more rain water falls, the lower level of those parameters found in the produced water and river. The more rainwater dropped to the soil surface, the higher the level of oil content transported to the river water. However, the oil content in the produced water was not depended on the season but the separation process of water oil in the sedimentation tank on each production well.

Keywords: *produced water, river water quality*

PENDAHULUAN

Pada tahun 1879, Perusahaan Belanda Dordsche Petroleum Maatschappij (DPM) menemukan Minyak di Lapangan Ledok di Cepu, Jawa Tengah [1]. Sejak saat itu, banyak perusahaan asing beroperasi di Indonesia. Blok Cepu (919,19 km²) tersebut adalah wilayah kontrak minyak dan gas bumi yang meliputi wilayah Kabupaten Bojonegoro - Jawa Timur (624,64 km²), Kabupaten Blora - Jawa Tengah (255,60 km²), dan Kabupaten Tuban - Jawa Timur (38,95 km²). Setelah lama tidak diproduksi, pada Tahun 2008, sebanyak ± 700 sumur minyak yang ada di Blok Cepu tersebut dioperasikan dan ditambang oleh masyarakat dengan cara tradisional. Lapangan minyak ini kemudian dikenal dengan sebutan lapangan Minyak tua Wonocolo, Kabupaten Bojonegoro. Sumur tua yang berada pada Kabupaten Bojonegoro yang berada di wilayah Kecamatan Kedewan terdapat 74 unit sumur yang meliputi desa Wonocolo 44 sumur dengan kapasitas produksi 25.771 liter/hari, desa Hargomulyo 18 sumur dengan kapasitas produksi 12.771 liter/hari dan desa Beji 12 sumur dengan kapasitas produksi 8.249 liter/hari. Sumur Tua Wonocolo yang berada dalam Wilayah Kerja PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu ini, dinilai sudah tidak ekonomis lagi atau sudah tidak banyak mengandung HC (Hidrokarbon) dalam hal ini kandungan *light oil* (minyak ringan). Oleh karenanya, Warga masyarakat di Wonocolo melakukan penambangan untuk mengangkat minyak ke permukaan dan menyulingnya

tanpa melakukan pemboran sumur baru. Minyak yang dihasilkan oleh sumur-sumur tersebut didominasi oleh *heavy oil* (minyak berat) yang kita kenal sebagai solar.

Pada Gambar 1 hingga 3 dapat dilihat bahwa kondisi lingkungan di penambangan tradisional pada sumur tua yang terdapat di Kecamatan Kedewan sangat tercemar dan perlu penanganan serius.



Gambar 1. Air terproduksi yang dibuang ke lingkungan (kiri); penampungan air terproduksi dan minyak (kanan)



Gambar 2. Alur pembuangan air terproduksi ke badan air permukaan (kiri); air permukaan yang berada dekat dengan kegiatan penambangan minyak tradisional (kanan)



Gambar 3. Pencemaran minyak pada air sumur warga (kiri); pencemaran minyak pada air permukaan yang berada dekat dengan kegiatan penambangan minyak tradisional (kanan)

Badan Lingkungan Hidup (BLH) Pemerintah Kabupaten (Pemkab) Bojonegoro, Jawa Timur menyatakan bahwa kerusakan lingkungan hidup akibat aktivitas pertambangan di kawasan sumur minyak tua pada sejumlah desa Kecamatan Kedewan, Bojonegoro semakin parah dalam sepuluh tahun terakhir. Hal tersebut disebabkan oleh dua aspek yaitu aspek teknologi dan aspek

pengelolaan lingkungan. Aspek teknologi meliputi teknik penambangan dan pengolahan minyak bumi dengan cara tradisional. Aspek pengelolaan lingkungan meliputi penanganan dan pengolahan limbah penambangan minyak. Pada lokasi penambangan rakyat tradisional Sumur Tua Wonocolo, teknologi penambangan yang digunakan adalah sangat tradisional seperti menara pemboran (rig) yang terbuat dari kayu yang menyerupai susunan api unggun besar, tempat pengolahan minyak atau refinery yang hanya menerapkan sistem subag (sawah di Bali) yang dibuat bertingkat dari atas ke bawah sehingga minyak mengalir secara otomatis dari atas ke bawah, tidak adanya upaya perlindungan lingkungan (tanah dan air) terhadap ceceran minyak yang akan timbul selama proses produksi, dan lain sebagainya [2]. Teknologi sederhana di atas dapat dianggap tidak pro terhadap perlindungan lingkungan terhadap pencemaran. Selain itu, dari aspek pengelolaan lingkungan, tampak tidak adanya upaya pengolahan terhadap air terproduksi (air yang ikut terbawa naik ke permukaan bersama minyak) sehingga layak dibuang ke lingkungan.

Kondisi saat ini, air terproduksi tersebut dipisahkan dengan minyak yang terkandung didalamnya, hanya untuk mengoptimalkan perolehan produksi minyaknya (keuntungan ekonomi minyak yang dihasilkan), bukan karena kesadaran akan pentingnya melakukan pengelolaan lingkungan. Adanya ketidakseimbangan antara aspek ekonomi-sosial serta lingkungan yang ada di kawasan sumur tua Wonocolo membutuhkan perhatian dan penanganan serius dari pihak terkait baik praktisi maupun pemerintah. Oleh sebab itu, penelitian ini ditujukan untuk mengetahui kualitas air terproduksi serta air sungai yang ada di kawasan Sumur Tua Wonocolo serta mengetahui pengaruh musim (penghujan dan kemarau) terhadap parameter kualitas air yang diujikan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diterapkan adalah metode survey lapangan, uji laboratorium, wawancara, dan deskriptif kuantitatif. Metode survey lapangan dilakukan untuk menentukan lokasi pengambilan sampel air terproduksi dan air sungai yang melintang ditengah sumur-sumur produksi minyak di Wonocolo. Air terproduksi diambil dari beberapa sumur produksi minyak yang masih beroperasi. Beberapa sampel air terproduksi diambil pada musim penghujan dan sebagiannya pada musim kemarau. Sampel air sungai diambil pada bagian outlet. Pengambilan sampel air menggunakan ketentuan atau tata cara berdasarkan SNI 6989-58-2008 tentang metode pengambilan air limbah dan air permukaan.

Metode berikutnya yang digunakan adalah metode uji laboratorium, dimana sampel air terproduksi maupun air sungai yang telah diambil, dimasukan kedalam laboratorium BPPTKL Yogyakarta. Parameter yang diujikan pada sampel air terproduksi ataupun air sungai antara lain adalah TDS (total dissolved solid), TSS (Total suspended solid), kekeruhan, fenol, amoniak, sulfide, COD (chemical oxygen demand), dan minyak lemak. Beberapa parameter ini nantinya akan dibandingkan dan dianalisis secara deskriptif. Hasil dari uji laboratorium tersebut akan dianalisis dan dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air & Pengendalian Pencemaran Air. Dengan perbandingan tersebut, air terproduksi dan air sungai dapat diklasifikasikan baik atau tidak untuk dibuang langsung ke lingkungan (sungai).

Metode wawancara dilakukan guna menggali berbagai informasi dari para penambang minyak di Wonocolo. Informasi tersebut diantaranya adalah lamanya sumur beroperasi/ berproduksi dalam sehari ataupun seminggu. Pengambilan data ini dilakukan dengan panduan *questioner* langsung dan bersifat pertanyaan terbuka dimana penulis dapat mengembangkan pertanyaan ke hal lain kepada penambang dan penduduk di daerah penelitian namun masih didalam tema besar penelitian ini. Koresponden yang dipilih didasarkan kepada sumur yang air terproduksinya digunakan sebagai sampel. Dengan demikian, profil setiap sumur dapat diketahui tidak hanya dari aspek fisik namun juga social pekerjaanya. Sampel wawancara yang diambil

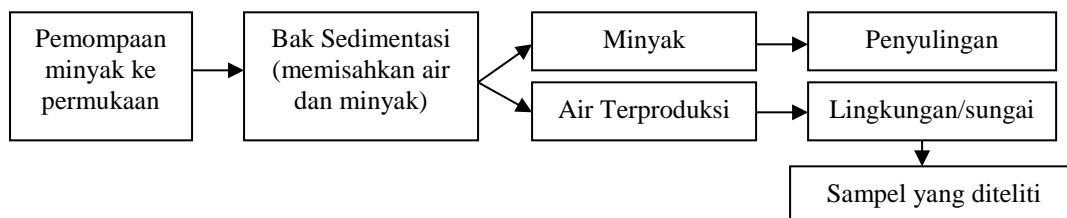
berdasarkan sumur yang berada di lingkup penelitian yaitu sumur 80, sumur 14, sumur 96, dan sumur 59.

Metode deskriptif kuantitatif digunakan untuk menganalisis hasil uji laboratorium dari parameter yang diujikan. Hasil parameter yang diujikan tersebut akan menggambarkan kualitas air terproduksi dan air sungai yang dijadikan sampel. Analisis akan didasarkan pada kajian teoritis serta hasil survey dan wawancara lapangan yang telah dilakukan oleh penulis. Hasil tersebut dapat menjadi dasar dalam penentuan metode pengolahan air terproduksi dan arahan pengelolaan lingkungan Sumur Tua Wonocolo.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Air terproduksi merupakan produk samping dari kegiatan produksi minyak dan gas bumi yang berbentuk fluida. Air terproduksi ini memiliki karakteristik yang khas yaitu tingginya kandungan bahan-bahan kimia berbahaya serta bahan-bahan lain yang terkandung dalam minyak dan gas bumi tersebut [3]. Air terproduksi ini dapat berasal dari air formasi ataupun air garam. Air terproduksi yang berasal dari air formasi adalah ketika air garam bercampur dengan hidrokarbon dan mencapai permukaan. Sedangkan air garam sendiri merupakan aliran di atas atau di bawah zona hidrokarbon serta aliran dari fluida dan bahan tambahan yang diinjeksikan selama kegiatan produksi minyak dan gas bumi [3] [4]. Jumlah air terproduksi ini menyusun sebagian besar fluida yang dihasilkan oleh produksi minyak dan gas bumi, terlebih pada lapangan-lapangan minyak tua seperti Sumur Tua Wonocolo. Banyaknya jumlah air terproduksi dengan karakteristik kualitas air nya yang khas, dapat teratasi dengan pengelolaan yang bijak dan profesional, baik dari segi lingkungan maupun ekonomi [3].

Sumur Tua Wonocolo merupakan salah satu lapangan minyak tua yang ada di Indonesia. Lapangan minyak ini dikelola dan ditambang secara tradisional oleh masyarakat lokal dengan mengandalkan kearifan lokal yang telah mereka terima secara turun-temurun dari nenek moyangnya. Dengan lokasinya yang juga terpencil, Wonocolo semakin tidak tersentuh terutama terkait masalah pencemaran lingkungan. Air terproduksi yang dihasilkan oleh lapangan tua ini mencapai 90% dari total fluida yang dihasilkan selama proses produksi minyak. Dengan pengelolaan secara tradisional dan berkelompok, air terproduksi yang keluar di permukaan tersebut tidak diolah dengan baik dan benar. Air tersebut setelah dipisahkan antara minyak dan airnya, langsung dibuang ke lingkungan yang berkumpul kedalam alur anak sungai Sungai Bengawan Solo. Secara umum proses kegiatan penambangan minyak di Sumur Tua Wonocolo dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur proses kegiatan penambangan minyak di Sumur Tua Wonocolo

Tabel 1. Kualitas air terproduksi setelah sedimentasi pada musim penghujan

No	Parameter	Satuan	Musim Penghujan				kadar maksimum (PPRI Nomor 82 Tahun 2001, kelas III)
			Sumur 80	Sumur 14	Sumur 59	Sumur 96	
Parameter Fisik							
1	TDS	mg/L	2200	3160	2300	2640	1000
2	Kekeruhan	NTU	90	257	983	788	-
Parameter Kimia							
3	BOD	mg/L	10,34	9,34	9,34	10,67	6
4	COD	mg/L	20,7	18,99	18,41	21,37	50
5	Minyak Lemak	mg/L	9	6	7	7	0,1
6	pH	-	6,99	6,9	6,8	7,2	6,5 - 9

Sumber: Survey lapangan (Juli 2017)

Kualitas air adalah sifat air dan kandungan makhluk hidup, energy, zat, ataupun komponen yang ada didalam air (Effendi, 2003). Kualitas air diklasifikasikan menjadi tiga parameter yaitu parameter fisika (suhu, kekeruhan, padatan tersuspensi, padatan terlarut, dan sebagainya), parameter kimia (pH, oksigen terlarut, BOD, COD, kadar logam, dan sebagainya), dan parameter biologi (keberadaan plankton, bakteri, dan sebagainya). Dalam penelitian ini, hanya beberapa dari parameter fisik dan kimia sajalah yang diujikan. Parameter fisik yang diujikan adalah TDS dan kekeruhan, sedangkan parameter kimianya adalah BOD, COD, minyak lemak, dan pH. Dari hasil penelitian ini, diperoleh kualitas air terproduksi pada musim penghujan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Kualitas air terproduksi setelah sedimentasi pada musim kemarau

No	Parameter	Satuan	Musim Penghujan		kadar maksimum (PPRI Nomor 82 Tahun 2001, kelas III)
			Sumur 15	Sumur 49	
Parameter Fisik					
1	TDS	mg/L	12100	1714	1000
2	TSS		77	90	400
3	Kekeruhan	NTU	37	31	-
Parameter Kimia					
1	COD	mg/L	535,5	77,9	50

Sumber: Survey lapangan (Mei 2018)

Tabel 3. Kualitas air sungai yang berada di outlet pada musim penghujan dan kemarau

No	Parameter	Satuan	Air sungai		kadar maksimum (PPRI Nomor 82 Tahun 2001, kelas III)
			Penghujan	Kemarau	
Parameter Fisik					
1	TDS	mg/L	2568	5434	1000
2	Kekeruhan	NTU	1000	897	-
Parameter Kimia					
3	COD	mg/L	94,2	-	50
4	Minyak Lemak	mg/L	13	-	0,1
5	pH	-	8,84	-	6,5 - 9

Sumber: Survey lapangan (Oktober 2016 dan Mei 2017)

Kualitas air adalah sifat air dan kandungan makhluk hidup, energy, zat, ataupun komponen yang ada didalam air [5]. Kualitas air diklasifikasikan menjadi tiga parameter yaitu parameter fisika (suhu, kekeruhan, padatan tersuspensi, padatan terlarut, dan sebagainya), parameter kimia (pH, oksigen terlarut, BOD, COD, kadar logam, dan sebagainya), dan parameter biologi (keberadaan plankton, bakteri, dan sebagainya). Dalam penelitian ini, hanya beberapa dari parameter fisik dan kimia sajalah yang diujikan. Parameter fisik yang diujikan adalah TDS dan kekeruhan, sedangkan parameter kimianya adalah BOD, COD, minyak lemak, dan pH. Dari hasil penelitian ini, diperoleh kualitas air terproduksi pada musim penghujan yang dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 1, kualitas air terproduksi adalah sebagai berikut:

A. Parameter Fisik

Secara fisik kualitas air terproduksi dari ke empat sampel sumur relative kurang baik jika air tersebut ditujukan untuk langsung dibuang ke lingkungan. Standar baku mutu yang digunakan adalah bukan standar baku mutu air terproduksi, namun standar baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Hal itu disebabkan karena air terproduksi ini ditujukan untuk dibuang ke lingkungan sungai yang masuk kedalam klasifikasi sungai kelas III (untuk pembudidayaan ikan tawar, peternakan, dan pertanian) sehingga beban pencemaran yang masuk kedalam sungai ini tidak boleh melampaui baku mutu yang telah ditetapkan tersebut. Parameter fisik yang diujikan diantaranya adalah TDS dan Kekeruhan.

TDS (Total Dissolve Solid)

TDS atau padatan terlarut dibedakan dengan padatan tersuspensi dan koloid dari ukuran butirnya. TDS tersusun dari bahan-bahan terlarut dengan ukuran $< 10^{-6}$ mm dan koloid dengan diameter 10^{-6} mm - 10^{-3} mm yang berupa senyawa kimia dan bahan lain yang tak dapat tersaring oleh kertas saring berdiameter 0,45 μ m [6]. Nilai TDS sangat dipengaruhi oleh proses pelarutan ion pada batuan, limpasan dari tanah, serta pengaruh aktifitas manusia (limbah dosmetik dan industri). Air terproduksi berasal dari air formasi hasil kontak air garam dengan hidrokarbon yang ditambang oleh penduduk local di Sumur Tua Wonocolo. Secara umum, air terproduksi memiliki kadar TDS yang sangat tinggi, terlebih pada lapangan minyak dan gas bumi yang sangat produktif/ potensial [3] berkisar antara 2600 – 310.000 mg/l [7] [10].

Pada penelitian ini, dari ke empat sumur yang diambil sampel air terproduksinya pada musim penghujan, diperoleh nilai TDS berkisar antara 2200 – 3160 mg/l. Nilai TDS dari air terproduksi yang telah memamui proses sedimentasi pertama ini dinilai cukup tinggi untuk

langsung dibuang ke lingkungan. Baku mutu air terproduksi yang diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan adalah 1000 mg/l. Dibandingkan dengan nilai TDS air terproduksi secara umum di Indonesia ataupun Dunia terutama pada lapangan-lapangan minyak yang masih produktif, nilai TDS yang ada di Sumur Tua Wonocolo ini termasuk kecil. Dari hasil wawancara dengan pekerja yang menambang minyak di sumur-sumur tersebut, sumur minyak ini tidak dioperasikan setiap hari atau tidak dioperasikan selama 24 jam. Ada beberapa dari sumur ini yang beroperasi 2 hari sekali dan sisanya beroperasi kurang dari 24 jam.

Data TDS pada musim kemarau yang diambil dari dua sumur produksi yaitu sumur 15 dan sumur 49 diperoleh nilai TDS sebesar 12100 mg/l dan 1714 mg/l secara berturut-turut. Berdasarkan hasil wawancara para pekerja tambang di daerah tersebut, sumur 15 beroperasi selama 24 jam, sedangkan sumur 49 beroperasi kurang dari 24 jam. Tingginya nilai TDS pada sumur 15 disebabkan karena kondisi sumur minyak yang relative lebih produktif diantara sumur produksi minyak disekitarnya.

Secara umum, tidak ada perbedaan yang mencolok dan signifikan antara kandungan TDS air terproduksi yang berasal dari sumur minyak pada musim penghujan dan musim kemarau. Adapun perbedaan tersebut lebih cenderung disebabkan oleh lama operasi atau dengan kata lain nilai TDS bergantung pada tingkat potensi cadangan minyak pada sumur tersebut. Semakin potensial kandungan minyak yang ada pada suatu sumur, maka nilai TDS pada air terproduksi semakin besar (Afifah, Daniel). Adapun pengaruh dari hujan adalah terhadap pengenceran yang menyebabkan penurunan konsentrasi TDS pada bak sedimentasi tersebut.

Dari hasil uji laboratorium pada kedua musim, diperoleh bahwa berdasarkan konsentrasi nilai TDS, air terproduksi yang dihasilkan oleh beberapa sumur minyak tersebut tidak boleh dibuang langsung ke lingkungan karena akan berdampak negatif terhadap komponen lingkungan yang dilewati diantaranya adalah tanah, air sungai, vegetasi, dan bahkan air tanah seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5. Pembuangan air terproduksi yang tinggi TDS langsung ke sungai dapat mencemari dan merusak tumbuhan serta hewan (kehidupan air) yang disebabkan oleh senyawa racun dan minyak lemak yang ada di dalam air terproduksi tersebut [8] [3].

Data kualitas air sungai pada outlet kawasan Sumur Tua Wonocolo pada musim penghujan dan kemarau dapat dilihat pada Tabel 3. Konsentrasi TDS pada musim kemarau lebih tinggi mencapai kenaikan sekitar 100% dibandingkan pada musim penghujan. Pada musim kemarau nilai TDS adalah 5434 mg/l dan pada musim penghujan adalah 2568 mg/l. Pengaruh dari musim terhadap konsentrasi TDS adalah pada proses pengenceran air limbah oleh air hujan. Ketika hujan turun dan masuk kedalam bak sedimentasi, maka air terproduksi yang akan dibuang ke sungai tercampur dengan air hujan dan menyebabkan konsentrasi TDS pada air terproduksi menurun.

Kekeruhan

Kekeruhan merupakan salah satu parameter air yang menggambarkan banyaknya jumlah padatan yang terdiri dari bahan organik maupun bahan anorganik yang tersuspensi dan terlarut didalam air seperti lumpur dan pasir halus). Selain itu, kekeruhan juga bisa disebabkan oleh adanya mikroorganisme atau biota air yang terkandung didalam air (APHA, 1976; Davis dan Cornwell, 1991). Kekeruhan diukur dengan metode *Nephelometric* dengan satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) [5].



Gambar 5. Dampak air terproduksi yang membawa minyak mentah terhadap permukaan tanah

Kekeruhan air terproduksi yang berasal dari sumur-sumur pada musim penghujan relative lebih tinggi yang berkisar antara 90- 983 NTU. Tingginya nilai kekeruhan pada musim penghujan disebabkan oleh adanya turbulensi pada bak sedimentasi pertama sebelum dibuang ke lingkungan. Selain itu, adanya limpasan tanah permukaan yang masuk kedalam bak sedimentasi yang dibawa oleh air hujan yang jatuh ke permukaan.

Pada musim kemarau, nilai kekeruhan pada kedua sumur berkisar antara 31 – 37 NTU. Nilai kekeruhan pada bulan kemarau ini relative lebih kecil dibandingkan saat musim penghujan. Nilai kekeruhan yang kecil ini disebabkan oleh tidak adanya pengaruh air hujan serta masukan tanah permukaan yang terbawa oleh air hujan. Dari kedua variasi musim tersebut, dapat disimpulkan bahwa hujan sangat berpengaruh dalam meningkatkan nilai kekeruhan pada air terproduksi yang berasal dari bak sedimentasi pertama yang dibuang ke lingkungan.

Tabel 3 menunjukkan data kualitas air sungai pada musim penghujan dan kemarau. Nilai kekeruhan pada musim penghujan lebih tinggi dari pada musim kemarau. Nilai kekeruhan pada musim penghujan adalah 1000 NTU dan pada musim kemarau adalah 897 NTU. Nilai ini sesuai dengan kenyataan dilapangan bahwa pada musim penghujan, air sungai terlihat lebih keruh dibandingkan saat musim kemarau. Air hujan yang turun ke permukaan, mengerosi lapisan tanah yang ada kemudian material tanah tersebut tertransport dan masuk kedalam bak sedimentasi serta sungai. Pengaruh hujan atau musim sangat besar terhadap tingkat kekeruhan Sungai yang berada di Sumur Tua Wonocolo.

B. Parameter Kimia

Parameter kimia yang diujikan pada penelitian ini diantaranya adalah BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), minyak lemak dan pH. Deskripsi dan kajian terkait kualitas air terproduksi pada Tabel 2 diuraikan sebagai berikut:

BOD (Biological Oxygen Demand)

BOD (*Biological Oxygen Demand*) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air (Effendi, 2003). BOD menggambarkan bahan organik yang terdekomposisi secara biologis (*biodegradable*). Bahan organik ini merupakan hasil dari proses pembusukan tumbuhan dan hewan yang telah mati, selain itu juga dapat bersumber dari limbah domestik maupun industri. Semakin tinggi nilai BOD maka semakin sedikit kadar oksigen terlarut yang akan ada didalam air limbah. Kandungan BOD merupakan salah satu indikator adanya pencemaran pada tubuh perairan. Nilai kandungan BOD air terproduksi di daerah penelitian berkisar antara 9,34 mg/l hingga 10,67 mg/L. Kadar maksimum kandungan BOD yang diperbolehkan adalah 6 mg/L

sehingga sampel air terproduksi pada keempat sumur produksi minyak tersebut melebihi baku mutu yang diperbolehkan.

COD (Chemical Oxygen Demand)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi secara biologis. Sama seperti BOD, semakin besar nilai COD maka semakin sedikit kadar oksigen terlarut yang ada di dalam air [5]. Perbedaan antara COD dan BOD hanya terletak pada unsur apa yang mempengaruhi oksigen, untuk BOD adalah unsur biologi dan COD adalah unsur kimia. Kandungan COD pada air terproduksi dari ke empat sumur minyak yang dilakukan pada musim penghujan berkisar antara 18,41 mg/l hingga 21,37 mg/l sedangkan untuk baku mutu yang diperbolehkan adalah sejumlah 50 mg/L.

Pada musim kemarau, nilai COD yang terkandung dalam air terproduksi pada dua sumur yang diujikan adalah 77,9 mg/l dan 535,5 mg/l. Nilai COD ini relative tinggi dibandingkan dengan nilai COD pada air terproduksi disaat musim penghujan. Hal itu dapat disebabkan oleh adanya pengaruh air hujan terhadap pengenceran air terproduksi yang sebelumnya tertampung pada bak sedimentasi pertama. Dengan demikian, perbedaan variasi musim sangat berpengaruh terhadap besarnya konsentrasi COD yang ada didalam air terproduksi yang secara tidak langsung juga berdampak terhadap kualitas air sungai yang menjadi tujuan dari pembuangan air terproduksi di kawasan Sumur Tua Wonocolo.

Minyak dan lemak

Kadar minyak dan lemak pada air terproduksi didaerah penelitian pada musim hujan berkisar antara 6 – 9 mg/l sedangkan kadar maksimum yang diperbolehkan yaitu 0,1 mg/l. Dari hasil uji laboratorium terhadap kadar minyak lemak pada air terproduksi, dapat disimpulkan bahwa air terproduksi tersebut tidak boleh dibuang langsung ke sungai/ lingkungan. Hal itu disebabkan karena kadar minyak lemak lebih tinggi disbanding standar baku mutu sungai kelas III. Dengan demikian, air terproduksi harus diolah terlebih dahulu agar kadar minyak lemaknya menurun. Tingginya kadar minyak lemak akan mempengaruhi konsentrasi COD, semakin tinggi minyak lemak maka semakin tinggi pula nilai COD dari suatu badan air. COD yang tinggi akan menyebabkan penurunan kualitas air.

Pada musim penghujan juga dilakukan pengujian kualitas air sungai. Dari Tabel 3 dapat dilihat pada musim penghujan, kadar minyak lemak pada air sungai adalah 13 mg/l sedangkan kadar maksimum yang diperbolehkan adalah 0,1 mg/l. Sumber minyak lemak yang ada didalam air sungai, tidak hanya berasal dari satu bak sedimentasi atau satu sumur produksi, melainkan dari banyak sumur produksi yang ada di Sumur Tua Wonocolo. Selain itu, pada kawasan Sumur Tua Wonocolo, banyak ditemukan cecceran minyak dit tanah yang dihasilkan pada saat proses pemompaan minyak. Pada saat hujan turun, cecceran minyak yang terdapat di tanah, tersapu oleh air hujan dan terbawa hingga ke sungai. Dengan demikian, kadar minyak lemak di sungai pada musim penghujan cukup tinggi.

Secara umum, parameter minyak lemak ini tidak dipengaruhi langsung oleh musim. Tinggi rendahnya kandungan minyak lemak pada air terproduksi dipengaruhi oleh optimalisasi proses pemisahan minyak air pada bak sedimentasi yang berada pada setiap sumur produksi. Sedangkan pengaruh musim terhadap kadar minyak lemak di sungai adalah semakin tinggi hujan semakin banyak minyak yang terbawa oleh air limpasan hingga ke sungai. Namun demikian konsentrasi minyak lemak di sungai pada awal hingga akhir musim penghujan dan pada musim kemarau perlu dikaji lebih lanjut.

pH

Nilai pH menggambarkan tingkat ion hidrogen yang terdapat dalam air [5]. Nilai pH ini dipengaruhi oleh kandungan bahan atau limbah baik organik maupun anorganik dan emisi gas dari hujan asam. Nilai pH didaerah penelitian berkisar antara 6,8 – 7,2 untuk air terproduksi pada

musim penghujan. Nilai tersebut masih tergolong baik karena kadar yang diperbolehkan untuk pH adalah antara 6,5 – 9. Pada sungai saat musim penghujan, nilai pH adalah 8,84 dan masih berada pada rentang nilai yang diperbolehkan. Besar kecilnya nilai pH disebabkan oleh adanya kandungan kation anion yang terkandung dalam air terproduksi ataupun yang terbawa hingga air sungai. Kandungan sulfide yang tinggi pada air terproduksi dapat menyebabkan nilai pH yang kecil atau asam. Berdasarkan hasil pemetaan batuan, batuan pada lokasi penelitian memiliki kadar kapur yang tinggi dimana kapur mengandung basa kuat atau pH tinggi. Dengan demikian, kadar pH air terproduksi yang asam dapat ternetralisir oleh batuan (kapur) yang dilewatinya, sehingga kadar pH pada air terproduksi relatif normal [9].

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa perbedaan musim akan mempengaruhi beberapa parameter kualitas air diantaranya adalah kekeruhan, TDS, BOD, COD, minyak lemak, dan pH. Pengaruh musim terhadap kadar kekeruhan adalah semakin banyak hujan, semakin banyak tanah permukaan yang tererosi dan tertransport hingga masuk kedalam bak sedimentasi dan sungai, sehingga semakin tinggi pula tingkat kekeruhan pada air terproduksi dan sungai. Pengaruh musim terhadap kadar TDS, BOD, COD, dan pH adalah semakin banyak hujan, semakin banyak air yang masuk kedalam bak sedimentasi dan sungai, semakin tinggi tingkat pengenceran air hujan terhadap air terproduksi dan air sungai, sehingga menurunkan kadar TDS, BOD, COD, dan pH pada air terproduksi dan air sungai. Semakin banyak air hujan yang turun ke permukaan tanah, semakin tinggi pula kadar minyak lemak yang tertransport hingga ke air sungai. Namun demikian, parameter minyak lemak pada air terproduksi yang diujikan dari Sumur Tua Wonocolo, tidak bergantung dengan musim karena tinggi rendahnya kadar ini sangat erat kaitannya dengan optimalisasi proses pemisahan minyak air pada bak sedimentasi di tiap sumur produksinya. Sedangkan pengaruh musim terhadap kadar minyak lemak di sungai adalah semakin tinggi hujan semakin banyak minyak yang terbawa oleh air limpasan hingga ke sungai.

REFERENSI

- A. Fakhru'l-Razi, A. Pendashteh, L.C. Abdullah, D.R.A. Biak S.S. Madaenic, Z.Z. Abidin. 2009. Review of technologies for oil and gas produced water treatment. *Journal of Hazardous Materials*. 170: 530–551.
- Effendi, H. 2003. *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. PT. Kanisius. Yogyakarta.
- Ivory, D. 2015. *Prospek pemanfaatan air terproduksi*. Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung, 01-09.
- Jati, K.P. dan R.S. Juhadi. 2013. Persepsi masyarakat penambang tradisional terhadap sumber daya minyak bumi di kawasan Cepu. *Geo Image (Spatial-Ecological-Regional)*. 2 (2): 14-22.
- Management of produced water on offshore oil installations: A comparative assesment using flow analysis. <http://www.psi.org.uk/docs/2005/UKOOA/ProducedWater-Workingpaper.pdf>. Diakses September 2018
- Naumi, R.N. dan A. Trilaksana. 2015. Pertambangan minyak tradisional di desa wonocolo, kecamatan kedewan, kabupaten bojonegoro tahun 1970- 1987. *AVATARA e-Journal Pendidikan Sejarah*. 3 (1): 135-146.
- Pradana, A.I. 2018. Teknik pengolahan air terproduksi di kawasan eksploitasi minyak bumi tradisional wonocolo, desa wonocolo, kecamatan kedewan, Kabupaten Bojonegoro, Provinsi Jawa Timur. *Skripsi*. Teknik Lingkungan UPN Veteran Yogyakarta.
- Prawianjani, M., 2018. Konservasi sumber daya air bawah tanah (mata air) sebagai ketahanan air di sebagian kecamatan sleman, kecamatan seyegan, dan kecamatam melati, kab. sleman,

- di yogyakarta. *Skripsi*. Teknik Lingkungan UPN Veteran Yogyakarta.
- Tiana, A.N. 2015. *Air terproduksi: karakteristik dan dampaknya terhadap lingkungan*. Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung, 1-11.
- Yohan, K.O., 2017. Penggunaan zeolit alam sebagai material filter untuk pengolahan air tanah sebagai sumber air bersih di lapangan pertambangan tradisional minyak bumi sumur tua wonocolo, kecamatan kedewan, kabupaten bojonegoro jawa timur. *Skripsi*. Teknik Lingkungan UPN Veteran Yogyakarta.

FACE RECOGNITION DENGAN METODE VIOLA JONES DAN EUCLIDEAN DISTANCE DALAM COMPUTER VISION FOR INTELLIGENT BUILDING SECURITY UNTUK PENINGKATAN KEAMANAN DI LINGKUNGAN UPN “VETERAN” YOGYAKARTA

¹Mangaras Yanu Florestiyanto, ²Panji Dwi Ashrianto

¹Jurusan Informatika, Fakultas Teknik Industri (mangaras.yanu@upnyk.ac.id)

²Jurusan Ilmu Komunikasi, FISIP (panjidwiashrianto@upnyk.ac.id)

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

ABSTRACT

Security implementation at UPN "Veteran" Yogyakarta, so far only relied on security personnel. An integrated system has not been built so that many problems occur related to security conditions. Based on these problems, a system is needed that can help human performance and maximize CCTV work. The way CCTV works is able to record all events can be improved by the presence of face recognition in real time. This study uses the Viola Jones and Euclidean Distance methods. The Viola Jones method is used to detect faces via CCTV. This method can detect faces facing the camera, then it will be continued by calculating the similarity values in the face data in the database.

The effectiveness of this method is measured through a qualitative model analysis to see a decrease in the quantity of violations and an increase in student discipline as well as an increase in the efficiency of data-based campus security so that the end result is an increase in campus authority in the eyes of society.

In the first year, this research tried to analyze existing conditions related to security conditions at UPN "Veteran" Yogyakarta, then implement this method. As a sample, the area installed by this system is at the Faculty of Industrial Engineering. The next stage then measures the effectiveness of this system. The second year, the scope of the application of this system will be extended to other faculties and also accompanied by an increase in database and server capacity.

Keywords: *face recognition, building security*

PENDAHULUAN

Pasal 27 ayat (3) UUD Negara Republik Indonesia Tahun 1945 menyatakan bahwa setiap “warga negara berhak dan wajib ikut serta dalam upaya pembelaan negara“. Keikutsertaan warga dalam kegiatan bela negara diwujudkan dengan berpartisipasi dalam kegiatan penyelenggaraan pertahanan dan keamanan negara, sebagaimana diatur dalam Pasal 30 ayat (1) UUD Negara Republik Indonesia Tahun 1945 yang menyatakan bahwa “tiap-tiap warga negara berhak dan wajib ikut serta dalam usaha pertahanan dan keamanan negara.” Kedua ketentuan tersebut menegaskan bahwa setiap warga negara harus memiliki kesadaran bela negara.

Kesadaran bela negara dibangun sebagai bagian dari sistem pertahanan negara. Oleh

sebab itu pertahanan negara dilaksanakan oleh pemerintah dan dipersiapkan secara dini dengan sistem pertahanan semesta yang melibatkan seluruh warga negara, wilayah dan sumber daya nasional lainnya

Sikap dan tindakan warga Negara yang dilandasi oleh kecintaan kepada Negara dan diwujudkan dalam kesediaan untuk melindungi, mempertahankan, dan memajukan bersama merupakan esensi dari bela Negara (Andrianto, 2015:27).

UU Nomor 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara, mendefinisikan bela negara sebagai sikap dan perilaku warga negara yang dijiwai oleh kecintaannya kepada Negara Kesatuan Republik Indonesia yang berdasarkan Pancasila dan Undang-Undang Dasar 1945 dalam menjamin kelangsungan hidup bangsa dan negara.

Bela negara diperlukan karena adanya ancaman. Ancaman yang dimaksud adalah setiap usaha dan kegiatan, baik dari dalam negeri maupun luar negeri, yang dinilai membahayakan kedaulatan negara, keutuhan wilayah negara, dan keselamatan segenap bangsa (Andrianto, 2015:33).

Pembinaan Kesadaran Bela Negara adalah segala usaha, tindakan dan kegiatan yang berhubungan dengan perencanaan, pengembangan, pengarahan dan penggunaan serta pengendalian untuk mengubah sikap dan perilaku warga Negara yang tanggap terhadap permasalahan bangsa dan Negara, yang dilandasi pada nilai-nilai kecintaan kepada tanah air, kesadaran bela Negara, yakin pada Pancasila sebagai ideologi Negara, rela berkorban untuk bangsa dan Negara serta memiliki kemampuan bela Negara, sehingga mempunyai kemungkinan untuk dikembangkan menjadi kekuatan pertahanan nasional (Andrianto, 2015:33).

Ketahanan Nasional adalah *geostrategic* bangsa Indonesia yang terbentuk dari ketahanan pribadi, ketahanan keluarga, ketahanan masyarakat atau lingkungan, ketahanan daerah dan akhirnya tercapainya ketahanan nasional. Ketahanan nasional tercapai dan terbentuk akibat adanya kesadaran dari penerapan nilai-nilai bela Negara dalam kehidupan bermasyarakat, berbangsa dan bernegara (Pranowo, 2010:48).

Membela negara tidak harus dalam wujud perang, tetapi bisa diwujudkan dengan cara-cara lain seperti ikut serta dalam mengamankan lingkungan. Keamanan merupakan suatu hal yang sangat krusial dimanapun kita berada. Tidak hanya dilingkungan tempat kita tinggal, di lingkungan tempat kita belajarpun keamanan merupakan suatu hal yang sangat penting, karena keamanan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kuantitas sebuah perguruan tinggi di mata masyarakat, karena masyarakat selain menilai suatu kampus dari segi kualitas, juga dari segi kuantitasnya yaitu keamanan.

Esensi dari keamanan tidak hanya mencakup unsur aman, namun juga kenyamanan dan kondusifitas. Keberhasilan pendidikan Salah satunya ditentukan dari kadaan lembaga pendidikan itu sendiri yaitu lingkungan yang strategis dan mendukung terlaksananya pendidikan yang kondusif (Maryana, 2010:17). Perguruan tinggi sudah selayaknya memiliki standar keamanan yang terukur dan sistematis.

Pelaksanaan keamanan di UPN “Veteran“ Yogyakarta, selama ini hanya mengandalkan personil kemanan saja. Belum ada sistem terintegrasi yang terbangun sehingga banyak persoalan ataupun kasus yang terjadi terkait kondisi keamanan. Masalah yang paling umum terjadi adalah kasus pencurian baik itu aset kampus maupun barang milik mahasiswa seperti helm dan sebagainya. Kemudahan akses untuk keluar masuk kampus merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keamanan di lingkungan kampus. Salah satu penyebabnya yaitu tidak adanya

pengawasan khusus dari sistem keamanan, petugas keamanan yang bertugas mengamankan lingkungan memiliki keterbatasan fisik seperti malas, mengantuk dan tingkat emosional yang tidak stabil. Keterbatasan *memory* manusia untuk mengenali setiap orang mengakibatkan akses keluar masuknya orang kedalam suatu lingkungan tidak terkontrol. Selain itu, manusia memiliki tingkat subjektifitas yang tinggi, faktor keluarga maupun kenalan dapat mempengaruhi hal tersebut.

Selain itu kelemahan yang dari sistem yang ada adalah pengawasan yang sangat minim dari penegakan aturan kampus, seperti larangan merokok di area tertentu dan juga berbagai pelanggaran lain yang tidak dapat terdeteksi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan sebuah sistem yang dapat membantu kinerja manusia dan memaksimalkan kerja CCTV. Cara kerja CCTV yang mampu merekam semua kejadian dapat ditingkatkan dengan adanya pengenalan wajah secara *real time*. Peningkatan kinerja CCTV tersebut dapat menghasilkan informasi berbentuk data yang dapat ditindaklanjuti apabila kedepannya terjadi tindak kejahatan. Sistem dibangun dengan memanfaatkan CCTV menjadi sebuah teknologi yang lebih canggih dan dapat membantu meningkatkan sistem keamanan.

Teknologi yang semakin canggih mampu mendorong perkembangan *image processing* dan teknik *computer vision* dapat terealisasikan. *Image processing* merupakan teknik pengolahan gambar melalui kamera, sedangkan *computer vision* merupakan teknologi dimana mesin mampu mengekstrak informasi dari gambar. Kedua teknik tersebut dapat dimanfaatkan dalam pengembangan aplikasi di bidang keamanan. Teknologi tersebut dinamakan *Face recognition*, dimana *face recognition* merupakan teknologi pengenalan wajah dengan menganalisa data terkait dengan karakteristik manusia. Teknik dalam tahapan pembuatan pengenalan wajah manusia berkaitan dengan *computer vision*. Pada *real time face recognition*, ada dua hal yang utama dilakukan yaitu deteksi wajah dan pengenalan wajah. Pada keamanan suatu tempat, diperlukan suatu pendeteksian yang cepat dalam segi waktu, oleh karena itu diperlukannya suatu sistem yang dapat mendeteksi wajah seseorang secara *real time* (Jusia, Kom, & Kom, 2016).

Pada penelitian ini menggunakan metode *Viola Jones* dan *Euclidean Distance*. Metode *Viola Jones* digunakan untuk melakukan deteksi wajah melalui CCTV. Metode ini dapat mendeteksi wajah yang menghadap ke kamera. Setelah wajah terdeteksi kemudian akan dilanjutkan dengan menghitung nilai kesamaan ciri yang ada pada data wajah yang berada di database. Proses mengubah gambar menjadi nilai citra dilakukan dengan metode *Principal Component Analysis* (PCA). Metode PCA merupakan metode yang digunakan untuk menjembatani antara metode *Viola Jones* dan *Euclidean Distance*. Hasil dari analisis tersebut dapat berupa nilai citra dengan kemiripan yang terdekat. Metode *Euclidean Distance* digunakan untuk mencari jarak nilai data fitur yang telah didapat dengan nilai data *train* yang berada di dalam database. Metode ini digunakan untuk menghitung selisih nilai *eigenface* dari gambar yang terdeteksi dengan nilai *eigenface* gambar yang terdapat di dalam database.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka rumusan masalah yang dapat diambil yaitu:

1. Bagaimana persepsi mahasiswa terkait kewanaman di lingkungan kampus UPN veteran Yogyakarta
2. Bagaimana cara meningkatkan sistem keamanan dengan memaksimalkan kinerja CCTV.

3. Bagaimana tingkat keakurasian dari penggabungan metode *Viola Jones* dan *Euclidean Distance*.
4. Bagaimana penerapan metode *Viola Jones* dan *Euclidean Distance* pada *face recognition* dalam *intelligent building security*.
5. Bagaimana Efektifitas kinerja CCTV dengan metode *Viola Jones* dan *Euclidean Distance* pada *face recognition* terhadap tingkat keamanan di lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta.

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

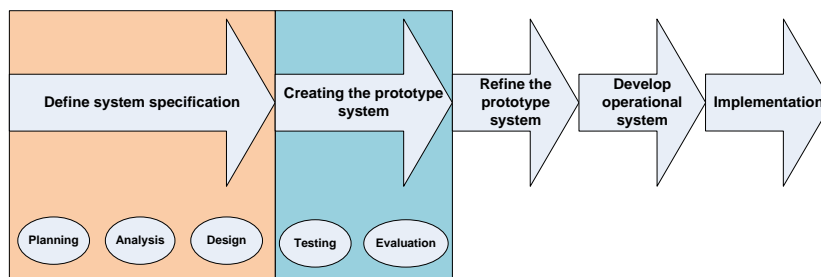
1. Mengetahui persepsi mahasiswa tentang tingkat kamanan di wilayah kampus UPN Veteran Yogyakarta.
2. membangun sistem *face recognition* dengan mengimplementasikan metode *Viola Jones* dan *Euclidean Distance*.
3. Mengukur Efektifitas kinerja CCTV dengan metode *Viola Jones* dan *Euclidean Distance* pada *face recognition* terhadap tingkat keamanan di lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan mix method, dimana pendekatan kualitatif digunakan untuk menggali sejauh mana persepsi mahasiswa terhadap kondisi kamanan lingkungan kampus UPN Veteran Yogyakarta melalui gambaran kompleks dan holistik melalui deskripsi-deskripsi rinci tentang berbagai perspektif informan atau partisipan di lokasi tersebut, serta pendekatan kuantitatif dan pendekatan *prototyping* untuk pengembangan perangkat lunak.

Pengumpulan data dilakukan dengan observasi, wawancara, dan *focus Group Discussion* (FGD). Observasi dilakukan di lingkungan kampus Unit 2 UPN Veteran Yogyakarta. Wawancara dan Focus Group Discussion dilaksanakan kepada mahasiswa di lingkungan FTI dan FISIP untuk mengetahui persepsi mahasiswa tentang kondisi eksisting keamanan di lingkungan kampus UPN Veteran Yogyakarta.

Metode pengembangan perangkat lunak dalam penelitian ini mengadopsi metode *prototyping* yang meliputi beberapa tahapan seperti terlihat pada Gambar berikut



Gambar 4.1. Metodologi *prototyping*

Define system specification

Pada tahap ini dilakukan perencanaan pengembangan perangkat lunak, mengidentifikasi permasalahan dan selanjutnya melakukan analisa kebutuhan termasuk pengumpulan data, kemudian dari hasil analisa kebutuhan akan dibuatkan model dan desain *prototype* sistem yang akan dikembangkan.

Creating the prototype system

Model dan desain yang telah dibuat pada tahap sebelumnya kemudian dibuatkan *prototype*-nya pada tahap ini. Selanjutnya *prototype* tersebut akan diujicoba dan dievaluasi fungsi-fungsi dan fitur-fiturnya bersama calon pengguna sistem.

Refine the prototype system

Pada tahap ini dilakukan perbaikan terhadap sistem *prototype* berdasarkan hasil ujicoba dan evaluasi bersama calon pengguna sebelum dilakukan pengembangan sistem aktual. Tahap ini akan diulang sampai didapatkan kesepakatan spesifikasi/masukan akhir sistem yang akan dikembangkan.

Develop operational system

Tahap pengembangan sistem operasional/aktual ini dilakukan setelah semua spesifikasi yang dibutuhkan oleh calon pengguna sistem sudah terakomodir dengan jelas pada sistem *prototype*.

Implementation

Pada tahap ini, sebelumnya dilakukan pengujian dan evaluasi terhadap sistem aktual yang dikembangkan. Pengujian dilakukan secara menyeluruh secara *logic*, proses bisnis, prosedur dan fungsi-fungsi sistem. Setelah diuji dan dievaluasi serta diterima oleh pengguna kemudian sistem aktual diimplementasikan untuk digunakan sehari-hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan CCTV oleh masyarakat modern sebagai alat bantu pengawasan sudah merupakan hal yang umum ditemui, tak terkecuali di lingkungan kampus. Penggunaan CCTV memiliki tujuan untuk dapat memantau situasi dan kondisi tempat tertentu secara *real time*, sehingga dapat mencegah terjadinya kejahatan atau dapat dijadikan sebagai bukti tindak kejahatan yang telah terjadi. Pada umumnya CCTV sering kali digunakan untuk mengawasi area publik. Dalam dunia pendidikan. Fungsinya dimanfaatkan sebagai pendukung fungsi pengawasan di kampus. Pengawasan ini dilakukan sebagai tindakan preventif dalam mencegah terjadinya tindakan yang dapat mengganggu keamanan dan ketertiban dilingkungan kampus dan memastikan kegiatan belajar mengajar dapat berjalan dengan nyaman dan tertib.

UPN Veteran Yogyakarta dalam pelaksanaan kegiatan pengamanan selama ini masih mengandalkan personel keamanan sebagai instrument utama. Jumlah personel keamanan yang tidak sebanding dengan luas area yang diawasi membuat banyak celah keamanan yang bisa ditembus oleh pihak luar.

Dari hasil *focus group discussion* ditemukan Beberapa persoalan yang sering terjadi dikarenakan rendahnya pengawasan yang dilakukan, diantaranya :

Pencurian

Beberapa kasus pencurian yang terjadi yaitu pencurian helm di area parkir motor. Jumlah sepeda motor baik milik mahasiswa dan pegawai tidak sebanding dengan lahan parkir yang tersedia di area kampus membuat area-area yang bukan menjadi sarana parkir terpaksa digunakan, sehingga luput dari pengawasan. Modus operasi dari beberapa pengamatan terhadap kasus-kasus tampak bahwa kejadian pencurian yang sangat rawan terhadap perilaku pencurian di kampus adalah diwaktu mahasiswa mengikuti kegiatan perkuliahan diruang kelas.

Pengamanan di kampus unit 2 tersebut hanya mengandalkan security yang berjumlah

kurang lebih 4 orang, mereka ini bergantian berjaga baik di waktu siang hari maupun malam hari di pintu masuk dan pintu keluar area kampus depan (FISIP) dan belakang (FTI).

Dari hasil wawancara juga ada yang beranggapan bahwa satpam tidak melakukan kewajibannya dengan serius atau cenderung santai, sebagian lagi beranggapan bahwa para pelaku yang beraksi merupakan orang dalam.

Kesimpulan dari hasil wawancara dan FGD terkait dengan kasus pencurian helm yaitu karena kurang ketatnya penjagaan satpam di parkir Fakultas, kelalaian mahasiswa itu sendiri saat memarkir kendaraan, serta kurangnya lahan parkir yang disediakan oleh kampus dengan jumlah kendaraan yang banyak.

Kasus pencurian lain yang terjadi dilingkungan kampus unit 2 UPN Veteran Yogyakarta yaitu pencurian peralatan lab, dalam hal ini adalah perangkat komputer di lab multimedia jurusan ilmu Komunikasi. Hal ini terungkap dari hasil wawancara dengan petugas laboran di jurusan ilmu Komunikasi. Load jam mengajar praktikum yang padat dan banyaknya jumlah mahasiswa yang menggunakan fasilitas lab membuat pengawasan petugas lab menjadi sangat lemah. Pencurian dilakukan pada saat jam peralihan kuliah.

Pelanggaran tata tertib dan kedisiplinan

Persoalan lain yang terjadi karena rendahnya pengawasan kampus yaitu pelanggaran tata tertib. Tata tertib yang seringkali dilanggar adalah merokok di area kampus terutama di gedung utama. Hasil observasi lapangan menemukan banyak sekali mahasiswa yang tetap merokok di area gedung, padahal sudah ada tanda larangan merokok. Pelanggaran ini seringkali dilakukan pada jam-jam peralihan kuliah. Aturan kampus tentang larangan merokok dianggap hanya angin lalu saja, hal ini terungkap dari hasil FGD. Beberapa mahasiswa menyatakan bahwa pelanggaran ini dilakukan karena tidak adanya sanksi yang ditegakan, dan mereka juga beranggapan tidak adanya petugas yang mengawasi membuat mereka merasa leluasa merokok di area kampus. Disisi lain banya juga pegawai yang merokok di area kampus, padahal sudah disediakan area merokok yang terletak di beberapa tempat.

Pelanggaran tata tertib yang lain yaitu penggunaan busana yang tidak sesuai dengan aturan, misalnya saja penggunaan kaos oblong dan sandal jepit di lingkungan kampus. Aturan penggunaan busana sudah diatur dalam tata tertib kampus, namun masih banyak ditemukan mahasiswa yang menggunakan busana yang tidak sesuai dengan aturan. Beberapa mahasiswa yang coba dikonfirmasi mengatakan, mereka menggunakan kaos oblong atau sandal jepit ke kampus karena tidak dalam rangka kuliah, namun ada kegiatan organisasi kemahasiswaan yang akan diikuti, sehingga mereka merasa tidak berkewajiban menggunakan busana yang seharusnya di area kampus.

Bentuk pelanggaran lain yang termasuk ke dalam jenis pelanggaran tata tertib lingkungan kampus adalah tindakan perusakan sarana prasara kampus, seperti merusak mebel atau sarana prasarana kampus. Pelanggaran yang banyak ditemukan yaitu aksi vandalisme yang dilakukan mahasiswa di kelas ataupun fasilitas kampus seperti toilet dan area lain. pelanggaran ini sangat sulit terdeteksi Karena biasanya dilakukan pada saat jam perkuliahan berlangsung.

Perilaku selanjutnya yang masuk dalam pelanggaran kedisiplinan yaitu seringkali ditemukan mahasiswa yang membuang sampah secara sembarangan. Sampah sisa makanan ataupun minuman banyak dijumpai di area sekitar kampus terutama tempat yang menyediakan fasilitas tempat duduk untuk mahasiswa berkumpul, padahal disekitar area tersebut sudah

disediakan tempat sampah yang cukup memadai. Kesadaran membuang sampah di tempat yang seharusnya masih sangat rendah. Hal ini dikarenakan adanya anggapan sudah ada cleaning service yang akan membersihkan sampah tersebut.

Dari persoalan-persoalan tersebut di atas, dapat disimpulkan bahwa masih sangat lemahnya sistem pengawasan yang terdapat kampus UPN Veteran Yogyakarta. Tidak adanya sistem yang mendukung pengawasan yang terintegrasi, membuat banyaknya pelanggaran yang terjadi. Di kampus unit 2, berdasarkan hasil pengamatan peneliti tidak ditemukan instalasi CCTV. Walaupun ada jumlahnya sangat sedikit dan justru tidak berfungsi.

KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian, maka dapat diambil suatu kesimpulan mengenai penggunaan CCTV di kampus 2 UPN Veteran Yogyakarta sebagai mekanisme peningkatan keamanan berikut ini:

1. tidak adanya sistem pengawasan yang terintegrasi, membuat banyak pelanggaran yang terjadi di kampus 2 UPN Veteran Yogyakarta.
2. kondisi kewanitaan yang bergantung hanya pada petugas security, membuat potensi terjadinya resiko kewanitaan sangat besar.
3. untuk membantu dan memaksimalkan kinerja manusia dalam hal ini adalah petugas security maka diperlukan sebuah sistem yang mampu merekam dan mendeteksi secara mandiri orang yang keluar masuk di kampus 2 UPN Veteran Yogyakarta.

REFERENSI

- Andrianto, Tuhana Taufiq, 2015, *Paradigma Baru Bela Negara*. Global Pustaka Utama , Yogyakarta
- Bayu, S., Hendriawan, A., & Susetyoko, R. (2009). Penerapan Face Recognition Dengan Metode Eigenface Dalam Intelligent Home Security. *Eepis Final Project*. Retrieved from <http://repo.pens.ac.id/id/eprint/624>
- Darmawan, M. Wirman. (2009). Identifikasi Mutu Buah Mangga Arum Manis Berdasarkan Warna Menggunakan Image Processing dan JST. Yogyakarta: Jurusan Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada.
- Hannawati, A., & Prasetyo, Y. (2004). Odor Recognition dengan Menggunakan Principal Component Analysis dan Nearest Neighbour Classifier. *Jurnal Teknik Elektro*, 3(2).
- Jusia, P. A., Kom, S., & Kom, M. (2016). Face Recognition Menggunakan Metode Algoritma Viola Jones Dalam Penerapan Computer Vision. Retrieved from <http://processor.stikom-db.ac.id/index.php/processor/article/view/118>
- Kurniawan, H., & Hidayat, T. (2008). Perancangan Program Pengenalan Wajah Menggunakan Fungsi Jarak Metode Euclidean Pada Matlab. In *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)* (Vol. 1). Retrieved from <http://jurnal.uui.ac.id/index.php/Snati/article/viewFile/885/839>
- Marti, N. W. (2010). Pemanfaatan gui dalam pengembangan perangkat lunak Pengenalan citra wajah manusia menggunakan metode Eigenfaces. In *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*. Retrieved from <http://www.jurnal.uui.ac.id/index.php/Snati/article/download/1951/1726>
- Maryana, Rita dkk, 2010, *Pengelolaan Lingkungan Belajar*. Kencana, Jakarta.
- Pranowo, M. Bambang, 2010, *Multidimensi Ketahanan Nasional*. Pustaka alvabet, Jakarta.

- Pratiwi, D. E., & Harjoko, A. (2013). Implementasi Pengenalan Wajah Menggunakan PCA (Principal Component Analysis). *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 3(2), 175–184.
- Puri, R. W. A., & Achmad Hidayatno, S. T. (2010). Pengenalan Wajah Menggunakan Alihragam Wavelet Haar dan Jarak Euclidean. *Teknik Elektro Undip, Semarang*. Retrieved from http://www.elektro.undip.ac.id/el_kpta/wp-content/uploads/2012/05/21060110151062_MTA.pdf
- Putro, M. D., Adji, T. B., & Winduratna, B. (2012). Sistem Deteksi Wajah dengan Menggunakan Metode Viola-Jones.
- Rufendhi, B. C. (2014). Penerapan Euclidean distance pada eigenface untuk monitoring ruangan secara realtime berbasis webcam dengan pencocokan wajah (PhD Thesis). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Saputra, D. I. S., Pamungkas, R. A., Ramadhan, K. A. N., & Anjar, W. S. (2017). Pelacakan Dan Deteksi Wajah Menggunakan Video Langsung Pada Webcam. *Telematika*, 10(1), 50–59.
- Saputra, I. (2016). Analisa Dan Perancangan Aplikasi Pengenalan Wajah Manusia Melalui Webcam Dengan Menerapkan Algoritma Principal Component Analysis. *Jurnal Ilmiah Infotek*, 1(1).
- Suharso, A. (2017). Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Viola-Jones dan Eigenface Dengan Variasi Posisi Wajah Berbasis Webcam. *TechnoXplore: Jurnal Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, 1(2). Retrieved from <http://journal.ubpkarawang.ac.id/index.php/teknikinformatika/article/download/107/99>
- Suprianto, D., Hasanah, R. N., & others. (2014). Sistem Pengenalan Wajah Secara Real-Time dengan Adaboost, Eigenface PCA & MySQL. *Jurnal EECCIS*, 7(2), 179–184.
- Wijaya, A. A., & Prayudi, Y. (2010). Implementasi Visi Komputer Dan Segmentasi Citra Untuk Klasifikasi Bobot Telur Ayam Ras. In *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*. Retrieved from <http://jurnal.uii.ac.id/index.php/Snati/article/viewFile/1949/1724>
- Zayuman, H., Santoso, I., & Isnanto, R. R. (2011). Pengenalan Wajah Manusia Menggunakan Analisis Komponen Utama (PCA) dan Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan-Balik (PhD Thesis). Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip.

**PENDEKATAN MACROERGONOMIC ANALISYS AND DESIGN
PADA PERANCANGAN MEJA POLA BATIK TULIS
DI SENTRA BATIK AYU ARIMBI SLEMAN**

Trismi Ristyowati, Tri Wibawa

Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Industri
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

ABSTRAK

Sentra Batik Ayu Arimbi is one of the centers of batik making located in Ayu Arimbi, Pandowoharjo, Sleman, Yogyakarta. Sentral batik Ayu Arimbi using natural dyes as a batik dye. Workers at Sentra Batik Ayu Arimbi often experience fatigue in making batik pattern. Because there is no tool or facilities for making batik patterns so that workers experiencing fatigue quickly making the work finished too long. Therefore it is necessary to design a batik table for making pattern that not only makes the job become comfortable and ergonomic but also shorten the process time of making batik patterns.

In this study, the identification of body parts used the Macrergonomic Analisis and Design (MEAD). The table is ergonomically designed with attention to the attributes that include a comfortable to use batik patterns table when used, easy to operate table, clear vision pattern of batik, batik pattern table that has better quality, batik pattern table that is not make the workers fatigue quickly, and an easy batik pattern table to maintain. Batik pattern table design is manifested in the real form. Table batik pattern testing is done in quantitative and qualitative ways by involving the user and chairman of the batik center.

The result then this research shows that the designed batik pattern table can decrease batik pattern workers complaint and finish the job ergonomically. Qualitatively the results of the questionnaire shows that batik pattern table is easy to operate, comfortable while in use, and easy in maintenance. From the user side, the batik pattern table designed can reduce the fatigue level of workers, from 39.03% to 30.69%. User satisfaction test level of 4.66 from scale 5, this means batik pattern table is classify as good. Subsequent research should focused on batik table making cost, addition of table board capacity, increasing the precision of batik table.

Keywords: *Design of batik table, Macrergonomic Analisis and Design (MEAD), fatigue*

PENDAHULUAN

Sistem kerja merupakan rangkaian tata kerja dan prosedur kerja yang kemudian membentuk suatu kebulatan pola tertentu dalam rangka melaksanakan suatu bidang pekerjaan (KBBI, 2005). Menurut Kleiner (2006), sistem kerja terdiri dari dua atau lebih orang yang bekerja bersama-sama (*personel sub-sistem*), berinteraksi dengan teknologi (*technological sub-system*) dalam sistem organisasi yang dicirikan oleh lingkungan internal (*both physical and cultural*). Menurut Freivald (2010), elemen-elemen sistem kerja terdiri dari organisasi, *human, tasks*,

environment, dan *tools*/teknologi.

Menurut Kleiner (2006), sistem kerja terdiri dari dua atau lebih orang yang bekerja bersama-sama (*personel sub-sistem*), berinteraksi dengan teknologi (*technological sub-system*) dalam sistem organisasi yang dicirikan oleh lingkungan internal (*both physical and cultural*). Sistem kerja yang ada pada suatu perusahaan akan mempengaruhi jalannya produksi, oleh karenanya pengaturan sistem kerja yang baik sangat diperlukan bagi setiap perusahaan sebagai faktor penting dalam meningkatkan produktivitas kerja.

Batik adalah karya budaya yang merupakan warisan nenek moyang dan memiliki nilai seni yang tinggi, dengan corak, serta tata warna yang khas milik suatu daerah yang menunjukkan identitas bangsa Indonesia. Batik sebagai asset budaya merupakan ikon produk Indonesia yang memiliki nilai historis dan memiliki citra eksklusif yang menggambarkan status pemakainya.

Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara terhadap karyawan pada sentra batik Ayu Arimbi terdapat permasalahan pada keluhan kenyamanan pekerja pada saat proses produksi terutama pada saat pembuatan pola batik tulis. Pada sentra batik ini proses pembuatan pola dilakukan secara manual dengan cara yang tidak ergonomis yaitu dengan duduk dilantai selama 1 jam membuat pola selanjutnya beristirahat sebentar lalu melanjutkan lagi membuat pola 1 jam dan seterusnya, sehingga satu kain batik tulis membutuhkan waktu selama 18 jam dalam satu pola kain batik tulis. Posisi kerja seperti ini tentunya berisiko menimbulkan keluhan-keluhan pada sistem *musculoskeletal*. Sedangkan keluhan dari pekerja yang mengalami rasa sakit ketika selesai beraktivitas seharian di industri tersebut, rata-rata pekerja memiliki keluhan yang sama yaitu kaki kesemutan, pegal-pegal pada leher, tangan dan tulang belakang karena terlalu lama duduk bersila di lantai. Identifikasi postur kerja yang tidak aman bagi tubuh yang dapat menimbulkan gejala *Musculoskeletal Disorders* (MSDs).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem kerja yang ada dari keempat faktor yang telah dijelaskan dengan pendekatan *Macroergonomic Analysis and Design* (MEAD). Berdasarkan hasil evaluasi untuk mengidentifikasi faktor kunci yang terjadi pada sistem kerja dan membuat usulan perbaikan berdasarkan faktor kunci terpilih. *Macroergonomic Analysis and Design* (MEAD) dapat membantu menganalisis sumber masalah paling signifikan pada sistem kerja sehingga dapat dibuat usulan perbaikan sistem kerja yang bisa dilakukan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di sentra industri batik Ayu Arimbi Sleman. Obyek yang menjadi fokus penelitian ini adalah mengevaluasi sistem kerja yang meliputi faktor organisasi, peralatan, pekerjaan dan lingkungan fisik. Pada keempat faktor tersebut akan dicari faktor kunci yang mempengaruhi kenyamanan pekerja dan produktivitas sehingga dapat dibuat usulan perbaikan sistem kerja.

Dalam mengatasi kondisi sistem kerja yang belum optimal digunakan *Macroergonomic Analysis and Design* (MEAD) untuk mengevaluasi sistem kerja pada Industri Batik Ayu Arimbi sehingga dapat diketahui faktor kunci dalam sistem kerja yang paling berpengaruh terhadap produktivitas dan dapat dibuat usulan perbaikan berdasarkan faktor kunci yang terpilih sehingga dapat memperbaiki sistem kerja menjadi lebih baik. *Macroergonomic Analysis and Design* (MEAD) merupakan metodologi yang menggambarkan tahapan implementasi ergonomi makro yang dapat digunakan untuk mengevaluasi dan merancang sistem kerja. Kerangka umum

Macroergonomic Analysis and Design (MEAD) dikembangkan oleh Emery and Trist (1978) dalam Hendrick and Kleiner (2001). Berikut ini adalah penjabaran dari langkah pengolahan data yang dilakukan:

1. Mengamati sistem organisasi secara internal dan eksternal
Pengamatan dilakukan secara internal dan eksternal, berdasarkan hasil pengamatan maka dapat diidentifikasi visi, misi, struktur organisasi, sistem kerja serta lingkungan kerja yang ada. Pengidentifikasi varian juga sudah mulai dilakukan pada tahap ini dalam lingkungan fisik kerja dan organisasi.
2. Mendefinisikan tipe sistem operasi kerja dan ekspektasi kerja
Dengan mempertimbangkan aspek kompleksitas, formalisasi dan sentralisasi organisasi kerja akan diperoleh kondisi optimal rancangan sistem operasi kerja. Dan penentuan kriteria kesuksesan produksi dilakukan dengan mengambil tujuh kriteria, yaitu efisiensi, efektivitas, produktivitas, kualitas, kualitas kehidupan kerja, inovasi dan keuntungan.
3. Mendefinisikan unit operasi dan proses kerja
Identifikasi unit operasi dan proses kerja yang ada di Sentra Ayam Goreng Kalasan. Identifikasi juga dilakukan terhadap varian yang ada pada faktor kondisi pekerjaan.
4. Mengidentifikasi variansi yang terjadi
Identifikasi varian berdasarkan keempat faktor dalam sistem kerja yang telah diperoleh dari wawancara, observasi, pengukuran dan langkah-langkah sebelumnya. Identifikasi data varian dilakukan dengan kuesioner yang dibagikan kepada 20 pekerja. Data yang diperoleh dari kuesioner selanjutnya dihitung prosentase jawaban responden untuk mengetahui permasalahan yang dihadapi. Tujuan pada tahap ini adalah untuk mengetahui permasalahan-permasalahan yang terjadi sekaligus untuk mempermudah pada proses pengolahan data selanjutnya.
5. Membuat matriks variansi
Dari varian yang ada pada tahap sebelumnya akan diperoleh varian yang menjadi faktor kunci, varian yang memberi dampak signifikan pada kriteria peformansi atau hubungannya dengan varian lain. Matriks varian bertujuan untuk mengetahui hubungan keterkaitan antar varian dan pengaruh varian satu dengan varian lainnya. Pengisian matriks varian berdasarkan wawancara dengan pekerja.
6. Membuat tabel kendali variansi kunci dan jaringan peran
Pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui peran personel dan tanggung jawabnya serta bagaimana kendali varian yang terjadi dan pihak yang bertanggung jawab untuk hal tersebut. Tabel kendali variansi kunci sendiri terdiri atas varian pada faktir kunci, unit kerja atau tempat terjadinya, siapa orang yang bertanggung jawab, *tools* atau teknologi yang diperlukan untuk mendukung pengendalian, serta kemampuan khusus atau pengetahuan yang dibutuhkan dalam pengendalian variansi kunci tersebut.
7. Menunjukkan alokasi fungsi dan rancangan bersama
Melakukan perbaikan berdasarkan variansi terbesar. Alokasi fungsi dan rancangan bersama untuk perbaikan dibuat berdasarkan tabel kendali varian dan varian kunci.
8. Memahami persepsi mengenai peran dan tanggung jawab
Mengidentifikasi pengetahuan atau kemampuan yang dibutuhkan personel yang bertanggung jawab di tempat terjadi penyimpangan. Selain itu juga mengidentifikasi serta mengevaluasi

persepsi dan tanggung jawab personel tersebut terhadap tugas serta apa yang telah dikerjakan sehingga akan diperoleh aturan kerja yang sesuai.

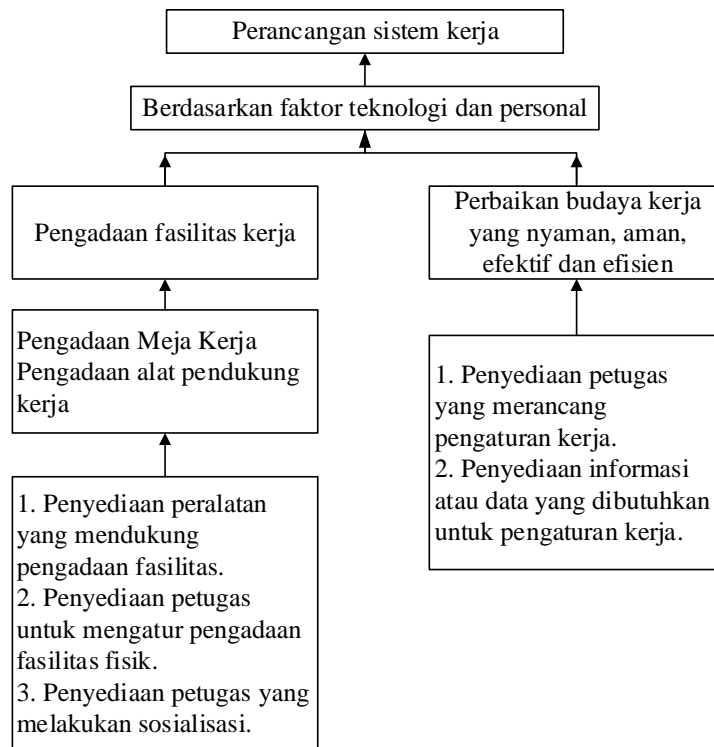
9. Merancang atau memperbaiki subsistem pendukung dan *interface*
Membuat rancangan perbaikan sistem kerja dari alternative yang telah dibuat agar sesuai dengan keinginan dan harapan dari pemilik dan pekerja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil identifikasi faktor kunci diperoleh hasil bahwa subsistem lingkungan dan subsistem organisasi pada Industri Batik Ayu Arimbi Sleman. Kondisi lingkungan fisik kerja yang dikeluhkan meliputi suhu, kebisingan, dan cahaya. Sedangkan kondisi organisasi yang dikeluhkan pekerja meliputi kesejahteraan, pembagian kerja, dan perhatian pimpinan terhadap keadaan pekerja dan lingkungan fisik kerja. Untuk mencapai ekspektasi performansi yang diinginkan, tidak terlepas dari peralatan dan mesin yang digunakan. Kondisi peralatan dan mesin masih terdapat kekurangan berdasarkan keluhan dari pekerja yaitu mengenai kurangnya peralatan dan tenaga pembimbing ahli.

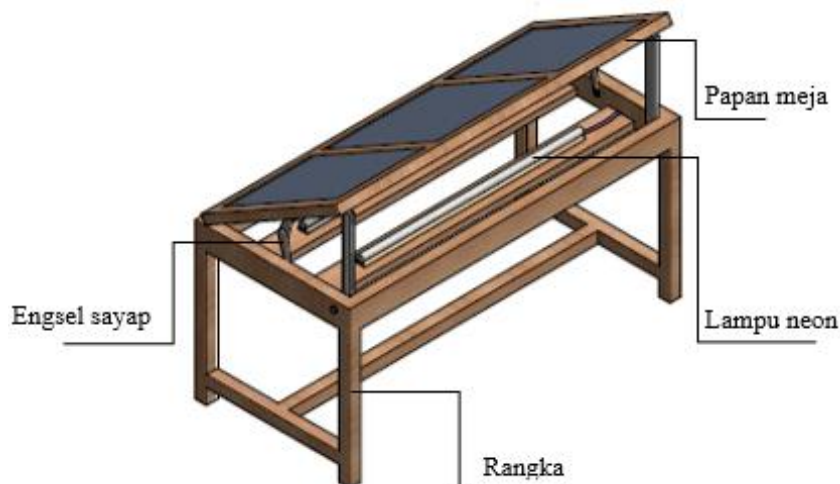
Identifikasi data varian bertujuan untuk mengetahui permasalahan yang ada sehingga dapat memudahkan proses analisis selanjutnya. Faktor-faktor yang menimbulkan varian (lingkungan fisik, peralatan/mesin, kondisi pekerjaan, dan organisasi) dan varian yang terjadi sudah diidentifikasi pada langkah sebelumnya. Untuk memperoleh data varian yang lebih rinci dilakukan penyebaran kuesioner pada seluruh pekerja bagian produksi sehingga dapat diketahui permasalahan yang dihadapi seluruh pekerja bagian produksi. Setelah dilakukan perhitungan prosentase dari jawaban seluruh responden, dapat diidentifikasi data varian terpilih adalah fasilitas lingkungan fisik dan pengaturan jam kerja. Matriks varian bertujuan untuk mengetahui hubungan atau keterkaitan antar varian atau apakah varian yang satu mempengaruhi varian lainnya. Faktor yang variannya memiliki keterkaitan atau hubungan paling banyak dengan varian lain akan menjadi faktor kunci. Faktor kunci terpilih adalah faktor peralatan yang belum mendukung kenyamanan kerja.

Penyusunan *function allocation and joint design*. Tahap ini bertujuan untuk membuat fungsi alokasi dan rancangan alternatif perbaikan dari tabel kendali varian dan varian kunci yang ada dalam bentuk *objectives/activity tree*. Rancangan alternatif yang ada dapat dilihat pada Gambar 1. Selanjutnya dilakukan evaluasi peran dan persepsi tanggungjawab. Pada tahap ini bertujuan untuk memberikan pembobotan untuk masing-masing alternatif perbaikan sehingga dapat diperoleh alternatif yang baik dan dapat diterapkan. Penilaian pembobotan dilakukan secara subyektif kriteria yang memiliki keterkaitan dengan alternatif.



Gambar 1. Objectives/activity tree

Perancangan ulang subsistem pendukung bertujuan untuk membuat rancangan perbaikan pada subsistem yang dapat memperbaiki sistem kerja menjadi lebih baik sehingga produktivitas dapat ditingkatkan. Faktor kunci yang terpilih yaitu faktor peralatan kerja. Proses perancangan pada fase ini dilakukan dengan mewujudkan konsep yang dipilih menjadi wujud nyata, uraian mengenai perancangan wujud tersebut dengan membuat gambar rancangan 3D dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Meja pola batik tulis 3D

Uji kelelahan secara subjektif dilakukan dengan penyebaran kuesioner terhadap pekerja di sentra batik Ayu Arimbi. Kuesioner disebarakan kepada 4 responden diantaranya terdapat 3 pekerja dan 1 ketua sentra. Perhitungan skala *likert* dimulai untuk menghitung skor jawaban ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil kuesioner tingkat kelelahan fisik

No	Jenis Kelelahan	Skala <i>likert</i>	Keterangan
1	Sakit kepala	4	3,85 artinya sebagian besar responden mengalami penurunan kelelahan fisik.
2	Kekakuan di bahu	3,75	
3	Merasa nyeri di bagian belakang kepala	3,75	
4	Merasa pening	4	
5	Spasme (kaku) di kelopak mata	4	
6	Tremor(gemetar) anggota badan	4	
7	Merasa kurang sehat	4	
8	Haus	3,5	
9	Merasa pernafasan tertekan	4	
10	Merasa nyeri di punggung	3,5	
Rata-rata		3,85	

Tabel 2. Hasil kuesioner tingkat kepuasan

Jenis pertanyaan	Skala <i>likert</i>	Keterangan
Pengoprasian meja	4,5	4,5 artinya sebagian besar responden mudah dalam pengoperasian meja batik tulis..
Kenyamanan meja	4,75	4,75 artinya sebagian besar responden nyaman memakai meja batik tulis..
Perawatan meja	4,75	4,75 artinya sebagian besar responden mudah dalam merawat meja batik tulis..

Perancangan meja batik tulis untuk perancangan dan penjelasan tugas adalah dapat menentukan kriteria yang diinginkan Sentra Batik Ayu Arimbi. Kriteria yang diinginkan yaitu mengurangi kelelahan serta kenyamanan pekerja, mengurangi waktu setup, mudah dalam pengoperasian meja batik tulis, dan mudah dalam melakukan perawatan. Hasil yang didapatkan dalam perancangan dan penjelasan tugas akan dijadikan konsep untuk perancangan meja batik tulis. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa waktu proses yang dihasilkan sebelum memakai meja batik membutuhkan 18 jam untuk membuat pola dalam satu kain batik. Hal ini menunjukkan bahwa masih belum efektif. Sedangkan hasil dari meja pola batik memerlukan waktu sebesar 6 jam untuk membuat pola batik dalam 1 kain batik. Sehingga meja batik tulis dapat meningkatkan waktu proses produksi pada Sentra Batik Ayu Arimbi.

Hasil pengujian untuk uji kelelahan secara objektif sebelum memakai meja batik dapat diketahui pada Tabel 1 memiliki rata-rata sebesar 39,03%. Setelah menggunakan meja batik dapat di ketahui pada Tabel 2 memiliki rata-rata sebesar 30,69%. Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa menggunakan meja batik memiliki angka rata-rata yang lebih rendah dibandingkan dengan tidak menggunakan meja dengan selisih rata-rata sebesar 8,34% menunjukkan tidak terjadi

kelelahan. Kelelahan fisik dengan hasil rata-rata 3,85 yang berarti rendahnya tingkat kelelahan fisik terhadap sebagian besar responden.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis hasil dan pembahasan penerapan MEAD di Sentra Batik Ayu Arimbi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Strategi pengembangan sistem kerja didasarkan pada varian lingkungan fisik, peralatan dan mesin, kondisi pekerjaan, dan organisasi.
2. Faktor kunci yang mempengaruhi sistem kerja untuk meningkatkan produktivitas adalah faktor peralatan terutama pada saat pembuatan pola batik.
3. Perbaikan sistem kerja dilakukan dengan pengadaan fasilitas meja pembuatan pola batik dengan pertimbangan ergonomi untuk menurunkan kelelahan dan meningkatkan kenyamanan kerja.
4. Hasil uji meja batik menunjukkan tingkat kepuasan pengguna sebesar 4,6 dari skala 5. Hal ini berarti meja pola batik masuk dalam klasifikasi layak dan telah memenuhi kebutuhan pengguna di atas nilai rata-rata yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Humantech, Inc., 1995, *Humantech Applied Ergonomics Training Manual: Prepared for Procter&Gamble Inc., 2nd edition*, Barkeley Vale, Australia.
- Imadadi, T., 2015, *Perencanaan Alat Pemotong Padi Menggunakan Metode Pahl and Beitz*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
- Kotler, P. dan K. L. Keller, 2007, *Manajemen Pemasaran Jilid I*. Edisi 12. Jakarta: Indeks.
- Nurmianto, E, 2008, *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Surabaya: Guna Widya.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., and Grote, K.H., 2007, *Engineering Design: A Systematic Approach*, Thrid Edition, Springer, London.
- Rodahl, K. 1989. *The Physiology of Work*, Taylor & Francis, London.
- Santoso, G., 2000, *Ergonomi Manusia, Peralatan dan Lingkungan*, Jakarta: Prestasi Pustaka.
- Susetyo, J., 2008, *Prevalensi Keluhan Subyektif atau Kelelahan karena Sikap Kerja yang tidak Ergonomis Pada Pengrajin Perak*, Jurusan Teknik Industri, Universitas Udayana Bali.
- Susihono, W., 2012, *Perbaikan Postur Kerja Untuk Mengurangi Keluhan Musculoskeletal Dengan Pendekatan Metode OWAS (Studi Kasus Di UD. Rizki Ragil Jaya - Kota Cilegon)*. Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang.
- Tarwaka, B., 2010, *Dasar – Dasar Pengetahuan Ergonomi Dan Aplikasi Di Tempat Kerja*. Solo: Harapan Press Solo.
- Tarwaka, B., dan Sudiadjeng, L., 2004, *Ergonomi untuk Keselamatan Kerja dan Produktivitas*, UNIBA PRESS, Surakarta.
- Ulrich K.T., and S. D. Eppinger., 2000, *Product Design and Development*, McGraw-Hill, Singapore.
- Wignjosoebroto, S., 2000, *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu: Teknik Analisis untuk Meningkatkan Produktivitas Kerja*. Edisi Pertama, Jakarta: Gunawidya.
- Wilson, J.R., and Corlett E.N., 1995, *Evaluation of Human Work*, Taylor and Franchis Ltd, Medicine 13, no 1-14.

**ANALISIS TILT DERIVATIVE ANOMALI RESIDUAL
UNTUK MENGIDENTIFIKASI PATAHAN DI KOMPLEK
MELANGE LUK ULO KARANGSAMBUNG JAWA TENGAH**

Wahyu Hidayat, Wrego Seno Giamboro

Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta

Email: wahyu.hidayat@upnyk.ac.id

ABSTRACT

A geophysical survey using gravity method was carried out in melange Luk Ulo complex and its surrounding. This research aimed to interpret the subsurface geology condition of the research area based on gravity data analysis. Research area is (3.6 x 2.5) km² with 56 observation points. Gravimeter LaCoste & Romberg type G-1118 MVR was used to measure the gravity field, and differential method of Global Positioning System (GPS) was used to measure the position and elevation. Data processing was performed to get complete Bouguer anomaly of both residual and regional. Bouguer density using graphical method resulted to the value of 2.67 gr/cm³. Transformation to a horizontal plane was performed obtain by using equivalent mass method. Separation of regional and residual anomaly using the polynomial fitting method. Tilt derivative analysis is intended to clarify the alleged existence of a fault. 2.5D modeling was carried out to provide an overview of the subsurface. The analysis of a tilt derivative filter shown the straightness indicated as a fault. Inversion and making the 2.5D model is done to determine the type of rock, the fault breakdown and its lithology. As a result, there are 8 lithologies in the study area, namely the inclusion of basalt and rijang (3.3 gr / cm³), melange Lok Ulo (3.1 gr / cm³), Karangsembung Formation (2.45 gr / cm³), Totogan Formation (2, 3 gr / cm³), Waturanda Formation (2.7 gr / cm³), Panosogan Formation (2.4 gr / cm³), Halang Formation (1.2 gr / cm³) and diabas intrusion (3.75 gr / cm³).

keywords : Gravity, tilt derivative, polynomial fitting.

PENDAHULUAN

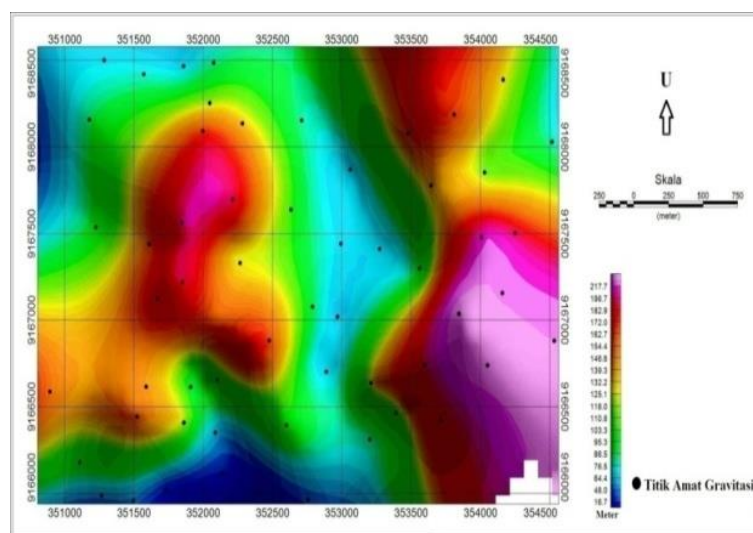
Berbagai peristiwa geologi yang kompleks pernah terjadi di Pulau Jawa. Terdapatnya batuan Pra-Tersier di Pulau Jawa ditunjukkan oleh singkapan batuan kompleks *melange* di Ciletuh Jawa Barat, Lok Ulo di daerah Karangsembung dan kompleks batuan metamorf Perbukitan Jiwo di daerah Bayat Jawa Tengah yang diduga berlanjut ke arah Pegunungan Meratus di ujung tenggara Pulau Kalimantan (Asikin, 1974; Hamilton, 1979; Suparka, 1988; Parkinson et al., 1998). Singkapan batuan tersebut diduga sebagai suatu jalur subduksi berarah timurlaut-barat daya yang terjadi pada masa Kapur Akhir-Paleosen yang menyatukan Pulau Jawa bagian timur dengan Pulau Jawa bagian barat.

Berdasarkan bukti geologi di atas dapat disimpulkan bahwa selama Paleogen, yakni sejak Paleosen sampai Oligosen, terjadi evolusi geologi yang signifikan, terutama di wilayah Jawa bagian timur, ditandai dengan berubahnya arah zona subduksi yang pada zaman Kapur Akhir-Paleosen berarah timurlaut-baratdaya menjadi berarah barat-timur pada zaman Tersier (Prasetyadi, 2011). Kompleks Lok Ulo di Karangsembung memiliki rekam jejak peristiwa geologi yang mampu memberikan kontribusi atas histori pembentukan Pulau Jawa tersebut, baik dari

litologi, struktur maupun sejarah tektonismenya. Untuk menguatkan bukti-bukti terjadinya proses geologi kompleks berdasarkan kondisi geologi saat ini, dilakukan penelitian geofisika dengan metode gravitasi pada daerah Lok Ulo. Penelitian ini bermaksud untuk menggambarkan struktur yang terbentuk pada daerah Lok Ulo berdasarkan respon kontras anomali gravitasinya.

METODE

Lokasi penelitian berada pada 350893 mE - 354532 mE dan 9165958 mN - 9168502 mN. Daerah penelitian memiliki dimensi (3,6 x 2,5) km² dengan morfologi perbukitan, lembah dan sungai. Pengambilan data dilakukan pada 56 titik dengan sebaran seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



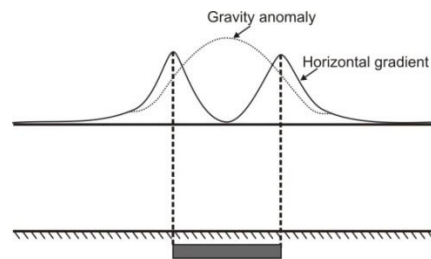
Gambar 1 . Lokasi pengukuran gravitasi di overlaykan dengan peta elevasi

Hasil akuisisi data kemudian dilakukan pengolahan data meliputi : pembacaan ke mGal, koreksi tinggi alat, drift, pasang surut, glintang, *free air corection*, koreksi Bouguer, koreksi medan. Hasil dari koreksi ini didapatkan nilai Anomali Bouguer Lengkap (ABL) di topografi. Selanjutnya dilakukan reduksi ke bidang datar dan pemisahan anomali regional residual menggunakan metode *polynomial fitting*, Peta anomali residual kemudian dilakukan analisa *tilt derivative* dan pemodelan 2.5D.

DASAR TEORI

Horizontal Derivative

Gradien horisontal anomali gravitasi adalah perubahan nilai anomali gravitasi dari satu titik ke titik lainnya secara horisontal dengan jarak tertentu. Gradien horisontal cenderung memiliki karakteristik yang baik untuk menunjukkan tepi dari suatu benda anomali, sehingga teknik gradien horisontal sangat baik untuk mendeteksi batas horisontal dari data gravitasi (**Gambar 2**). Kontras densitas / anomali gravitasi secara lateral akan menimbulkan adanya gradien horisontal dari anomali gravitasi (Blakely, 1996).



Gambar 2. Nilai gradien horizontal pada model tabular (Blakely, 1996)

Karakteristik anomali gravitasi tersebut dapat diekstrak secara langsung dari data pengukuran gravitasi yaitu dengan menentukan amplitudo gradien horizontal. Amplitudo dari gradien horizontal dapat dinyatakan sebagai berikut (Cordell and Grauch, 1985):

$$HG = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \left(\frac{mgal}{m}\right) \quad (1)$$

Dengan $\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)$ dan $\left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)$ merupakan *Horizontal Derivative* atau gradien horizontal dalam arah x dan arah y secara berurutan. *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Horizontal Derivative* (SHD) untuk model dalam bentuk penampang dalam arah x saja atau y saja menggunakan rumus berikut:

$$FHD = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2} \text{ atau } \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \left(\frac{mgal}{m}\right) \quad (2)$$

$$SHD = \left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2}\right) \text{ atau } \left(\frac{\partial^2 g}{\partial y^2}\right) \left(\frac{mgal^2}{m^2}\right) \quad (3)$$

Vertical Derivative

Analisis struktur menggunakan *Second Vertical Derivative* (SVD) dapat digunakan untuk mendeteksi jenis struktur cekungan atau intrusi dan patahan turun atau patahan naik. Secara teoritis teknik SVD diturunkan dari persamaan Laplace's untuk anomali gravitasi di permukaan yang diberikan sebagai berikut:

$$\nabla^2 \Delta g = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = 0 \quad (5)$$

Sehingga SVD diberikan oleh:

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = -\left(\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2}\right) \quad (6)$$

Untuk data penampang 1-D persamaannya menjadi:

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = -\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} \quad (7)$$

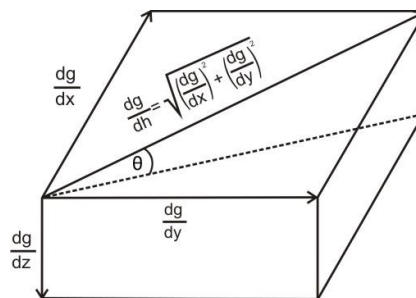
Tilt Derivative

Tilt derivative merupakan salah satu analisa derivatif dalam pengolahan lanjutan metode gravitasi dan magnetik. *Tilt derivative* biasanya digunakan untuk memperjelas batas tepi atau kontak dari suatu struktur geologi seperti patahan. *Tilt derivative* dihitung dengan membagi komponen *vertical derivative* dengan *horizontal derivative* (Miller and Singh, 1994):

$$TD = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Vertical Derivative}}{\text{Total Horizontal Derivative}} \right) \quad (8)$$

dengan, *vertical derivative* merupakan turunan vertikal pertama dan total *horizontal derivative* merupakan total turunan horisontal sebagaimana *horizontal gradient* yang disebutkan oleh Cordell and Grauch (1985) (**Gambar 3**).

$$\text{Vertical Derivative} = \frac{dg}{dz} \quad (9)$$

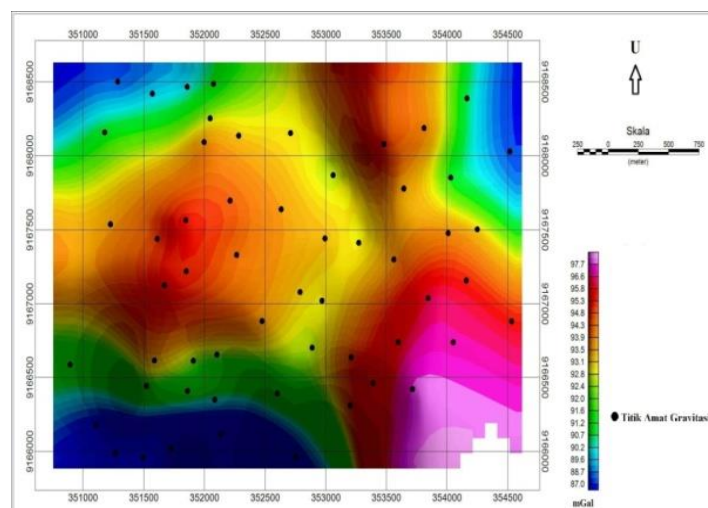


Gambar 3. Geometri *tilt angle*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Anomali Bouguer Lengkap Di Bidang datar

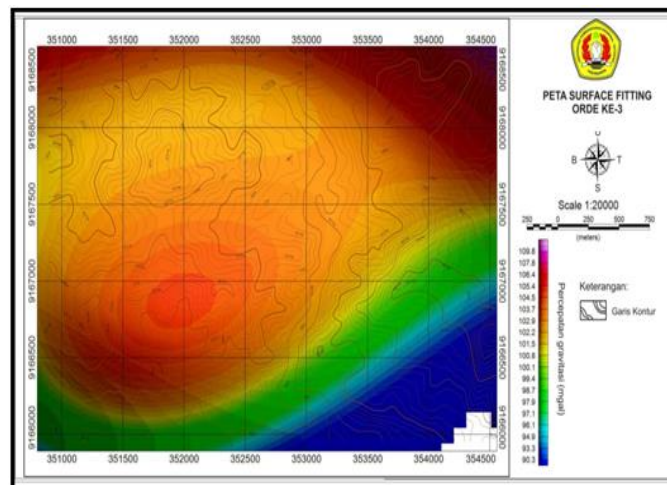
Bentuk topografi yang tidak rata dapat menyebabkan distorsi pada anomali gravitasi, yang disebabkan oleh jarak vertikal yang bervariasi antara sumber anomali terhadap titik pengukuran di topografi. Untuk menghilangkan distorsi yang mungkin terjadi, maka Anomali Bouguer Lengkap (ABL) di topografi dibawa ke suatu bidang datar dengan ketinggian tertentu. Proses membawa anomali ke suatu bidang datar dilakukan dengan metode yang diajukan Dampney (1969), dengan asumsi sumber anomali berupa ekuivalen titik massa yang terdistribusi pada suatu bidang datar dengan kedalaman tertentu di bawah sferoida acuan. Dalam penelitian ini kedalaman sumber ekuivalen titik massa adalah 1080 meter di bawah sferoida acuan dan dihitung responnya pada ketinggian 280 meter di atas sferoida acuan (**Gambar 4**). Hasil proyeksi sudah dapat merepresentasikan kondisi geologi bawah permukaan sebenarnya.



Gambar 4: Peta Anomali Bouguer Lengkap di bidang datar

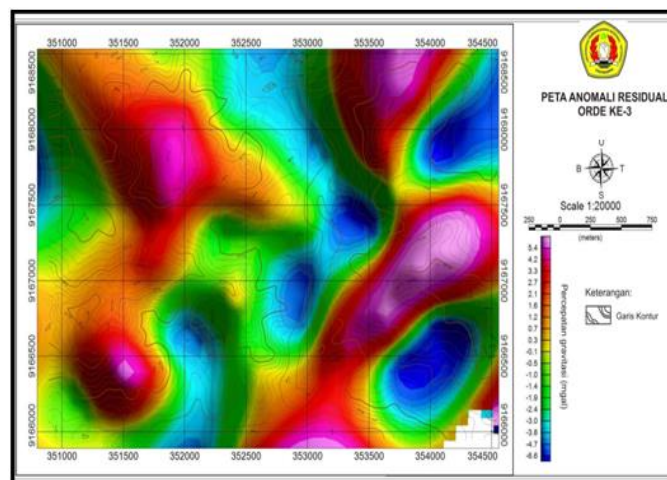
Pemisahan anomali regional dan residual

Efek yang ditimbulkan oleh massa yang dalam disebut sebagai anomali regional, sedangkan medan gravitasi setelah noise dan anomali regional dihilangkan disebut anomali residual. Maka pada penelitian ini dilakukan pemisahan anomali regional dan residual terhadap peta hasil reduksi ke bidang datar. Metode pemisahan anomali yang digunakan yaitu metode *polynomial surface fitting*. Setelah dilakukan *trial dan error* diperoleh hasil terbaik pada orde ke-3 (**Gambar 5 dan 6**).



Gambar 5. Peta anomali regional hasil *surface fitting* orde ke-3.

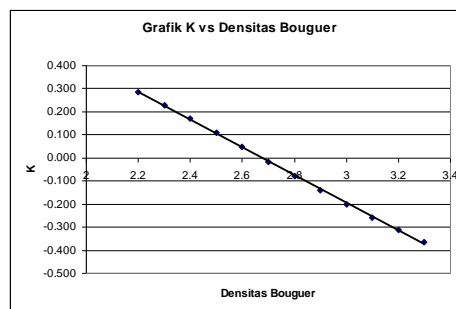
Peta anomali residual dari peta hasil reduksi bidang datar menunjukkan anomali yang sifatnya dangkal. Peta memperlihatkan anomali tinggi pada bagian barat dan timur, dikelilingi oleh anomali sedang dan rendah serta kedua anomali tinggi tersebut dipisahkan oleh anomali rendah ada bagian tengahnya (**Gambar 6**).



Gambar 6. Peta anomali residual hasil *polynomial surface fitting* orde ke-3.

Jika diperhatikan secara saksama garis kontur topografi yang ada pada peta di bawah ini, sebagian besar anomali-anomali tinggi bersesuaian dengan topografi yang tinggi pula. Hal ini terlihat jelas pada anomali tinggi yang memanjang utara-selatan pada bagian barat peta.

Berdasarkan korelasi dengan peta geologi daerah penelitian, anomali tinggi disebabkan oleh keberadaan batuan basalt, rijang, metamorf sekis dan filit yang merupakan bagian dari kompleks *melange* Lok Uloserta adanya intrusi diabas. Batuan tersebut bersifat resistan terhadap erosi, sehingga tidak mudah tergerus karena perubahan cuaca. Batuan metamorf dan beku umumnya memiliki densitas yang tinggi, berkisar antara (2,35 – 3,54) gr/cm³ (Telford et al., 1990). Sedangkan berdasarkan perhitungan menggunakan metode Nettleton diperoleh nilai densitas Bouguer sebesar 2,67 gr/cm³ (**Gambar 7**). Keterdapatan anomali tinggi pada bagian timur diperkirakan akibat intrusi batuan beku diabas. Diabas tersingkap di permukaan pada koordinat 353543 mE, 9166369 mN sehingga diperkirakan anomali tinggi disekitarnya masih merupakan kemenerusan dari intrusi tersebut.

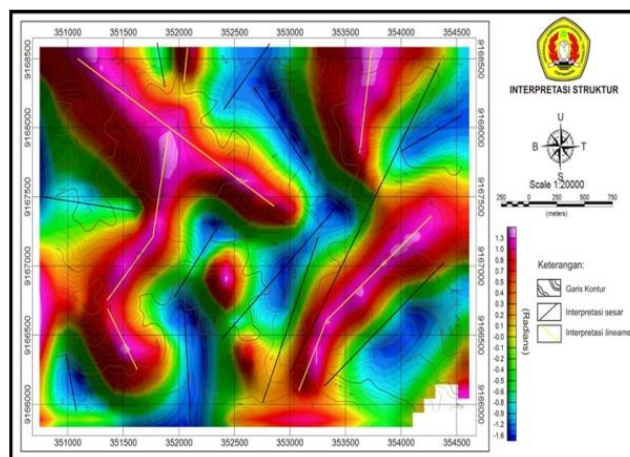


Gambar 7. Densitas Bouguer

Analisa Tilt Derivative

Hasil *Tilt Derivative* pada **Gambar 8** menunjukkan nilai-nilai tinggi dan nilai-nilai rendah yang menerus ke beberapa arah. Untuk interpretasi adanya kelurusan ataupun patahan, diperlukan data pendukung berupa peta geologi regional dan peta elevasi. Adanya struktur patahan (sesar) dalam geofisika memiliki arti bahwa terdapat suatu diskontinuitas massa batuan sehingga memberikan respon yang kontras dan berkebalikan dengan anomali di sekitarnya.

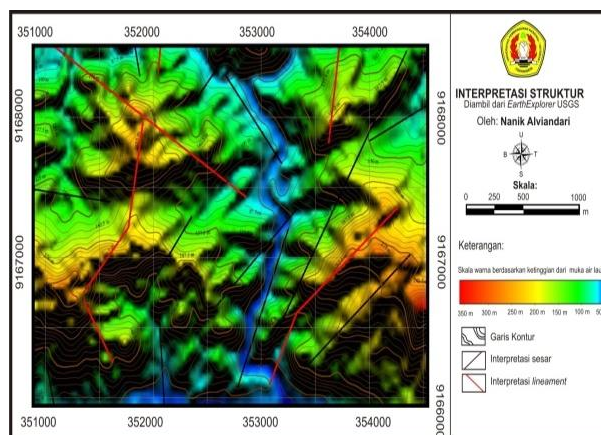
Struktur patahan dapat terjadi akibat gaya kompresional dan ekstensional yang disebabkan oleh pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Saat batuan sudah pada batas elastisitasnya dan gaya kompresional atau ekstensional masih bekerja terus-menerus, maka menyebabkan batuan terpatahkan. Melalui patahan ini, proses-proses tektonik masa lampau dapat direkonstruksi. Pada beberapa kasus, patahan banyak diteliti berkaitan dengan resiko kegempaan di daerah patahan, studi alterasi untuk eksplorasi mineral, sebagai pembentuk cebakan dan jalur migrasi pada eksplorasi migas, studi kekuatan batuan pada geoteknik, studi geotermal, dan sebagainya.



Gambar 8. Interpretasi struktur patahan dan (kelurusan) *lineament* batuan berdasarkan peta *tilt derivative*.

Hasil peta *tilt derivative* yang ditampilkan pada **Gambar 8**, memperlihatkan pola-pola kelurusan nilai anomali tinggi dan anomali rendah. Nilai anomali rendah (warna biru) menunjukkan nilai negatif, yang sebenarnya nilai tersebut juga dianggap tinggi karena nilai *tilt derivative* bersifat menyelisihkan antara 2 nilai sehingga bersifat mutlak. Sehingga interpretasi kemenerusan dilakukan baik pada anomali tinggi maupun rendah. Kemenerusan tersebut memiliki dua arti, dapat berupa kelurusan batuan ataupun adanya struktur patahan. Setelah dilakukan penarikan kemenerusan-kemenerusan anomali tinggi dan rendah, kemudian dilakukan pemisahan mana antara kelurusan dan patahan. Hasil penarikan kemenerusan dapat dilihat pada **Gambar 8 dan 9** berikut.

Hasil interpretasi struktur patahan dan lineament batuan yang digambarkan pada peta *Digital Elevation Model* (DEM) (**Gambar 9**).

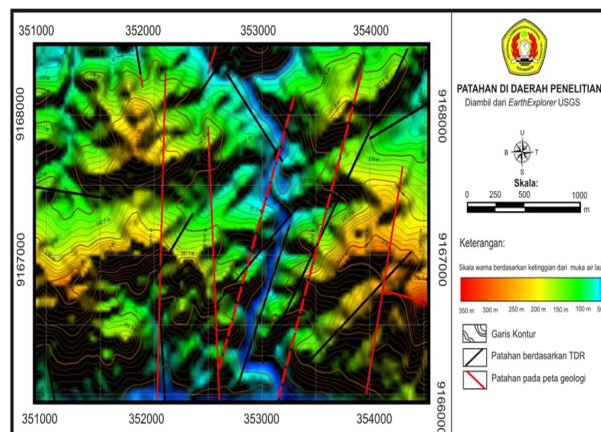


Gambar 9. Hasil interpretasi yang dioverlaykan dengan DEM.

Peta DEM hasil dari citra satelit digunakan sebagai acuan topografi yang resolusinya cukup bagus, sehingga dapat memberikan gambaran kenampakan topografi daerah penelitian. Kemenerusan-kemenerusan yang sudah ditentukan dari peta *tilt derivative* kemudian dibawa ke peta DEM (**Gambar 9**). Berdasarkan peta DEM inilah dapat ditentukan mana saja kemenerusan yang merupakan kelurusan batuan dan yang mengindikasikan adanya struktur patahan. Hasilnya, kemenerusan nilai *tilt derivative* yang merupakan kelurusan batuan umumnya searah dengan kemenerusan topografi pada peta DEM, sedangkan kemenerusan nilai *tilt derivative* lainnya diduga disebabkan oleh adanya patahan.

Pola nilai *tilt derivative* pada kemenerusan batuan cenderung menerus memanjang, pada nilai-nilai yang positif. Sedangkan pola kemenerusan yang diduga sebagai patahan, sebagian menerus dan sebagian lainnya memotong anomali-anomali sedang dan tinggi. Pada penelitian ini, kemenerusan dari nilai *tilt derivative* negatif yang berasosiasi dengan lokasi dugaan patahan. Hal ini diperkuat dengan bukti peta geologi daerah penelitian (Asikin dkk, 1992) yang menunjukkan patahan yang terbukti (garis tegas) maupun yang masih terduga (garis putus-putus) seperti pada **Gambar 10**.

Beberapa dari patahan yang diinterpretasikan dari peta *tilt derivative* memiliki posisi dan orientasi yang hampir sama dengan posisi dan orientasi patahan pada peta geologi. Interpretasi patahan yang baru ini bahkan dapat meyakinkan patahan yang sebelumnya masih berupa dugaan (garis putus-putus), berdasarkan dari sifat fisisnya. Namun ada pula patahan yang orientasinya memiliki perbedaan cukup jauh dengan peta geologi, yang berada pada bagian tenggara. Ada pula patahan yang sama sekali tidak teridentifikasi berdasarkan nilai *tilt derivative* -nya, yang memanjang utara-selatan pada bagian tengah. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya offset patahan yang kecil pada batuan yang homogen, sehingga kontras nilai percepatan gravitasinya tidak dapat terdeteksi dengan baik



Gambar 10. Perbandingan interpretasi struktur patahan dari hasil *tilt derivative* dengan peta geologi

Interpretasi kemenerusan (*linement*) memperlihatkan 11 dugaan patahan dan 6 kelurusan batuan yang tersebar pada daerah penelitian. Keterdapatan dugaan patahan paling banyak berada pada daerah sungai Lok Ulo yang arahnya sebagian besar barat daya-timur laut. Untuk membuktikan kebenaran dugaan patahan atau kelurusan batuan, dilakukan pemodelan inversi 2,5D untuk mencocokkan dengan respon anomali gravitasi pada sayatan tersebut.

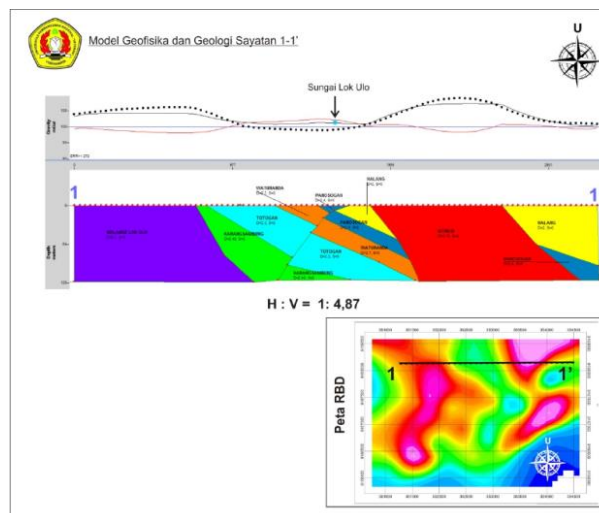
Pemodelan Bawah Permukaan

Untuk mengetahui gambaran litologi bawah permukaan, dilakukan pemodelan geofisika berdasarkan densitas batuan, dengan letak struktur (patahan) yang mengacu pada hasil analisa *tilt derivative*. Pemodelan dengan menyayat peta anomali residual sebanyak 3 sayatan yang relative berarah barat – timur.

a. Sayatan 1-1'

Profil sayatan 1-1' yang berarah barat timur menunjukkan nilai anomali gravitasi yang tinggi pada bagian barat dan timur dan rendah pada bagian tengahnya (**Gambar 11**). Pola kurva anomali gravitasi pada bagian barat memperlihatkan penurunan yang tiba-tiba, yang merupakan ciri adanya *semifinite horizontal sheet* (Telford, *et al*, 1990). Akan tetapi, pada penelitian ini tidak ditemukan adanya lapisan tipis yang terbatas menurut geologi lokalnya, sehingga penurunan kurva tersebut diinterpretasikan sebagai kontak antara batuan yang memiliki densitas tinggi dengan rendah. Pola kurva pada bagian tengah cenderung rata, namun hasil interpretasi peta *tilt derivative* menunjukkan adanya patahan pada sekitar meter ke 1.300 – 1.700, sehingga pada model digambarkan pula patahan tersebut. Pola kurva pada bagian timur menunjukkan bentuk seperti bukit yang menurut Telford, *et al* (1990) merupakan penciri adanya objek berbentuk silinder, bola ataupun *dike*.

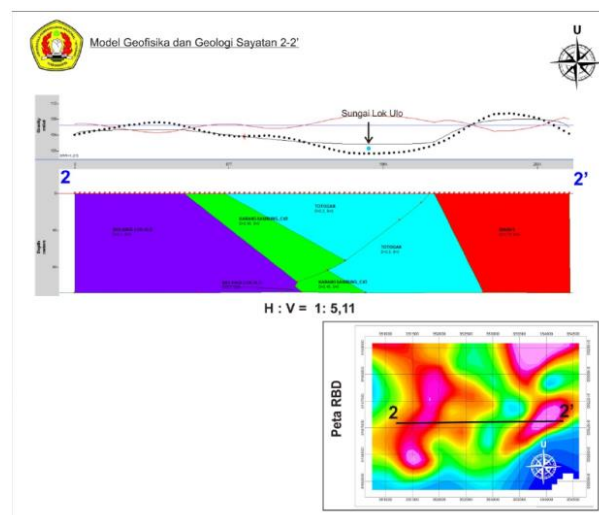
Hasil pemodelan menunjukkan anomali tinggi pada bagian barat berada di bawah pengaruh batuan kompleks *melange* Lok Ulo yang letaknya dangkal, dan memiliki densitas $3,1 \text{ gr/cm}^3$. Di atas *melange* Lok Ulo terendapkan Formasi Karang sambung ($2,45 \text{ gr/cm}^3$) secara selaras, kemudian Formasi Totogan ($2,3 \text{ gr/cm}^3$), Formasi Waturanda ($2,7 \text{ gr/cm}^3$), Formasi Panosogan ($2,4 \text{ gr/cm}^3$), dan tufa dari Formasi Halang ($1,2 \text{ gr/cm}^3$). Kesemua batuan tersebut diintrusi oleh batuan beku diabas yang memiliki densitas $3,75 \text{ gr/cm}^3$.



Gambar 11. Profil sayatan 1- 1'

b. Sayatan 2-2'

Profil sayatan 2-2' yang berarah barat timur menunjukkan nilai anomali gravitasi yang tinggi pada bagian barat, berangsur rendah di bagian tengahnya kemudian kembali tinggi pada bagian timur. Pola kurva anomali gravitasi pada bagian barat memperlihatkan yang merupakan nilai tinggi diduga sebagai kontak antara batuan yang memiliki densitas tinggi dengan yang lebih rendah dengan kemiringan lapisan yang tidak terlalu curam. Adanya pola kurva yang menurun landai dan bertahap, diinterpretasikan batuan bawah permukaannya memiliki densitas yang semakin rendah menuju ke arah Sungai Lok Ulo.

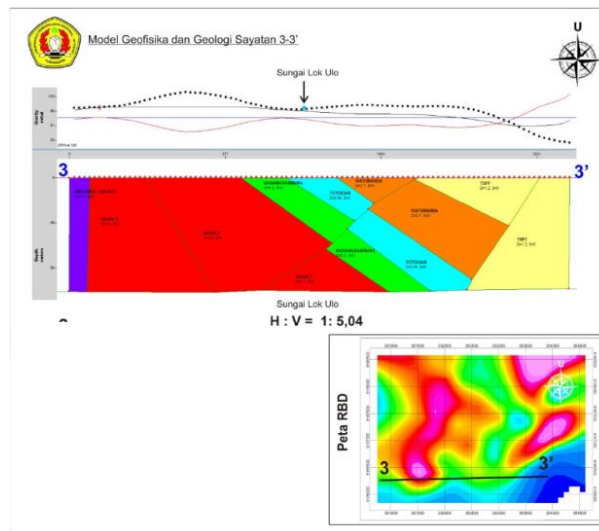


Gambar 12. Profil sayatan 2- 2'

Hasil dari pemodelan menunjukkan anomali tinggi pada bagian barat berada di bawah pengaruh batuan kompleks *melange* Lok Ulo yang letaknya dangkal, dengan densitas $3,1 \text{ gr/cm}^3$ (Gambar 12). Di atas *melange* Lok Ulo terendapkan Formasi Karangsembung ($2,45 \text{ gr/cm}^3$) dan, kemudian Formasi Totogan ($2,3 \text{ gr/cm}^3$) secara selaras. Terlihat posisi Formasi Totogan diintrusi oleh batuan beku diabas yang memiliki densitas $3,75 \text{ gr/cm}^3$ pada bagian timur.

c. Sayatan 3-3'

Profil sayatan 3-3' yang berarah barat-timur Hasil dari inversi, anomali tinggi pada bagian barat berada di bawah pengaruh batuan kompleks *melange* Lok Ulo ($3,1 \text{ gr/ cm}^3$) yang letaknya dangkal dengan inklusi batuan basalt dan rijang ($3,3 \text{ gr/ cm}^3$) (**Gambar 13**). Di atas *melange* Lok Ulo terendapkan Formasi Karangsambung ($2,45 \text{ gr/ cm}^3$), Formasi Totogan ($2,3 \text{ gr/ cm}^3$), Formasi Waturanda ($2,7 \text{ gr/ cm}^3$), Formasi Panosogan ($2,4 \text{ gr/ cm}^3$), tufa dari Formasi Halang ($1,2 \text{ gr/ cm}^3$).

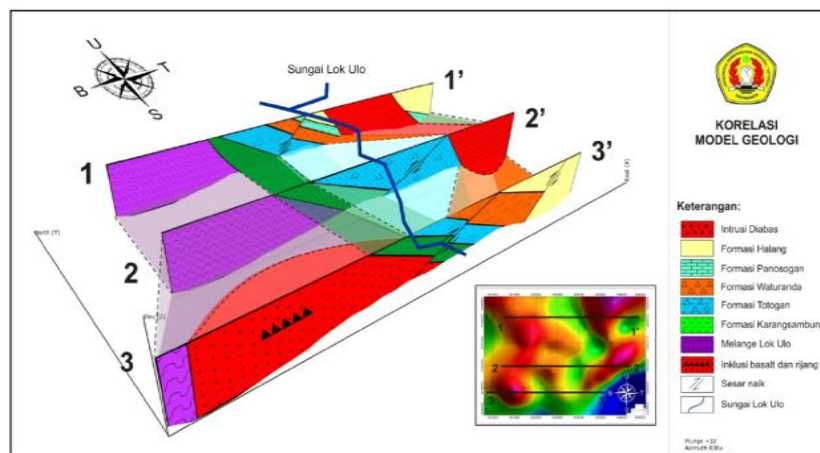


Gambar 13. Profil sayatan 3- 3'

d. Korelasi model geologi

Gambar 14 merupakan Korelasi model geologi memperlihatkan kompleks *melange* yang menerus ke selatan pada semua penampang, namun basalt dan rijang terlihat pada penampang 3-3' dan tidak terlihat lagi pada penampang 2-2'. Formasi Karangsambung dan Formasi Totogan menerus pada ketiga penampang dengan ketebalan yang tidak seragam. Formasi Waturanda terdapat pada penampang 1-1' dan 3-3' namun tidak hadir pada penampang 2-2'. Diperkirakan Formasi Waturanda pada posisi penampang 2-2' diintrusi oleh diabas melalui zona lemah pada patahan. Formasi Panosogan yang tipis terlihat tidak menerus ke arah selatan, namun Formasi Halang terendapkan dalam lapisan yang tebal pada penampang 1-1' dan 3-3'. Intrusi diabas yang nampak pada penampang 1-1' dan 2-2' namun tidak menerus pada penampang 3-3'. Diduga intrusi pada bagian selatan letaknya lebih dalam (lebih dari batas maksimum kedalaman; 120 m). Kenampakan tinggian topografi pada bagian tenggara meyakinkan adanya tubuh intrusi yang ada di dalamnya.

Patahan yang ada pada penampang model geologi diperkirakan sebagai patahan naik karena gaya kompresi yang kuat bekerja pada daerah pertemuan lempeng. Struktur ini mengontrol bentuk morfologi daerah penelitian serta arah aliran Sungai Lok Ulo. Diperkirakan patahan pada bagian sungai ini juga mengalami pergeseran secara horisontal sehingga membuat kelokan yang tajam pada sungai. Penentuan jenis sesar lebih akurat dilakukan dengan observasi geologi dengan melihat langsung blok patahan dan mengukur arah kekar-kekar yang menyertainya. Patahan pada bagian timur diperkirakan sebagai jalur terobosan diabas mengontrol adanya proses mineralisasi, yang menghasilkan densitas diabas yang lebih tinggi dari diabas murni. Dari korelasi pemodelan ini, memperjelas bahwa anomali tinggi pada peta residual yang terletak di bagian barat dipengaruhi oleh batuan dari *melange* Lok Ulo dan anomali tinggi pada bagian timur dipengaruhi oleh intrusi batuan beku diabas. Anomali rendah pada bagian sungai disebabkan karena batuan hasil sedimentasi.



Gambar 14. Korelasi model geologi

KESIMPULAN

1. Penelitian di daerah Lok ulo memperoleh respon kemenerusan nilai *tilt derivative* tinggi yang berasosiasi dengan kelurusan batuan serta kemenerusan nilai rendah yang berasosiasi dengan struktur patahan.
2. Lokasi patahan hasil analisis nilai *tilt derivative* dapat membuktikan dugaan patahan pada Peta Geologi Lembar Kebumen oleh Asikin, dkk (1992) serta memberikan dugaan patahan baru yang belum ada pada peta geologi tersebut.
3. Hasil dari pemodelan inversi 2,5D mengidentifikasi kompleks *melange* Lok Ulo dengan densitas $3,1 \text{ gr/cm}^3$ dan inklusi basalt dan rijang ($3,3 \text{ gr/cm}^3$), Formasi Karangsembung ($2,45 \text{ gr/cm}^3$), Formasi Totogan ($2,3 \text{ gr/cm}^3$), formasi Waturanda ($2,7 \text{ gr/cm}^3$) Formasi Waturanda ($2,7 \text{ gr/cm}^3$), Formasi Panosogan ($2,4 \text{ gr/cm}^3$), tufa dari Formasi Halang ($1,2 \text{ gr/cm}^3$). Patahan pada daerah penelitian memberikan celah terobosan diabas yang disertai dengan mineralisasi serta mengontrol aliran Sungai Lok Ulo.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Kami ucapkan terimakasih kepada LP2M UPN “Veteran” Yogyakarta atas pendanaan yang diberikan.
2. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) BIKK Karangsembung Kebumen sebagai mitra penelitian.
3. Jurusan Teknik Geofisika UPNV “Veteran” Yogyakarta atas dukungan fasilitas selama melaksanakan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Asikin, S. (1974). Evolusi Geologi Jawa Tengah dan Sekitarnya, Ditinjau dari Segi Teori Tektonik Dunia yang Baru. Bandung: *Disertasi Doktor*. Dept. Teknik Geologi ITB.
- Asikin, S., Handoyo, A., Busono, H., Gafoer, S., 1992. *Peta Geologi Lembar Kebumen, Jawa*. Badan Geologi, Bandung, Indonesia.
- Blakely, R. (1995). *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. USA: Cambridge University Press.

- Cordell, L., and Grauch, V.J.S.: Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan Basin, New Mexico, in Hinze, William J. (ed), The utility of regional gravity and magnetic anomaly maps: *Society of Exploration Geophysicists*, Tulsa, Oklahoma, (1985). pp. 181-197
- Dampney, C.N.G., 1969, The Equivalent Source Technique, *Geophysics* Vol.34, no.1, P. 39 – 35.
- Grant, F. S and G. F., West. (1965). *Interpretation theory in applied geophysics*. New York: McGraw - Hill Inc.
- Hamilton. (1979). *Tectonics of the Indonesian region*. Reston: U.S. Govt. Print. Off.,.
- Hidayat, W. (2012). Regional Structure Modelling at Menggala and Its Surrounding Area. *First Earth Science International Seminar UPN "Veteran" Yogyakarta* (hal. 282 - 293). Yogyakarta: UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Lilie J., R. (1999). *Whole Earth Geophysics: An Introductory textbook for geologists and geophysicists*. London: Prentice Hall, Inc.
- Miller, H.G. and V. Singh 1994. Potential-field tilt - a new concept for location of potential-field sources. *Journal of Applied Geophysics*, v. 32, p. 213-217.
- Parkinson, C.D., Miyazaki, K., Akita, K., Barber, A.J., and Carswell, D.A., 1998. An Overview and Tectonic Synthesis of The Prae-Tertiary Very High Pressure Metamorphic and Associated Rocks of Java, Sulawesi and Kalimantan, Indonesia. *The Island Arc*, Volume7, Pages 184-200.
- Prasetyadi, C., 2011. Evolusi Tektonik Paleogen Jawa Bagian Timur. *Disertasi Jurusan Teknik Geologi ITB*. Tidak dipublikasikan
- Suparka, ME., 1988 Studi Petrologi dan Pola Kimia Kompleks Ofiolit Karangsembung Utara Luk Ulo, Jawa Tengah. *Disertasi Jurusan Teknik Geologi ITB*. Tidak dipublikasikan
- Telford, M. W., Gerdart, L. P., Sheriff, R. E, Keys, D. A., 1976, *Applied Geophysics Second Edition*, Cambridge University Press.

PENGARUH BERBAGAI FORMULA PUPUK BIO-ORGANO MINERAL TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG

R. Agus Widodo, Didi Saidi, Djoko Mulyanto

Program Studi Ilmu Tanah Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian UPN “Veteran” Yogyakarta

Email : r_aguswid@upnyk.ac.id

ABSTRACT

The demand of chemical fertilizers increase continuously, but the availability and high prices are obstacles to achieving optimal agricultural production. On the other hand, the dose of fertilizer that must be given per unit area continues to increase due to land degradation due to excessive use of chemicals without organic fertilizer. Organic giving is felt to be unable to meet the nutrient requirements needed by plants. Bio organo mineral fertilizer is an organic fertilizer enriched with agricultural mineral materials. This study aims to determine the effect of bio-organomineral fertilizer on various formulas on the growth of corn plants. The study was conducted with experiments arranged in a randomized design complete with the treatment of 7 kinds of bio organo mineral fertilizers of various formulas and controls. Research parameters included plant height, stem diameter and number of leaves. The results showed that various bio organo mineral fertilizers had a significant effect on plant height and stem diameter, but were not significantly different from the number of leaves. The best fertilizer based on plant growth is bio-organomineral fertilizer with formula P4 (65% straw; 15% chicken manure; 20% agromineral material (Zeolite: Feldspar: Phosphate rock = 1: 1: 2)

Keywords: *Bio organo mineral fertilizer, Entisol, Rock Phosphate, Zeolite, Feldspar*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh kadar unsur tersedia di dalam tanah. Tanah Entisol merupakan jenis tanah yang umumnya mempunyai karakteristik miskin akan unsur hara yang berkaitan dengan sifat fisikokimia tanah ini. Untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman maka diperlukan pemupukan.

Penggunaan pupuk di lapangan sering terkendala oleh tingginya harga dan kelangkaan pupuk kimia. Selain itu, pupuk kimia mempunyai tingkat efisiensi yang rendah. Sebaliknya, pupuk organik mempunyai respon yang lambat terhadap pertumbuhan tanaman karena rendahnya kandungan unsur hara dan lambatnya proses status perubahannya menjadi tersedia. Namun demikian penggunaan pupuk organik mempunyai pengaruh yang baik dalam jangka panjang. Penurunan tingkat produksi tanaman yang terus berlanjut saat ini, diakibatkan karena rendahnya kandungan bahan organik dalam tanah. Apabila hal ini terus dibiarkan maka akan mengakibatkan kerusakan lahan sehingga dosis pupuk diberikan akar terus meningkat.

Dari permasalahan tersebut di atas maka pemupukan yang diberikan selain bertujuan memberikan menambah unsur hara juga bertujuan untuk memperbaiki sifat baik sifat fisika, kimia dan biologi. Salah satu solusi yang diharapkan bisa mengatasi permasalahan tersebut di atas adalah mengkombinasikan antara bahan organik dan bahan mineral untuk sehingga pemupukannya menjadi lebih efisien. Oleh karena itu bahan pupuk yang dibuat harus dapat memanfaatkan bahan-bahan yang mudah diperoleh seperti jerami dan bahan agromineral lokal.

Untuk mempercepat proses dekomposisi bahan organik dan proses pelarutan agromineral perlu ditambahkan mikroorganisme. Produk bahan organik yang diperkaya dengan bahan agromineral dan mikroorganisme ini yang disebut pupuk bio organo mineral.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pupuk bio organo mineral terhadap pertumbuhan tanaman. Tanah yang digunakan merupakan jenis tanah marginal yang kandungan unsur hara terbatas.

KAJIAN PUSTAKA

Pupuk bio organomineral yang digunakan merupakan pupuk organik yang berbahan utama jerami padi. Bahan ini menjadi pilihan karena potensi ketersediaannya yang cukup besar dan pemanfaatannya bagi pertanian masih belum optimal. Selain itu jerami padi mengandung kalium yang cukup tinggi. Dalam penelitian Ponnampurna (1984), dilaporkan bahwa jerami padi mengandung sekitar 0,6% N, 0,1% P, 0,1% S, 1,5% K, 5 % Si, dan 40% C. Karakteristik kimia padi yang memiliki nisbah C/N tinggi, menyebabkan bahan ini agak sulit untuk terdekomposisi. Oleh karena itu pemanfaatannya harus melalui proses pengomposan terlebih dahulu.

Pupuk bio organo mineral merupakan pupuk organik yang diperkaya kandungan haranya dengan menambahkan bahan-bahan agromineral seperti batuan fosfat (Rock Phosphate), Zeolit dan Feldspar. Kecuali itu adanya mikrobia berperan penting dalam proses dekomposisi dan mineralisasi bahan organik dan pelarutan agromineral. Ketiga bahan tersebut diharapkan bisa bersinergi menjadi satu kesatuan bahan yang bisa memberikan nutrisi khususnya P dan K, serta N secara perlahan sesuai dengan kebutuhan tumbuh tanaman. Disamping ketiga unsur utama tersebut, pupuk bio organo mineral juga akan memberikan basa-basa khususnya Ca, Na, dan Mg sehingga akan berdampak positif menaikkan pH tanah. Mineral zeolite dan bahan organik yang terkomposkan akan menaikkan kapasitas pertukaran kation (KPK).

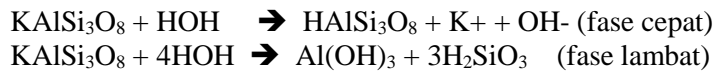
Batuan fosfat (*rock phosphate*) mudah ditemukan di beberapa wilayah khususnya di Pulau Jawa. Batuan tersebut dapat sebagai sumber fosfat yang sangat dibutuhkan tanaman, namun kelarutannya sangat rendah. Beberapa peneliti antara lain (Sudadi *dkk.*, 2013) telah menunjukkan pentingnya peran mikroorganisme tanah dalam pelarutan fosfor dari batuan fosfat.

Zeolite clinoptilolite sebagai agromineral sumber K disamping mineral yang lain seperti *feldspar*, *schists*, *mica (biotite dan phlogopite)* dan mineral lempung (*illite dan glauconite*). *Zeolite clinoptilolite* banyak mengandung kation basa terutama kalsium, kalium, natrium dan magnesium, hal ini sangat menguntungkan untuk tanah mineral masam yang tersebar luas di Indonesia. Mulyanto dan Ratih (2014) telah mengidentifikasi mineral zeolite Wonosari-Gunungkidul dengan XRD sebagai *zeolite clinoptilolite* dan kandungan unsurnya dengan XRF, yakni mengandung 3,02% K, sehingga cukup baik untuk digunakan sebagai sumber K pupuk bio organo mineral.

Pemanfaatan zeolite sebagai agromineral telah dianjurkan oleh Martins *et al.* pada Kongres Pupuk Dunia tahun 2014 di Brazil. Hasil penelitian Mulyanto dan Ratih (2014) juga menunjukkan bahwa kandungan zeolite lokal dari Gunungkidul mengandung kalium 3,02%. Leggo (2014) telah meneliti tentang pupuk zeolite-bahan organik untuk perbaikan sifat-sifat tanah, yakni dapat meminimalkan kendala-kendala tanah untuk menopang pertumbuhan tanaman. Selanjutnya, hasil penelitian Pickering *et al.* (2002) menunjukkan bahwa percampuran kedua bahan tersebut dapat mempercepat larutnya fosfor dari batuan fosfat. Hasil penelitian Kharisun *dkk* (2012) menunjukkan bahwa pupuk kompos yang diperkaya BFA dan K-feldspar yang mempunyai kualitas baik terutama pada pupuk kompos yang diberikan BFA dan K-feldspar sebesar 80% dan 20% dan 60% dan 40%. Selanjutnya hasil penelitian Mulyanto *et al.* (2016) menunjukkan bahwa pupuk dengan komposisi Jerami + 15% pupuk kandang ayam + 20% bahan agromineral (zeolite : batuan fosfat : feldspar=2:1:1) + 10% glirisida dengan ditambah mikroorganisme pelarut P dan K merupakan komposisi yang paling baik. Hasil penelitian Santi

dan Goenadi (2009; 2012) menemukan mikroorganisme pelarut fosfat dan kalium yaitu bakteri *Pantoea dispersa* dan *Pseudomonas fluorescent*, dan jamur *Trichoderma polysporum*.

Pratiwa (2014) menyatakan bahwa asam-asam yang penting pada hidrolisis kalium adalah H_2CO_3 dan asam-asam organik hasil dekomposisi bahan organik tanah. Abstraksi proses hidrolisis dari mineral primer feldspar adalah sebagai berikut:



Penambahan H^+ mempercepat pembebasan K^+ dan merusak ikatan Al - O ; Al yang dibebaskan membentuk gugusan OH_2 koordinasi -4.

Pada dasarnya unsur Kalium (K) dalam tanah berasal dari: mineral-mineral yang terdiri dari primer tanah seperti: feldspar (sumber utama) sebanyak 16 %, mika 5,2 % (terbagi dalam bentuk biotit sebanyak 3,8 % dan muskovit sebanyak 1,4 %); mineral sekunder: illit (hidrous mika), vermikulit, khlorit, dan mineral tipe campuran

Leggo (2014) juga menyarankan penggunaan zeolite dan bahan organik untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman pada lahan marginal, karena bisa menekan kehilangan nitrogen dan meningkatkan kualitas dan kesehatan tanah. Selain itu, kandungan P dalam jerami yang cukup rendah dapat ditingkatkan dengan penambahan tepung batuan fosfat.

Penambahan mikroorganisme dalam pupuk bio-organo mineral selain mempercepat kelarutan bahan agromineral juga dapat meningkatkan serapan hara oleh akar, sehingga diharapkan secara keseluruhan penggunaan pupuk tersebut jauh lebih efisien dibandingkan pupuk kimia. Pupuk bio-organo mineral ini diharapkan bisa menyediakan pupuk dengan kandungan hara tanaman cukup dan pelepasannya sesuai dengan kebutuhan tanaman sehingga efisiensi pemupukan dapat meningkat.

METODE PENELITIAN

Penelitian akan dilakukan di kebun percobaan Fakultas Pertanian UPN “Veteran” Yogyakarta. Pelaksanaan dimulai bulan Maret 2017 – bulan Oktober 2017. Penelitian ini merupakan uji lapangan formula produk pupuk Bio-organo mineral yang dihasilkan dari Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2016. Uji lapangan dilakukan dengan melakukan percobaan yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap dengan faktor perlakuan seperti dalam tabel 1

Percobaan menggunakan tanah Entisol sebanyak 15 kg dengan ditambah Bio organo mineral dari beberapa komposisi mineral dengan dosis 20 ton per ha atau setara dengan 125 g per pot. Setelah disiram, tanah diinkubasi selama 7 hari. Selanjutnya tanah ditanami dengan tanaman jagung. Pengamatan pertumbuhan dilakukan pada 45 hari setelah tanam. Parameter meliputi : tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun. Data dianalisis keragamannya. Apabila berbeda nyata selanjutnya di uji beda rerata dengan Duncans Multiple Range Test dengan jenjang nyata 5 % .

Tabel 1. Perlakuan uji Pupuk bio organo mineral yang berbeda formula

Perlakuan	Keterangan
P ₀	Tanpa diberi pupuk
P ₁	Dipupuk dengan Bio-organo mineral (Pukan ayam dosis 15%; tanpa bahan mineral)
P ₂	Dipupuk dengan Bio-organo mineral (jerami; 15% pukan ayam; Zeolit : Feldspar : Batuan Fosfat = 2:1:1)
P ₃	Dipupuk dengan Bio-organo mineral (jerami; 15% pukan ayam; Zeolit : Feldspar : Batuan Fosfat = 1:2:1)
P ₄	Dipupuk dengan Bio-organo mineral (jerami; 15% pukan ayam; Zeolit : Feldspar : Batuan Fosfat = 1:1:2)
P ₅	Dipupuk dengan Bio-organo mineral (jerami; 15% pukan ayam; tanpa bahan mineral)
P ₆	Dipupuk dengan Bio-organo mineral ((jerami; 15% pukan sapi; Zeolit: Feldspar: Batuan Fosfat = 2:1:1)
P ₇	Dipupuk dengan Bio-organo mineral (jerami; 15% pukan sapi; Zeolit: Feldspar: Batuan Fosfat = 1:2:1)
P ₈	Dipupuk dengan Bio-organo mineral (jerami; 15% pukan sapi; Zeolit: Feldspar: Batuan Fosfat = 1:1:2)

Setiap kombinasi perlakuan di ulang sebanyak 3 kali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh kesuburan kimia, kesuburan fisika dan kesuburan biologi tanah. Dalam penelitian uji lapangan menggunakan tanah Entisol Kebun Praktek Fakultas UPN “Veteran” Yogyakarta yang pada umumnya mempunyai kandungan unsur hara tersedia bagi tanaman yang rendah. Dengan menggunakan tanah ini diharapkan uji pengaruh pemberian pupuk bio organo mineral terhadap pertumbuhan tanaman dapat teramati dengan lebih baik. Hasil pengamatan pengaruh pemberian pupuk terhadap pertumbuhan tanaman jagung dapat dilihat pada tabel 2.

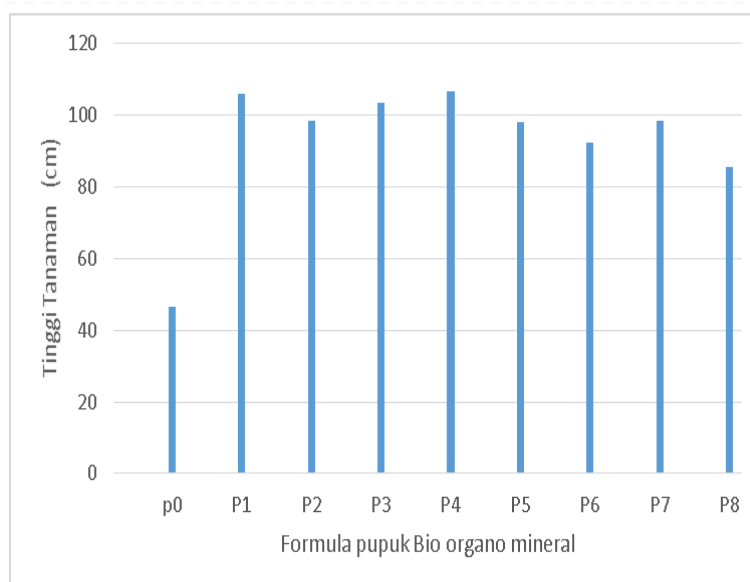
Hasil sidik ragam percobaan menunjukkan bahwa pupuk bio organo mineral berbagai formula berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman jagung pada umur 45 hari setelah tanaman (Tabel 2). Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa tinggi tanaman pada perlakuan pupuk bio organo mineral berbeda nyata dengan kontrol (P₀). Tinggi tanaman jagung akibat penambahan pupuk bio organo mineral terlihat pada gambar 1. Dari gambar 1 terlihat bahwa pemberian pupuk bio organo mineral formula P₄ memberikan tinggi tanaman yang terbaik. Hal ini diduga disebabkan pemberian pupuk bio organo mineral memberi pengaruh terhadap peningkatan kadar unsur hara di dalam tanah. Selain itu pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh kemampuan tanaman menyerap unsur hara. Pemberian pupuk bio organo mineral dapat berpengaruh pada kesuburan kimia tanah Peningkatan kandungan unsur hara dalam tanah akibat pemberian pupuk bio organo mineral diduga berasal dari proses mineralisasi maupun dari proses pelarutan dari bahan mineral yang terdapat dalam pupuk. Batuan fosfat yang merupakan salah satu komponen terdapat dalam pupuk bio organo mineral merupakan sumber unsur hara P yang belum tersedia bagi tanaman. Adanya jerami dan pupuk kandang yang ada berperan penting

dalam proses perubahan P tidak tersedia menjadi P yang tersedia bagi tanaman. Hasil penelitian Abbasi *et al.* (2015) menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan pupuk kandang ayam dan batuan fosfat dengan perbandingan 1 : 1 dengan penambahan bakteri pelarut fosfat mampu melepaskan P besar 25 mg/kg⁻¹ setelah inkubasi (hari 60). Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi tersebut dapat menjadi pilihan yang layak untuk melepaskan P dari batuan fosfat yang tidak dapat larut untuk periode yang lebih lama.

Hakim *et al.*, (1986) menyatakan bahwa bahan organik merupakan bahan penting dalam menciptakan kesuburan tanah. Tanaman yang tidak diberi kompos pertumbuhan tanaman kurang baik, karena pada tanah tersebut tidak ada perbaikan sifat fisik, Kandungan bahan organik yang terdapat dalam pupuk ini juga dapat meningkatkan daya simpan unsur hara di samping peranannya dalam penyediaan unsur hara. kimia dan biologi tanah.

Tabel 2. Rerata hasil pengukuran pertumbuhan tanaman jagung pada berbagai perlakuan pupuk bio organo mineral

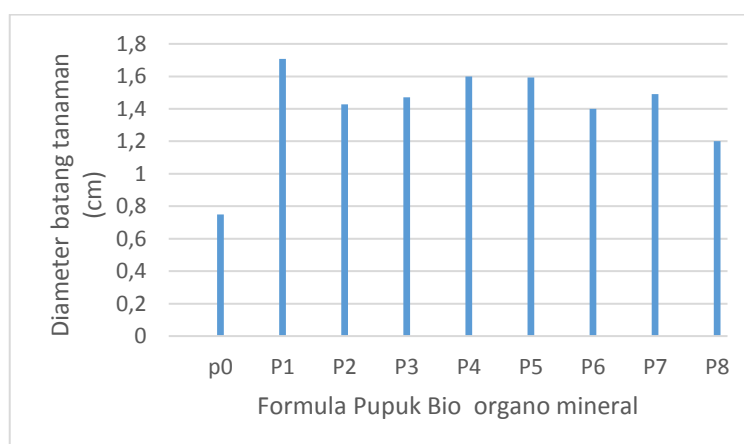
Perlakuan	Parameter pertumbuhan					
	tinggi tanaman (cm)		Diameter (cm)		Jumlah daun	
P0	46.50	a	0.75	a	7.00	a
P1	106.17	c	1.71	c	7.00	a
P2	98.33	bc	1.43	abc	9.33	b
P3	103.33	c	1.47	bc	10.00	b
P4	106.67	c	1.60	c	10.00	b
P5	98.00	bc	1.59	c	9.67	b
P6	92.50	bc	1.40	abc	9.33	b
P7	98.33	bc	1.49	bc	9.33	b
P8	85.50	b	1.20	ab	9.33	b



Gambar 1. Pengaruh berbagai formula pupuk bio organo mineral terhadap tinggi tanaman jagung pada 45 hari setelah tanam

Pertumbuhan juga dapat dilihat dari diameter batang tanaman jagung. Hasil sidik ragam pengukuran diameter batang tanaman jagung menunjukkan bahwa pemberian pupuk bio organo mineral berpengaruh sangat nyata pada diameter tanaman. Secara umum terlihat adanya perbedaan diameter batang pada tanaman yang diberi pupuk formula bio organo mineral berbagai formula dan kontrol. Pengaruh penambahan pupuk ini pada diameter batang tanaman dapat dilihat pada gambar 2.

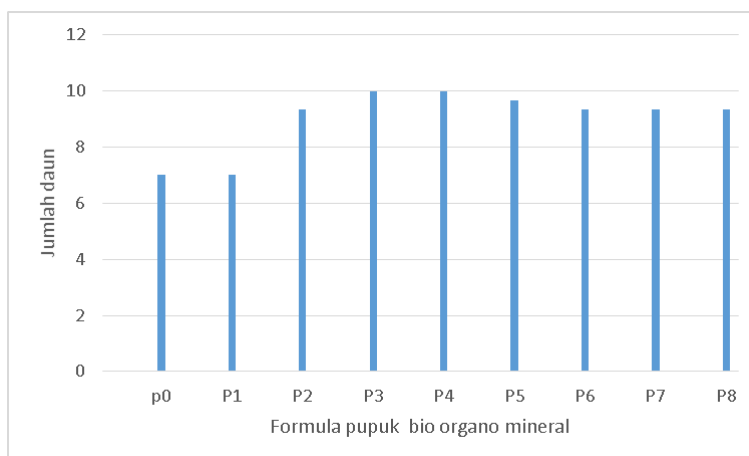
Adanya perbedaan diameter batang tanaman jagung mungkin disebabkan adanya perbedaan kandungan unsur hara dalam tanah yang diakibatkan perlakuan pupuk bio organo mineral yang ditambahkan. Efektivitas pupuk dalam meningkatkan kandungan unsur hara tersedia tanah dipengaruhi kandungan unsur dalam mineral pengkaya dalam pupuk. Pada perlakuan P0 (kontrol), P2 dan P6 menunjukkan tidak berbeda nyata. Hal ini diduga disebabkan perlakuan formula pupuk dengan zeolit lebih banyak menyebabkan unsur hara yang terlepas selama proses mineralisasi dan pelarutan segera diikat oleh zeolit sehingga ketersediaan unsur haranya menjadi berkurang. Selain itu, keberadaan jenis dan jumlah populasi mikroorganisme dalam pupuk kandang dan tanah yang berperan dalam proses pelarutan mineral menjadi tersedia unsur hara tersedia terhambat oleh zeolit.



Gambar 2. Pengaruh berbagai formula pupuk bio organo mineral terhadap diameter batang tanaman jagung pada 45 hari setelah tanam

Daun merupakan bagian penting pada tanaman karena disinilah proses fotosintesis berlangsung. Jumlah daun yang terbatas mengakibatkan proses fotosintesis tanaman tidak bisa optimal sehingga dapat mengakibatkan karbohidrat yang terbentuk menjadi kurang. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk bio-organo mineral berbeda formula berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman jagung. Formula pupuk P0 dan P1 tidak menunjukkan adanya perbedaan, sedangkan formula pupuk lainnya memberikan pengaruh yang sama namun lebih baik dibandingkan dengan perlakuan formula P0 dan P1 seperti terlihat pada gambar 2 dan tabel 2. Pupuk bio organo mineral merupakan pupuk yang diformulasi dari bahan organik jerami, dan bahan agromineral. Adanya perbedaan diduga disebabkan adanya perbedaan kandungan unsur hara tersedia dalam tanah akibat pupuk bio-organo mineral yang berbeda komposisi. Di dalam tanah bahan-bahan tersebut akan bereaksi dengan komponen-komponen lain dalam tanah sehingga pengaruhnya di dalam menjadi sangat kompleks.

Pada perlakuan P0 dan P1 tidak ditambahkan dengan bahan agromineral sehingga kandungan hara tersediannya lebih sedikit dibandingkan formula yang ada tambahan mineralnya. Hasil ini sesuai dengan penelitian Kharisun *et al.* (2012) menunjukkan bahwa pupuk kompos diperkaya batuan fosfat alam dan K-feldspar yang mempunyai kualitas baik terutama pada pupuk kompos yang diberikan batuan fosfat alam dan K-feldspar sebesar 80% dan 20% dan 60% dan 40% .



Gambar 3. Pengaruh berbagai formula pupuk bio organo mineral terhadap jumlah daun tanaman jagung pada 45 hari setelah tanam

Kendala utama tanah Entisol adalah ketersediaan unsur K dalam tanah. Menurut Hakim *et al.* (1986) menyatakan bahwa peranan unsur K bagi tanaman sangat penting dalam setiap proses melabolisme dalam tanaman yaitu dalam sintesis dari asam amino dan protein dari ion-ion amonium, dalam proses fotosintesis, sebab apabila terjadi kekurangan kalium dalam daun, maka kecepatan asimilasi karbondioksida (CO_2) akan turun. Selanjutnya, menurut Hussain *et al.* (2015), pemupukan kalium meningkatkan parameter pertumbuhan secara signifikan. Aplikasi kalium pada tingkat 100 kg ha^{-1} meningkatkan semua parameter yang terkait pertumbuhan secara signifikan

Dari pembahasan di atas menunjukkan bahwa tanaman belum mencapai pertumbuhan yang optimal. Hal ini dapat dilihat dari capaian tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun tanaman. Hal ini diduga karena dosis pupuk bio-organo mineral yang diberikan belum optimal. Selain itu, diduga bahwa mikroorganisme yang terkandung dalam pupuk tidak cukup efektif dalam melarutkan agromineral sehingga ketersediaan hara dalam tanah masih terbatas. Namun demikian pupuk ini memberikan pengaruh meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung. Kandungan pupuk bio organo mineral belum dapat disetarakan dengan kandungan unsur tersedia dalam pupuk kimia.

Penambahan mikroorganisme pelarut P dan K yang efektif masih sangat diperlukan untuk mempercepat laju pelarutan. Menurut Abbasi dan Manzoor (2018), bakteri pelarut fosfat dapat membebaskan P tidak tersedia dalam sumber P menjadi P yang tersedia dalam tanah melalui pengaruh pelarutan dan pengasaman. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan P disebabkan karena bakteri pelarut fosfat dalam tanah dan pupuk kandang ayam sehingga efisiensinya meningkat karena pelarutan. Selanjutnya menurut Pratiwa (2014) menyatakan bahwa asam-asam yang penting pada hidrolisis kalium adalah H_2CO_3 dan asam-asam organik hasil dekomposisi bahan organik tanah. Penambahan H^+ mempercepat pembebasan K^+ dan merusak ikatan Al-O ; Al yang dibebaskan membentuk gugusan OH_2 koordinasi -4. Hasil penelitian Kaur dan Reddy (2015) menunjukkan bahwa inokulasi bakteri pelarut fosfat dan pupuk batuan

fosfat dapat mensubstitusi penggunaan pupuk fosfat kimia dalam sistim pertanian berkelanjutan.

KESIMPULAN

Pupuk Bio organo mineral merupakan pupuk organik yang diperkaya dengan bahan agromineral lokal sehingga kandungan unsur hara menjadi lebih tinggi dibandingkan pupuk organik biasa. Uji lapangan produk pupuk bio agro mineral berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun, namun tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang tanaman jagung. Formulasi pupuk bio organo mineral yang paling baik adalah P4 (65% jerami; 15% pupuk kandang ayam; 20% bahan agromineral (Zeolit : Feldspar : Batuan Fosfat = 1:1:2).

REFERENSI

- Abbasi, M.K., N. Musa, and M. Manzoor . 2015. Mineralization of soluble P fertilizers and insoluble rock phosphate in response to phosphate-solubilizing bacteria and poultry manure and their effect on the growth and P utilization efficiency of chilli (*Capsicum annuum* L.). *Biogeosciences*, 12, 4607–4619, 2015 www.biogeosciences.net/12/4607/2015/
- Abbasi, M.,K dan M. Manzoor . 2018. Biosolubilization of phosphorus from rock phosphate and other P fertilizers in response to phosphate solubilizing bacteria and poultry manure in a silt loam calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. Volume181, Issue3 June 2018. <https://doi.org/10.1002/jpln.201800012>
- Hakim, N. Y., Nyakpa, A.M., Lubis, S., Ghani, R., Saul, A., Diha, G.B. Hong dan H.H. Barley. 1986. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- Hussain, A, M. Arshad, Z. Ahmad, H.T. Ahmad, M. Afzal, M. Ahmad. 2015. Potassium Fertilization Influences Growth, Physiology And Nutrients Uptake Of Maize (*Zea Mays* L.) Potassium Fertilization And Maize Physiology. *Cercetări Agronomice în Moldova* Vol. XLVIII , No. 1 (161)
- Kaur, G. M. Dan S. Reddy .2015. Effects of Phosphate-Solubilizing Bacteria, Rock Phosphate and Chemical Fertilizers on Maize-Wheat Cropping Cycle and Economics. *Pedosphere* Volume 25, Issue 3, June 2015, Pages 428-437 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1002016015300102>
- Kharisun, T. Ariati, J. Maryanto, Sisno, dan R. A. A. Putri. 2012. Karakterisasi Pupuk Organik Dan Pupuk Organik Yang Diperkaya Dengan Batuan Fosfat Dan K-Felspar. *Prosiding Seminar Nasional: Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan II* Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman II Purwokerto, 27-28 Nopember 2012
- Leggo, PJ. 2014. The Organo-Zeolitic-Soil System: A Comprehensive Fertilizer. *International Journal of Waste* 4:3 . <http://dx.doi.org/10.4172/2252-5211.1000156>.
- Martins EDS., CAP Silveira, AL Bamberg, R. Martinazzo, M Bergmann, and RS Angelica. 2014. Silicate Agrominerals as Nutrient Sources and as Soil Conditioners for Tropical Agriculture. 16 th World Fertilizer Congress of CIEC.
- Mulyanto, D. dan Y.W. Ratih. 2014. Manipulasi Muatan Zeolite Alam sebagai Adsorben untuk Menjerap Khromium dalam Limbah Industri. *Prosiding Seminar Nasional Agro Industri*. Fakultas Pertanian UPNVY.
- Mulyanto, D., M. H. Kusnadi, D. Saidi, R. A. Widodo. 2016. Inovasi Pembuatan Pupuk Bio Organo Mineral Untuk Meningkatkan Produksi Padi Gogo Organik. Laporan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi.
- Murbandono, LHS. 2005 (Edisi Revisi). *Membuat Kompos*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Pickering, HW., NW Menzies, dan MN Hunter. 2002. Zeolite/Rock Phosphate – Novel Slow Release Phosphorus Fertilizer for Potten Plant Production. *Scientia Horticulture*. 94: 333-

343.

- Poerwowidodo. 1992. Metode Selidik Tanah. Usaha Nasional. Surabaya.
- Ponnamperuma, F.N. 1984. Role of cultivar tolerance increasing rice production in saline lands
In: RC. Staples and G.H. Toemnniessen (Eds.), Salinity Tolerance in Plants. Willey-
Interscience, New York. PP 255-271.
- Pratiwa, R. S. 2014. Peran Unsur Hara Kalium (K) Bagi Tanaman. [http://www.bbpp-
lembang.info/index.php/arsip/artikel/artikel-pertanian/833-peran-unsur-hara-kalium-k-
bagi-tanaman?tmpl=component&print=1&page=](http://www.bbpp-lembang.info/index.php/arsip/artikel/artikel-pertanian/833-peran-unsur-hara-kalium-k-bagi-tanaman?tmpl=component&print=1&page=)
- Santi LP, Goenadi DH. 2012. The effectiveness of bio-activated potassium-bearing mineral for K
fertilizer substitute. *Menara Perkebunan* 80(1): 41-47.
- Sudadi, H Widijanto, dan L.H.E. Putri, 2013. Isolasi Mikroba Asli Tanah Andisol Dieng dan
Kajian Potensinya sebagai Inokulan Pupuk Hayati Pelarut Fosfat. *Sains Tanah – Jurnal
Ilmu Tanah dan Agroklimatologi* 10 (2): 81-89.
- Sutanto, R., 2002. Penerapan Pertanian Organik. Pemasyarakatan dan pengembangannya.
Kanisius. Yogyakarta.

UNMANNED AERIAL VEHICLE PHOTOGRAMMETRY
DALAM PEMETAAN TOPOGRAFI PETA SKALA KECIL
(STUDI KASUS : DUSUN BOPONGAN PANDEYAN, BANGUNHARJO, BANTUL)

Oktavia Dewi Alfiani*, Budi Santosa**

* Teknik Geomatika, UPN “Veteran” Yogyakarta

** Teknik Informatika, UPN “Veteran” Yogyakarta

ABSTRACT

Kemudahan akses informasi adalah kunci yang terus dikembangkan oleh pembuat aplikasi dalam perkembangan teknologi saat ini. Hal tersebut menuntut untuk pemberi informasi bekerja lebih cepat dan tepat dalam memenuhi kebutuhan yang ada. Kemudahan akses harus diimbangi dengan sistem yang lebih baik, salah satunya dengan menggunakan Peta Tiga Dimensi. Dalam upaya mengelola sumberdaya yang ada dengan efisien serta memberikan kemudahan mengakses informasi peta tiga dimensi dengan melakukan pemetaan topografi yang lebih efisien. Dengan memanfaatkan wahana UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Photogrammetry dengan drone yang menghasilkan aerial data sebagai dasar untuk pembangunan peta tiga dimensi, peta yang dihasilkan dapat menunjukkan kedetailan peta dengan lebih baik dan dalam waktu yang lebih cepat.

Keyword: *uav, drone, pemetaan topografi*

LATAR BELAKANG

Peta topografi adalah peta yang menggambarkan relief permukaan bumi atau tanah yang dinyatakan dengan garis ketinggian (kontur) memperlihatkan unsur-unsur asli atau alam dan unsur-unsur buatan manusia seperti jalan, bangunan, sungai, saluran dan lain sebagainya diatas muka bumi ini. Unsur-unsur tersebut dapat dikenal (diidentifikasi) dan pada umumnya diusahakan untuk diperlihatkan pada posisi sebenarnya.

Peta topografi disebut juga sebagai peta umum (bersifat umum) sebab dalam peta topografi tersebut unsur-unsur yang disajikan bukan hanya satu jenis saja, tetapi justru dicoba untuk menyajikan semua unsur yang ada pada permukaan bumi ini. Penyajian tersebut sudah tentu dengan memperhitungkan skala. Jadi peta topografi dapat digunakan untuk bermacam-macam tujuan dimana peta topografi dikenal sebagai peta dasar yang digunakan sebagai sarana perencanaan umum untuk suatu pekerjaan perencanaan pengembangan suatu wilayah termasuk di dalamnya untuk kebutuhan eksplorasi migas.

Untuk dapat menghasilkan peta topografi dapat digunakan beberapa metoda, diantaranya:

1. Pemetaan terestris menggunakan alat *total station*, *waterpass*, *GPS-RTK*.
2. *Large Format Photogrammetry*
3. *LIDAR*
4. *Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Photogrammetry*
5. Perpaduan beberapa metode.

Setiap metoda memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Untuk dapat

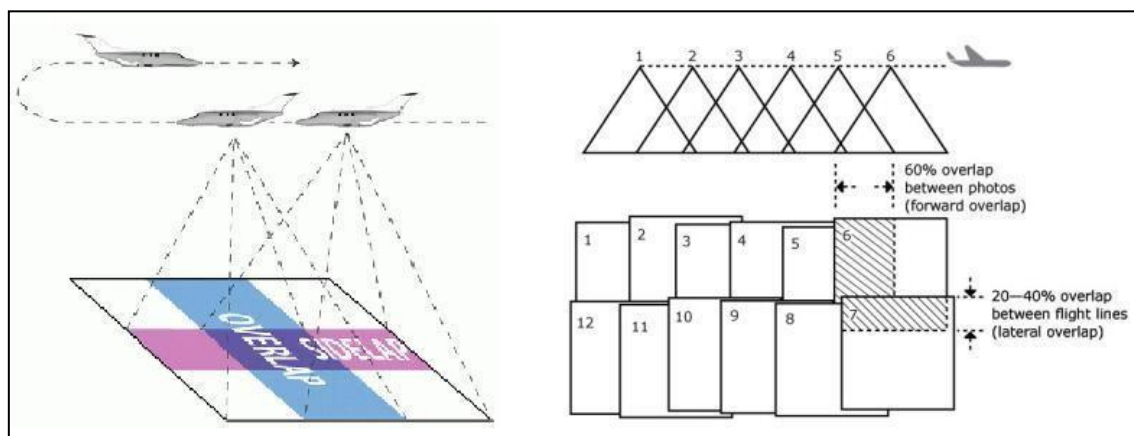
menghasilkan peta topografi dengan biaya yang lebih hemat dan ketelitian sedang, dapat digunakan perpaduan metoda, yaitu metoda terestris dan UAV Photogrammetry.

Fotogrametri merupakan seni, ilmu pengetahuan dan teknologi untuk memperoleh suatu informasi yang dapat dipercaya mengenai benda-benda fisik melalui proses, pencatatan, pengukuran, dan penafsiran gambar fotografi dan pola energi radiasi elektromagnetik yang terekam (Slama, 1980).

Perekaman di udara dapat dilakukan dengan menggunakan wahana berupa pesawat udara berawak, pesawat udara tidak berawak, balon udara dan lain sebagainya. Pemilihan wahana ini perlu disesuaikan dengan tujuan pembuatan peta.

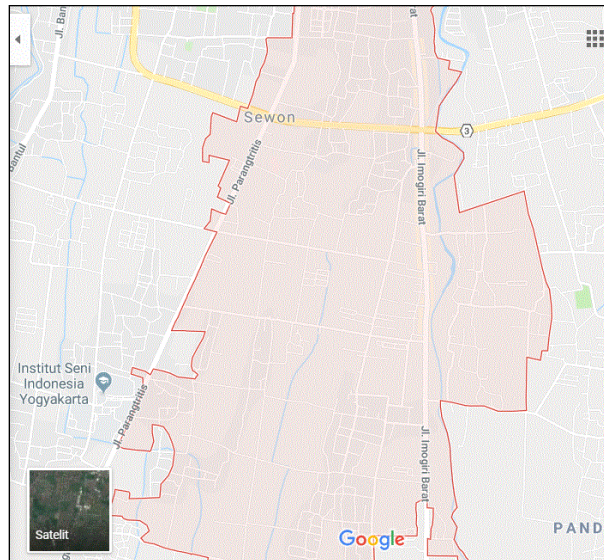
Dalam melakukan pemotretan udara untuk tujuan pemodelan perlu memperhatikan pertampalan antar foto karena yang dibutuhkan dalam pemodelan menggunakan foto adalah berkas sinar yang membentuk foto tersebut. Berkas sinar tersebut direkonstruksi dengan sebuah foto dan sebuah perspektif. Besarnya pertampalan antar foto berpengaruh terhadap pembentukan model.

Dalam membuat satu model diperlukan minimal dua buah foto yang saling bertampalan maka untuk membuat model dalam satu strip penerbangan perlu memenuhi syarat triple overlap. maksudnya terdapat minimal tiga buah foto yang saling bertampalan dalam area pemodelan dan besarnya pertampalan antar foto untuk jenis foto small format sebesar kurang lebih 60-80% overlap dan 30-50%, ini bertujuan agar tidak terdapat gap saat dibuat model dalam satu strip penerbangan (Gambar 1).



Gambar 1. Ilustrasi *Overlap* dan *Sidelap*

Penelitian ini dilakukan di Desa Bangunharjo. Bangunharjo adalah salah satu desa di kabupaten Bantul yang memiliki potensi alam yang sangat menarik. Desa ini memiliki potensi wisata dan budaya yang sangat menarik peminat pendatang baik dari dalam ataupun luar negeri. Namun di sisi lain, desa bangunharjo memiliki ancaman (hazard) yang hampir setiap waktu berulang terjadi, diantaranya adalah gempa dan banjir bandang dari luapan sepanjang bantaran Kali Code (Gambar 2). Maka dari itu dibutuhkan suatu solusi untuk mengatasi berbagai potensi di daerah desa bangunharjo dengan cara informasi berbasis masyarakat.



Gambar 2. Daerah telitian, desa bangunharjo, yang dilewati bantaran Kali Code dan kawasan rawan gempa (*web google.map*).

Dengan adanya perkembangan teknologi yang sangat pesat maka dibutuhkan sebuah terobosan berbasis masyarakat yang dapat mengatasi masalah dengan tanggap, cepat dan efisien. Salah satu kebutuhan geografis akan hazard di dalam melakukan pengembangan pada perkembangan desa adalah adanya data eksisting terhadap bangunan yang sudah ada. Bentuk terukur dari bangunan eksisting, dan juga adanya eksisting material serta pemetaan aktual dan terkini dari kawasan yang akan di bangun merupakan data yang sangat dibutuhkan dalam pengembangan bangunan ataupun kawasan.

RUMUSAN MASALAH

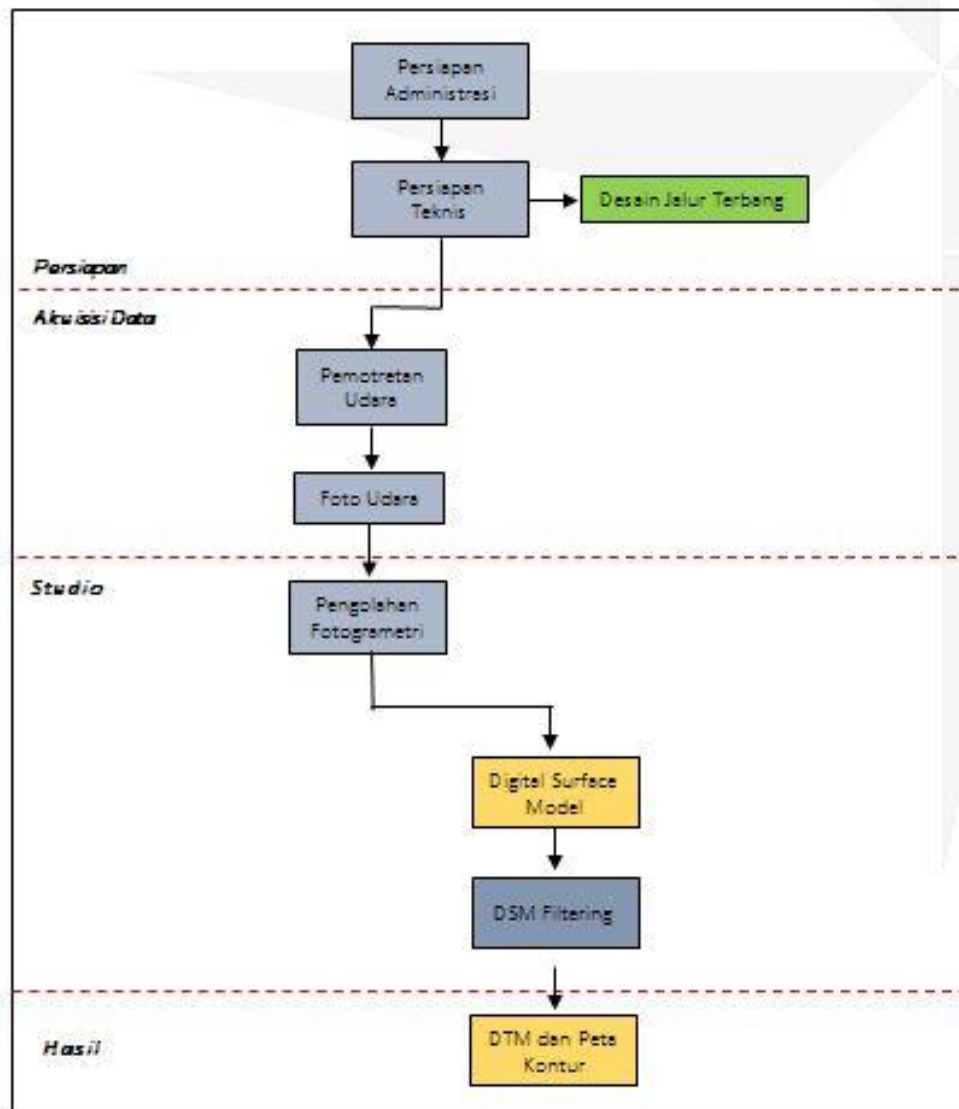
Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan masalah yang ada sebagai berikut :

Bagaimana memetakan kawasan telitian dalam bentuk peta tiga dimensi dengan kedetailan yang baik dan efisien waktu?

METODOLOGI

Ruang lingkup pekerjaan metoda foto udara format kecil untuk survei dan pemetaan topografi yang akan dilaksanakan meliputi (Gambar 3):

1. Persiapan pekerjaan yang meliputi persiapan administrasi dan persiapan teknis.
2. Melakukan pemotretan udara format kecil menggunakan wahana pesawat tanpa awak yang dilengkapi dengan kamera *non metric*.
3. Pengolahan data *orthomosaic* dan ekstraksi kontur dengan menggunakan perangkat lunak *Global Mapper 18*.
4. Pelaporan.



Gambar 3. Metodologi Pemetaan Udara Format Kecil

Ringkasan metodologi pelaksanaan pemetaan topografi dengan metoda pemotretan udara format kecil adalah :

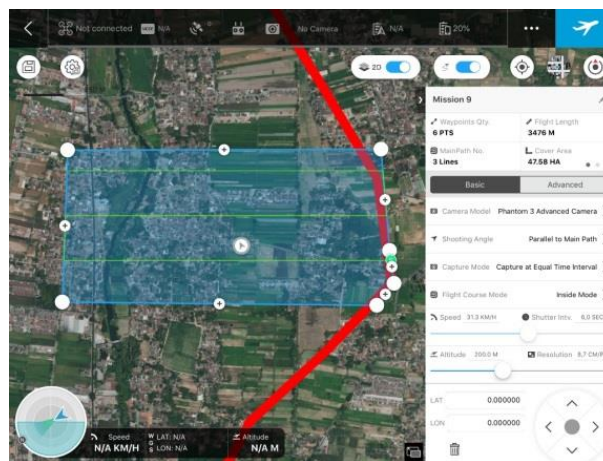
1. Tahap persiapan dan perencanaan yang terdiri dari survei pendahuluan yang berguna untuk mengetahui kondisi teknis dan non teknis pelaksanaan pekerjaan. Selanjutnya berdasarkan hasil survei pendahuluan ini akan dapat dibuat desain jalur terbang, perizinan yang diperlukan serta persiapan non teknis lainnya seperti halnya akomodasi dan transportasi.
2. Tahapan akuisisi data yaitu pemotretan udara sesuai jalur terbang yang sudah direncanakan.
3. Tahapan pengolahan data. Hasil pemotretan udara adalah peta foto resolusi tinggi dan *digital surface model* (DSM). Selanjutnya akan dilakukan *DSM Filtering* untuk mendapatkan *Digital Terrain Model* (DTM).
4. Tahap persiapan dan perencanaan yang terdiri dari survei pendahuluan yang berguna untuk mengetahui kondisi teknis dan non teknis pelaksanaan pekerjaan. Selanjutnya berdasarkan

hasil survei pendahuluan ini akan dapat dibuat desain jalur terbang, perizinan yang diperlukan serta persiapan non teknis lainnya seperti halnya akomodasi dan transportasi.

5. Tahapan akuisisi data yaitu pemotretan udara sesuai jalur terbang yang sudah direncanakan.
6. Tahapan pengolahan data. Hasil pemotretan udara adalah peta foto resolusi tinggi dan digital surface model (DSM). Selanjutnya akan dilakukan DSM Filtering untuk mendapatkan Digital Terrain Model (DTM).
7. Tahap Kartografi dan Pelaporan , yaitu penyajian hasil pemetaan mengikuti kaidah kartografi dalam format digital maupun cetak.

Adapun jalur terbang yang dipilih dalam penelitian ini adalah sebagai berikut (Gambar 4) :

- Tinggi terbang : 200 m
- *Overlap* : 80 %
- *Sidelap* : 60 %
- Total panjang jalur terbang : 3476 m
- *Ground sample distance* : 8.7 cm/px
- Total terbang : 2 kali



Gambar 4 .Jalur Terbang

KESIMPULAN DAN SARAN

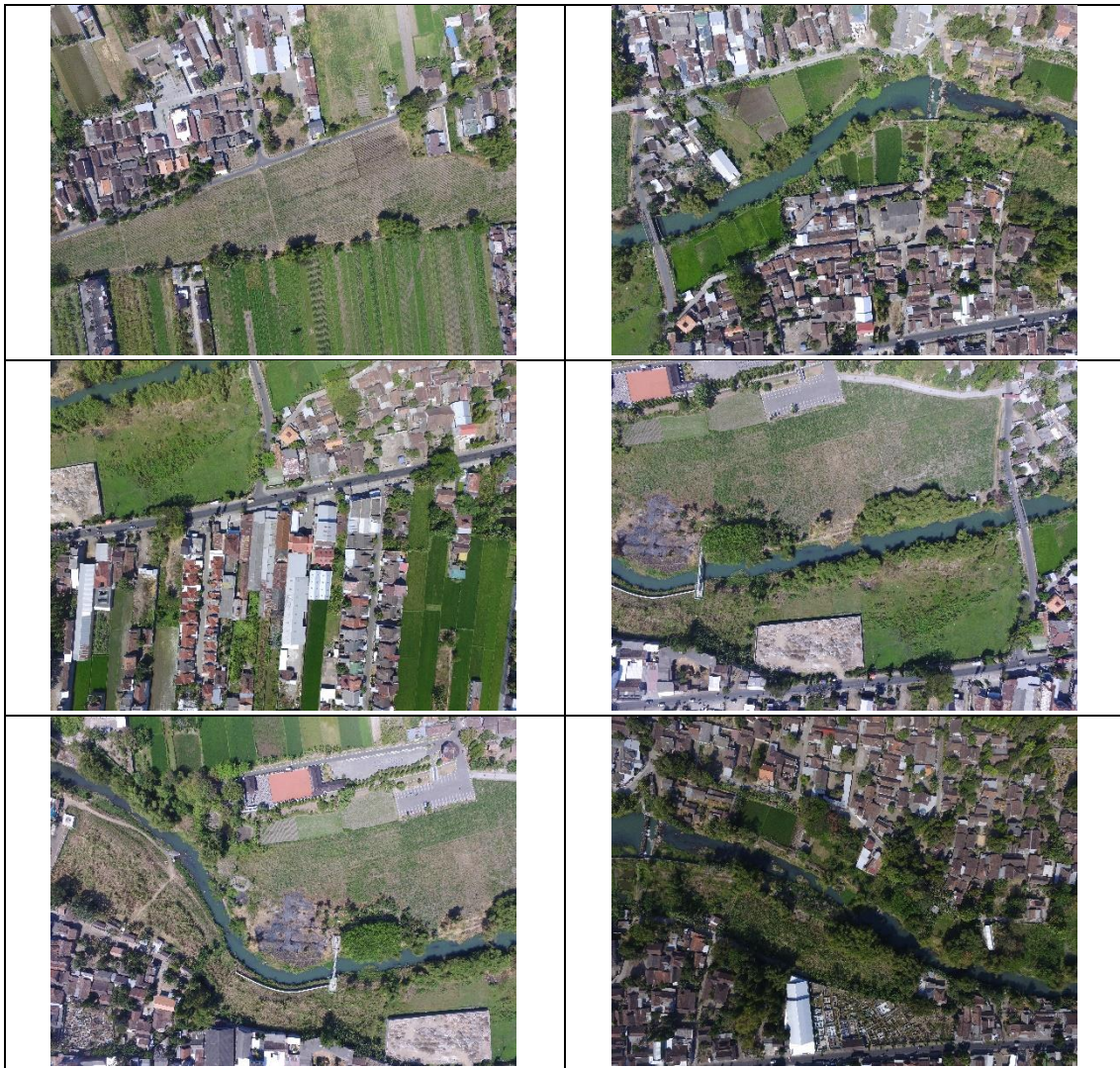
Kesimpulan

1. Hasil Foto Udara

Pengambilan detail pemetaan topografi daerah telitian dengan menggunakan wahan *Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Photogrammetry* dapat dilihat pada Gambar 5.

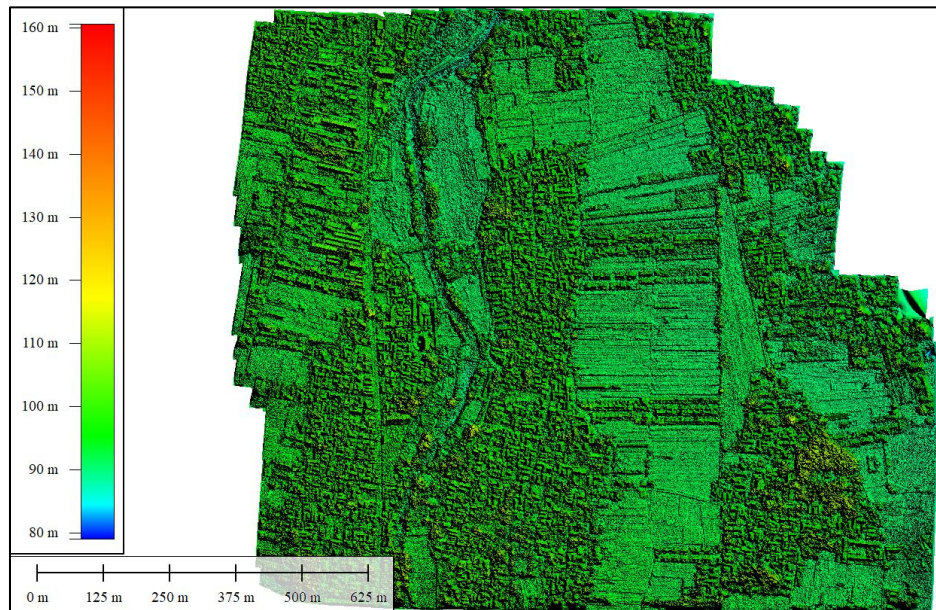
2. Pembentukan 1 *Digital Terrain Mode (DTM)*

Digital Terrain Model (DTM) adalah model ketinggian permukaan bumi yang hanya menggunakan ketinggian tanah. Model ketinggian yang dihasilkan pada proses pengolahan foto udara adalah *Digital Surface Model (DSM)*, yaitu model ketinggian permukaan bumi yang mengikutsertakan semua objek yang ada termasuk pohon, bangunan, kendaraan lainnya. Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Akuisis Foto Udara

Untuk membuat Peta Kontur, data yang dibutuhkan adalah data DTM, sehingga perlu dilakukan pemilahan pada DSM. Proses pemilahan ini dilakukan menggunakan *software* SUMMIT EVOLUTION. Dengan menggunakan *software* ini, operator mampu melihat foto udara secara stereoskopis yang menghasilkan gambar 3D sehingga operator dapat menentukan titik yang merupakan objek tanah (Gambar 6).



Gambar 6. Peta Kontur daerah telitian.

Saran

1. Untuk mendapatkan informasi dengan ketelitian yang lebih baik, sebaiknya dilakukan pemetaan dengan menggunakan titik *ground control* hasil pengukuran Geodetik sehingga hasil pemetaan dapat menginterpretasikan hasil yang mendekati keadaan sebenarnya.
2. Kekurangan metode ini adalah perhitungan data ketinggiannya masih kurang akurat.

REFERENCES

- Abidin, H.Z. (1998). Modul-1 Introduction to GPS, Modul Perkuliahan Geodesi : Bandung.
- Abidin, H.Z., Jones, A., Kahar, J. (2011): Survei dengan GPS, PT. Pradnya Paramita: Jakarta.
- Danoedoro, P. 2012. Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Budyanto, E. 2010. Sistem Informasi Geografis dengan ArcView *GIS*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Wolf, P. R. 1983. Elemen Fotogrammetri. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

**PENGARUH ASAM GIBERELAT DAN UKURAN STEK UMBI
TERHADAP PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN GARUT
(*Maranta arundinaceae*)**

Susilowati, Endah Wahyurini

Fakultas Pertanian, UPN “Veteran” Yogyakarta,

e mail : susilowati@upnyk.ac.id , endahwahyurini@yahoo.com

ABSTRACT

Multiplication arrowroot plants with tubers has limitations because it is difficult to determine the length of tuber dormancy and the slow growth cycle. The use of growth regulators gibberellic acid (GA₃) was applied in the study of breaking tuber dormancy. The number of buds depends on the size of the bulbs. The aim of the study was to determine the effect of Gibberellic Acid and tuber cuttings size on vegetative growth of arrowroot plants and to find interactions between the two treatments. The experiments were performed using Complete Random Design with two treatments and three replication. The first factor was the concentration of GA₃ consisting of 3 levels (25 ppm, 50 ppm and 75 ppm) while the second factor was the size of tuber cuttings consisting of 3 levels, namely the end of the three segments, the middle part of the 3 segments and the base of the three segments. The results were analyzed using ANOVA with further Duncan Multiple Range Test at the level 5%. The results showed that the combination treatment of GA₃ 75 ppm and the tuber of the end of the three segments could increase the number of leaves and number of tillers. The treatment of the middle part of the three segments can affect the growth of plants aged 6 and 8 weeks, but the end of the 3-section tuber produces the highest chlorophyll content compared to other treatments.

Key words : *Giberellic acid, tuber size, arrowroot*

PENDAHULUAN.

Tanaman garut (*Maranta arundinacea L*) merupakan kelompok tanaman umbi-umbian yang termasuk jenis tanaman pangan lokal yang telah banyak dikembangkan di Indonesia yang kaya karbohidrat. Kandungan karbohidrat tanaman garut cukup tinggi (19,4-21,7%). Tanaman garut tumbuh dengan baik di pekarangan rumah dan daerah perbukitan antara lain Boyolali, Bantul, Kulon Progo, Malang dll. Pembudidayaannya dilakukan di pekarangan dengan teknik budidaya secara organik. Secara visual, pertumbuhan dan hasil garut pada tanah yang miskin hara, tanaman dapat tumbuh. Oleh karena itu tanaman garut berpotensi dikembangkan di lahan hutan atau pekarangan. Selain itu, produktivitas tanaman garut juga cukup tinggi. Menurut Djafar dkk, (2010), produktivitas tanaman garut mencapai 17 ton/ha atau sekitar 1,7-3,4 ton pati per hektar.

Tanaman garut (*Maranta arundinaceae*) merupakan tanaman umbi-umbian yang berpotensi penghasil karbohidrat alternative dan sebagai tanaman pangan lokal. Umbi garut dimanfaatkan untuk bahan makanan pokok, obat dan bahan industri. Daun garut juga dapat

digunakan sebagai bahan pakan ternak dan pembungkus makanan. Umbi garut dapat dikonsumsi sebagai umbi rebus, emping garut dan pati (tepung).

Kendala lainnya yang dihadapi, antara lain terbatasnya benih garut karena umumnya petani menggunakan anakan (stolon) sebagai benih. Apabila menggunakan anakan sebagai benih maka waktu panen semakin mundur dari panen benih induk. Mengingat kebutuhan garut sebagai diversifikasi pangan yang terus meningkat, maka perlu pengembangan teknologi budidaya.

Pada umumnya tanaman garut diperbanyak dengan stek umbi, namun perbanyakannya dengan umbi memiliki keterbatasan karena sulit menentukan lama dormansi umbi dan siklus tumbuh yang lambat (Jansen *et al.*, 1996). Di saat dormansi terjadi, peluang umbi yang rusak oleh hama dan penyakit meningkat, sedangkan siklus tumbuh yang lambat menyebabkan perbanyakannya biji lebih lama. Selain itu, satu umbi hanya mempunyai satu mata tunas utama, sehingga cara lain adalah dengan menggunakan mata tunas yang melekat pada kulit umbi. Jumlah mata tunas tergantung dari besar kecilnya ukuran umbi. Umbi yang berukuran besar memiliki mata tunas yang lebih banyak daripada umbi yang kecil (Wawo dan Utami, 2012). Seperti pada tanaman gembili (*Dioscorea esculenta* (Lour) Burk), ukuran umbi besar yang digunakan sebagai bahan perbanyakannya juga akan memiliki pertumbuhan dan produksi umbi yang lebih tinggi daripada umbi yang berukuran kecil diduga hal ini dapat terjadi pada tanaman garut (Maulani *et al.*, 2012).

Penggunaan zat pengatur tumbuh (ZPT) asam giberelin (GA₃) telah diaplikasikan dalam studi memecah dormansi umbi. Giberelin mempercepat pertumbuhan tanaman. Hormon ini bersifat tidak hanya merangsang pertumbuhan melainkan juga merupakan zat yang berfungsi mengendalikan pertumbuhan tanaman termasuk pembungaan, pemanjangan batang dan pematangan dormansi biji (Salisbury dan Ross, 1995). Menurut Davies (1995) terdapat 89 jenis giberelin. Semua giberelin merupakan turunan entgiberelan dan bersifat asam sehingga dinamakan GA (asam giberelat) yang dinomori untuk membedakannya.

Giberelin yang biasa digunakan untuk penelitian fisiologi tumbuhan adalah asam giberelat (GA₃). Pada GA₃, GA₄ dan GA₉ terdapat jembatan lakton sehingga golongan giberelin ini memiliki aktivitas biologis yang lebih besar dibandingkan dengan yang lain, selain itu asam giberelat (GA₃) juga banyak tersedia di pasaran (Gardner dkk, 1991). Menurut Usman (1999) zat pengatur tumbuh GA₃ dalam proses pertumbuhan tanaman antara lain dapat mendorong perkembangan sel serta pemanjangan pada bagian apikal tanaman. Sudibyo (1997) melaporkan bahwa GA₃ dengan konsentrasi 250 ppm dapat memacu induksi pembungaan brokoli dengan rata-rata umur pembungaan 95,7 hari. Oleh karena itu, penggunaan GA₃ diduga dapat diaplikasikan juga pada tanaman garut dalam usaha mengatasi hambatan perbanyakannya.

Bibit garut diperoleh dari umbi yang sudah tua. Tiap ruas umbi dapat digunakan sebagai bahan tanam karena mampu tumbuh menjadi tanaman baru. Umbi yang sudah tua yang akan dijadikan bibit disimpan dalam tempat yang teduh dan lembab agar tidak mati dan mata tunasnya berkecambah. Ukuran stek umbi juga mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman. Semakin besar ukuran umbi maka semakin banyak mata tunas yang tumbuh di bagian kulit luar. Dari mata tunas ini akan muncul tunas anakan jika tumbuh pada lingkungan yang sesuai. Teknologi budidaya yang akan dikaji dalam penelitian ini yaitu ukuran setek umbi garut menggunakan bagian ujung, tengah dan pangkal 3 ruas.

Tujuan penelitian adalah : untuk mengetahui pengaruh Asam Giberelat terhadap

pertumbuhan dan hasil tanaman garut, untuk mengetahui pengaruh ukuran stek umbi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman garut dan mencari interaksi antara Asam Giberelat dan ukuran stek umbi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman garut

Hasil penelitian Lestari *et al* (2008) menunjukkan bahwa pemberian GA₃ dengan konsentrasi 50 ppm menghasilkan pertumbuhan tanaman yang tertinggi yang ditunjukkan oleh variabel tinggi tanaman, berat basah dan berat kering tanaman garut lokal Boyolali. Perbanyakkan suweg dengan stek anak umbi yang dimanipulasi dengan asam giberelin (GA₃) menghasilkan jumlah mata tunas yang berkecambah paling banyak (Cahyaningsih dan Hartutiningsih, 2013). Beberapa hasil penelitian juga menunjukkan bahwa pemberian GA₃ dapat mempercepat masa dormansi umbi kentang, merangsang pembungaan cabai, mempercepat masa dormansi rimpang jahe gajah.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian UPN “Veteran” Yogyakarta, Wedomartani. Bahan yang digunakan adalah umbi garut varietas Lokal Bantul, media tanam, pupuk kompos, GA₃, tanah, pasir, metanol, fungisida Orthocide, furadan 3G dan akuades. Alat yang digunakan adalah polibag ukuran 25x25 cm, cetok, cetok, gembor, ember, sprayer, timbangan, meteran, klorofil meter, dan oven.

Metode penelitian yang digunakan adalah percobaan lapangan Faktorial yang tersusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial (3x3) (Gomez, 1995). Faktor pertama adalah konsentrasi GA₃ terdiri dari 3 aras (25 ppm, 50 ppm dan 75 ppm) sedangkan faktor kedua adalah ukuran stek umbi yang terdiri 3 aras yaitu bagian ujung 3 ruas, bagian tengah 3 ruas dan bagian pangkal 3 ruas. Setiap kombinasi perlakuan dan kontrol diulang 3 kali, terdapat 6 tanaman sehingga jumlah total tanaman adalah 162 tanaman dalam polibag.

Data dianalisis dengan menggunakan uji ANOVA (*Analisis of Varian*) pada jenjang nyata 5% dan apabila terdapat beda nyata dilakukan dengan Uji Jarak Berganda Duncan atau *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada jenjang nyata 5%.

Pelaksanaan Penelitian meliputi : Membuat media yang digunakan untuk pertunasan adalah pasir kali yang sudah dicuci bersih dan dikeringkan. Setelah kering pasir diayak dengan ayakan. Pasir lalu di tempatkan pada kotak pertunasan setebal ±10-12 cm.

Media penanaman yaitu campuran tanah : pasir : pupuk kompos dibuat dengan perbandingan 1:1:1. Campuran ini kemudian dimasukkan ke dalam polibag berukuran 25x25 cm masing-masing polibag sebanyak 4 kg.

Menyiapkan Rimpang umur 8 bulan dicuci bersih lalu dikering anginkan. Setelah rimpang kering, dipotong sesuai perlakuan.

Pertunasan dan Penanaman. Bibit yang telah siap tanam diletakkan pada media pertunasan dan disiram dengan air setiap pagi. Untuk mencegah penguapan yang berlebihan media pertunasan diberi tutup dari plastik. Setelah tanaman bertunas sepanjang kurang lebih 5 cm kemudian dipindahkan ke dalam media penanaman.

Pemberian Asam Giberelat (GA₃). Asam giberelat (GA₃) diberikan dalam bentuk larutan dengan akuades sebagai pelarut. Konsentrasi asam giberelat yang dipakai adalah 25 ppm, 50 ppm, dan 75 ppm. Pembuatan larutan asam giberelat GA₃ 25 ppm (G₁) dengan cara melarutkan GA₃ serbuk sebanyak 50 mg dengan beberapa tetes etanol (2-3 tetes dalam 1000 ml

akuades). Untuk konsentrasi yang lain dibuat dengan cara yang sama. Pemberian GA₃ dilakukan dua kali pada saat tanaman berumur satu bulan dan berumur tiga bulan dengan cara menyemprotkan larutan zat pengatur tumbuh tersebut secara merata pada daun. Volume penyemprotan pertama sebanyak 10 kali semprotan tiap *polybag* pada tiap perlakuan. Volume penyemprotan kedua sebanyak 40 kali semprotan tiap *polybag* pada tiap perlakuan. Satu kali semprotan diasumsikan dengan 1 ml. Pada saat penyemprotan tanaman diberi sungkup plastik supaya tidak mengenai tanaman lain.

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, pengendalian hama dan penyakit. Tanaman disiram dengan air setiap hari sebanyak kurang lebih 100 ml tiap *polybag*. Penyiangan dan penggemburan dilakukan seminggu sekali. Pengendalian hama penyakit secara manual, atau menggunakan fungisida.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil sidik ragam terhadap tinggi tanaman umur 4, 6 dan 8 mst menunjukkan bahwa perlakuan pemberian GA₃ tidak berbeda nyata tetapi ukuran stek umbi berpengaruh nyata. Tidak terdapat interaksi diantara kedua perlakuan.

Nilai rerata tinggi tanaman umur 4, 6, dan 8 mst pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rerata tinggi tanaman umur 4, 6, 8 mst (cm)

Perlakuan GA ₃	4 mst	6 mst	8 mst
25 ppm (G1)	11,074 a	32,667 a	55,963 a
0 ppm (G2)	12,074 a	34,629 a	54,852 a
75 ppm (G3)	11,741 a	33,00 a	59,963 a
Perlakuan ukuran stek umbi			
Ujung 3 ruas (S1)	9,704 p	29,185 q	49,778 q
Tengah 3 ruas (S2)	13,148 p	39,556 p	62,371 p
Pangkal 3 ruas (S3)	12,037 p	52,629 q	52,629 q
rerata	(-)	(-)	(-)

Keterangan : Rerata perlakuan yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji jarak berganda Duncan (DMRT) dengan jenjang nyata taraf 5%.

Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi

Pada pengamatan tinggi tanaman umur 4, 6 dan 8 mst perlakuan GA₃ tidak berpengaruh nyata, sedangkan perlakuan ukuran stek umbi berpengaruh nyata pada umur 6 dan 8 mst. Umbi stek bagian tengah 3 ruas (S2) menghasilkan tinggi tanaman tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan pada bagian tengah ukuran umbi lebih besar, ruas semakin panjang dan banyak mata tunas. Semakin besar ukuran umbi jarak antar buku semakin lebar, dan jumlah potongan semakin sedikit. Dari setiap ruas akan keluar satu mata tunas berselang-seling tetapi sejajar, yang selanjutnya tunas tersebut akan tumbuh menjadi tanaman (Suhertini dan Lukman, 2003).

Menurut Sartika (2001), tanaman yang tinggi umumnya memiliki jumlah daun yang lebih banyak. Hal ini berarti tanaman tumbuh dengan baik, diantaranya penambahan biomassa pada umbi semakin banyak daun yang dihasilkan maka fotosintat. Fotosintat tersebut digunakan untuk

pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dengan demikian, meningkatnya tinggi tanaman dipengaruhi ukuran umbi tanaman maka akan meningkatkan pula jumlah daun per rumpun dan jumlah anakan. Semakin banyak umbi yang terbentuk maka akan semakin besar tinggi tanaman.

Hasil sidik ragam terhadap jumlah daun pada umur 8 mst menunjukkan bahwa perlakuan pemberian GA₃ dan ukuran stek umbi berpengaruh nyata. Terdapat interaksi diantara kedua perlakuan. Tabel 2 menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan pemberian GA₃ 75 ppm dan ukuran stek umbi bagian ujung 3 ruas (G3S1) nyata menghasilkan jumlah daun yang besar, meskipun tidak berbeda nyata dengan kombinasi perlakuan G1S3, G2S1, G2S2 dan G2S3 pada parameter jumlah daun 8 mst. Menurut Salisbury dan Ross (1995) aplikasi GA₃ dapat mempengaruhi setiap aspek pertumbuhan dan perkembangan tanaman, bergantung pada konsentrasinya. Aplikasi GA₃ 75 ppm sangat sesuai dalam mempengaruhi pertumbuhan vegetatif tanaman yaitu jumlah daun dan jumlah anakan per rumpun. Seiring dengan meningkatnya jumlah anakan maka jumlah daun tanaman juga akan meningkat. Hal ini diduga karena penambahan GA₃ 75 ppm pada ukuran umbi bagian ujung 3 ruas lebih banyak akan menyerap GA₃ lebih cepat dan lebih baik, sehingga daun dapat lebih mudah tumbuh di sela sela umbi dan menghasilkan daun yang lebih banyak dibandingkan perlakuan lainnya (Wulandari dkk, 2017).

Tabel 2. Rerata jumlah daun umur 8 mst

Konsentrasi GA ₃	Ujung 3 ruas (S1)	Tengah 3 ruas (S2)	Pangkal 3 ruas (S3)	Rerata
25 ppm (G1)	8,778 b	8,556 b	10,444 ab	9,259
50 ppm (G2)	9,333 ab	11,556 ab	11,667 ab	10,852
75 ppm (G3)	12,556 a	8,889 b	8,556 b	10,00
Rerata	10.222	9.667	10.222	(+)

Keterangan : Rerata perlakuan yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji jarak berganda Duncan (DMRT) dengan jenjang nyata taraf 5%. Tanda (+) menunjukkan ada interaksi

Tabel 3. Rerata jumlah anakan per rumpun umur 8 mst

Konsentrasi GA ₃	Ujung 3 ruas (S1)	Tengah 3 ruas (S2)	Pangkal 3 ruas (S3)	Rerata
25 ppm (G1)	1,778 b	1,556 b	1,889 b	1,751
50 ppm (G2)	2,00 b	2,556 ab	2,334 ab	2,297
75 ppm (G3)	3,444 a	2,333 ab	1,444 b	2,407
Rerata	2.407	2.148	1.889	(+)

Keterangan : Rerata perlakuan yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji jarak berganda Duncan (DMRT) dengan jenjang nyata taraf 5%. Tanda (+) menunjukkan ada interaksi

Tabel 4. Rerata kandungan klorofil

Konsentrasi GA ₃	Ujung 3 ruas (S1)	Tengah 3 ruas (S2)	Pangkal 3 ruas (S3)	Rerata
25 ppm (G1)	62,744	53,389	56,667	57,600 a
50 ppm (G2)	59,111	54,056	53,578	55,582 a
75 ppm (G3)	60,033	51,456	52,911	54,800 a
Rerata	60,629 p	52,967 q	54,386 q	(-)

Keterangan : Rerata perlakuan yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji jarak berganda Duncan (DMRT) dengan jenjang nyata taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi

Hasil sidik ragam terhadap jumlah anakan per rumpun pada umur 8 mst menunjukkan bahwa perlakuan pemberian GA₃ dan ukuran stek umbi berpengaruh nyata. Terdapat interaksi diantara kedua perlakuan (Tabel 3). Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan pemberian GA₃ 75 ppm dan ukuran stek umbi bagian ujung 3 ruas (G3S1) nyata menghasilkan jumlah anakan yang besar, meskipun tidak berbeda nyata dengan kombinasi perlakuan G2S2, G3S2 dan G2S3 pada parameter jumlah anakan per rumpun umur 8 mst. Pemberian GA₃ 75 ppm dapat memecahkan masa dormansi umbi garut. Penurunan atau hilangnya dominansi apikal mendorong mata tunas pada bagian basal untuk tumbuh (Ratnasari, 2010 *cit* Wulandari dkk, 2017), sehingga jumlah anakan pada umbi bagian ujung 3 ruas lebih banyak dibandingkan perlakuan lainnya. Priyono dan Hoesen (1996) menyatakan bahwa jumlah cadangan makanan yang tersimpan pada potongan umbi tersebut untuk perkembangan anakan dalam proses metabolisme pertumbuhannya yang digunakan.

Hasil sidik ragam kandungan klorofil pada umur 8 mst menunjukkan bahwa perlakuan pemberian GA₃ tidak berpengaruh nyata, tetapi perlakuan ukuran stek umbi berpengaruh nyata. Tidak terdapat interaksi diantara kedua perlakuan. Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa umbi dengan ujung 3 ruas nyata mengandung jumlah klorofil yang lebih banyak dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan karena pada bagian ujung banyak mengandung hormon auksin yang mampu merangsang pembelahan sel dan memacu pertumbuhan mata tunas. Mata tunas akan tumbuh membentuk anakan, jumlah daun semakin banyak dan terjadi pembesaran umbi garut. Hormon auksin dapat mendukung pembentukan RNA baru serta sintesis protein (Abidin, 1994). Adanya peningkatan sintesis protein diduga akan mempengaruhi pembentukan klorofil karena salah satu komponen klorofil adalah protein. Menurut Sugito (1994) kandungan klorofil akan mempengaruhi proses fotosintesis tanaman, semakin tinggi kandungan klorofil dan tersedianya air akan memacu fotosintesis. Menurut Salisbury dan Ross (1995) hasil fotosintesis tanaman digunakan dalam beberapa kebutuhan yaitu cadangan makanan, respirasi dan pertumbuhan. Ketika respirasi meningkat maka akan terjadi pengurangan pada penimbunan cadangan makanan karena terjadi persaingan dalam mendapatkan fruktosa 1, 6- bifosfat dalam sitosol. Menurut Sugito (1994) penggunaan hasil fotosintesis pada satu proses akan mengurangi penggunaan pada proses yang lain dan dipengaruhi oleh suhu. Ketika suhu malam terlalu tinggi akan menyebabkan peningkatan respirasi yang mengakibatkan peningkatan pembongkaran hasil fotosintesis, akibatnya hasil fotosintesis yang digunakan untuk pertumbuhan dan cadangan makanan menurun. Adanya peristiwa fotorespirasi juga mengakibatkan pengurangan hasil

fotosintesis. Ketika laju fotosintesis dan laju respirasi seimbang akan menyebabkan tidak adanya hasil fotosintesis yang digunakan untuk pertumbuhan dan cadangan makanan. Tanaman garut dengan kombinasi perlakuan GA₃ dan ukuran stek umbi dapat dilihat pada gambar di bawah ini (Gambar 1, 2)



Gambar 1. Tanaman garut dengan perlakuan konsentrasi GA₃ dan ukuran stek umbi pada umur 6 mst



Gambar 2. Tanaman garut di rumah kaca pada umur 8 mst

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan GA₃ 75 ppm dan umbi bagian ujung 3 ruas (G3S1) dapat meningkatkan jumlah daun dan jumlah anakan. Perlakuan umbi bagian tengah 3 ruas dapat mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman umur 6 dan 8 mst. Perlakuan umbi bagian ujung 3 ruas menghasilkan kandungan klorofil terbanyak dibandingkan perlakuan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, Z. 1994. Dasar-Dasar Pengetahuan Tentang Zat Pengatur Tumbuh. Penerbit Angkasa. Bandung.

- Cahyaningsih, R, dan Hartutiningsih, M. 2013. Upaya Memperoleh Bibit Suweg (*Amorphophallus Paeoniifolius* (Dennst.) Nicolson} Melalui Stek Umbi Dan Stek Rachis Yang Dimanipulasi Dengan Zat Pengatur Tumbuh. Berita Biologi 12(1) - April 2013.
- Davies, P. J. 1995. Plant Hormones, Physiology Biochemistry and Molecular Biology. Kluwer Publishig. Dordrest
- Djaafar, T.F., Sarjiman dan A.B. Pustika. 2010. Pengembangan Budi Daya Tanaman Garut dan Teknologi Pengolahannya untuk Mendukung Ketahanan Pangan. Jurnal Litbang Pertanian, 29(1), 2010.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, and R.L. Mitchell. 1991. Physiology of crop plants. Iowa State University Press, Ames, IA. 327 p.
- Gomez. K.A. 1995. Prosedur statistik untuk penelitian pertanian. penerjemah Endang Sjamsudin, Justika S. Baharsjah; pendamping Andi Hakim Nasution.
- Harjadi, S. 2009. Zat Pengatur Tumbuh. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Jansen PCM, C Van Den Wilk and WLA Heeterscheid. 1996. Amorphophallus Sp. In Plant Yields Non Seed Carbo Hydrate. M Flach and F Rumawas (Eds). Prosea 9. 45-50 Bogor.
- Lestari, G, W. Solichatun, Sugiyarto. 2008. Pertumbuhan, Kandungan Klorofil, dan laju GW, Respirasi Tanaman Garut (*Maranta arundinacea* L) setelah Pemberian Asam Giberelat. Bioteknologi 5 (1): 1-9, Mei 2008
- Maulani, R, R., R, Budiasih, Nells Immaningsih. 2012. Karakterisasi Fisik dan Kimia Rimpang dan Pati Garut pada Berbagai Umur Panen. Prosiding Seminar Nasional Kedaulatan Pangan dan Energi, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo. Madura.
- Priyono, S.H., dan D.S.H, Hoesen. 1996. Perbanyakkan Amarillis sp dengan Kombinasi Perlakuan Pembelahan Umbi dan Perendaman Giberelic Acid. Prosiding Seminar Nasional Tanaman Hias.
- Salisbury, F. B and Ross, C. W. 1995. Fisiologi Tumbuhan. Jilid 3. (Diterjemahkan oleh : Diah R, Lukman dan Sumaryono). Penerbit ITB. Bandung
- Sartika WD. 2001. Pengaruh Lama Penaungan dan Dosis Pupuk Nitrogen terhadap Pertumbuhan dan Produksi Rimpang Ga-rut (*Maranta arundiinacea* L.). [Skripsi]. Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Suhertini, E dan W Lukman. 2003. Teknik Pembibitan Tanaman Garut Dari Rim-pang. Buletin Teknik Pertanian 8:1.
- Sugito, Y. 1994. Ekologi Tanaman. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malangusanto, L. C. 2004. Akumulasi Krom (Cr), Pertubuhan dan Kandungan Klorofil pada Tanaman Sawi Putih (*Brassica juncea* L.) dan Sawi Hijau (*Brassica chinensis* L.). Skripsi. Jurusan Biologi F MIPA UNS. Surakarta.
- Wawo, AH, dan N,W. Utami. 2012. Kajian Pemilahan Umbi Sebagai Bahan Propagasi dan Penggunaan Turus dalam Pembudidayaan Gembili (*Dioscorea esculenta*). Prosiding Simposium dan Seminar Bersama PERAGI- PERHORTI –PERIPI- HIGI Mendukung Kedaulatan Pangan dan Energi yang Berkelanjutan. IPB 1-2 mei 2012.
- Wulandari, C., Ninuk, H dan Sitawati. Perbanyakkan Tanaman Bakung Melalui Pembekahan Umbi dan Perendaman GA₃. Jurnal Produksi Tanaman. Vol 5 No 8 Agustus 2017. ISSN 2527-8452.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UPN “Veteran” Yogyakarta atas bantuan dana dalam penelitian ini.

RANCANG BANGUN APLIKASI *MOBILE ANDROID* SISTEM INFORMASI SKRIPSI

Andi Sungkowo, Nandra Eko Nugroho

Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

ABSTRAK

Saat ini inovasi di bidang teknologi informasi berkembang dengan sangat pesat dan selaras dengan perkembangan karakteristik masyarakat modern yang memiliki mobilitas yang tinggi. Mencari layanan yang fleksibel, serba mudah dan memuaskan serta mengajjar efisiensi disegala aspek. Penggunaan perangkat mobile (mobile device) seperti smartphone sudah menjadi hal yang wajar dikalangan mahasiswa. Maka dari itulah sudah seharusnya memang harus ada sebuah sistem informasi akademik yang berbasis mobile device. Dalam penelitian ini dijelaskan tentang Aplikasi mobile sistem informasi skripsi, merupakan aplikasi untuk mengakses dan mendapatkan notifikasi pembaharuan informasi menggunakan perangkat mobile android. Pada penelitian ini akan dibuat rancang bangun sebuah aplikasi yang bertujuan untuk membantu mahasiswa dalam peroses skripsi secara tepat waktu dengan pensinkronisasian data dari jurusan. Hasil akhir penelitian ini berupa interface rancang bangun aplikasi Sistem Informasi Skripsi yang dapat menyajikan informasi perkembangan skripsi setiap mahasiswa, menghadirkan informasi terbaru pada Android device mulai dari versi 4.2 Jelly Bean hingga versi 7.0 Nougat.

Kata Kunci : *mobile device, sistem informasi skripsi, Android device*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini semakin pesat. Perkembangan teknologi tidak hanya dirasakan pada kalangan orang yang duduk di bangku pendidikan, tetapi orang yang tidak memiliki latar belakang pendidikan pun merasakan perkembangan teknologi tersebut. Teknologi saat ini yang sedang menjadi trend yaitu teknologi *mobile*, terutama *Android*. Kebutuhan akan mendapatkan layanan informasi menjadi hal yang sangat lazim dikarenakan hak memperoleh informasi merupakan hak asasi manusia (Suyatno Budiharjo, 2013). Selain itu, informasi juga menjadi kebutuhan pokok setiap manusia bagi pengembangan pribadi dan lingkungan sosialnya. Informasi merupakan sesuatu yang menunjukkan hasil pengolahan data yang diorganisasi dan berguna kepada orang yang menerimanya. Informasi setara dengan pengetahuan, merupakan sesuatu yang abstrak, produk dari kesadaran pada saat kita melakukan proses pemikiran.

UPN “Veteran” Yogyakarta telah memiliki sistem informasi mahasiswa berbasis web yang dinamakan CBIS. Namun demikian, aplikasinya kurang optimal mengingat fleksibilitas penggunaan yang belum mengakomodir hingga tingkat prodi dan juga akses internat kampus yang kurang memadai. Oleh karenanya, kami mengusulkan untuk membuat sistem berbasis android untuk mengakomodir segala kekurangan yang ada pada sistem sebelumnya. Dalam sistem ini nantinya juga akan menjadi basis data dari pengajuan skripsi atau penelitian tugas akhir mahasiswa agar terekam dengan baik di jurusan, fakultas, dan universitas. Hal itu menjawab

kelemahan dari sistem sebelumnya yang yang berbasis web. Sistem ini kedepan diharapkan akan terkoneksi dengan CBIS, shingga tidak akan terjadi adanya *miss-information* yang akan merugikan mahasiswa maupun institusi. Sistem informasi akademik berbasis *mobile Android* yang akan dibuat rancang bangunnya pada dasarnya adalah refleksi dari system informasi akademik yang ada pada Prodi Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta, maka dari itu data yang digunakan diambil dari Jurusan yang harapannya kedepan akan disinergikan dengan sistem yang ada di Fakultas Teknologi Mineral UPN “Veteran” Yogyakarta.

METODE PENELITIAN

Adapun beberapa tahapan metode penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pemahaman Sistem dan Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang berhubungan dengan pembuatan perangkat lunak secara menyeluruh dengan cara mengumpulkan informasi-informasi yang dibutuhkan. Literatur yang dipelajari berhubungan dengan teori-teori dasar.

2. Desain Sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem dari perangkat lunak menggunakan studi literatur yang telah dipelajari serta mempelajari teknologi-teknologi yang telah diterapkan pada aplikasi yang telah ada, karena tahap ini merupakan tahapan terpenting dalam rangkaian pembuatan aplikasi dan mempengaruhi tahapan implementasi.

3. Implementasi

Pada tahapan ini dilakukan implementasi terhadap rancangan sistem yang telah dibuat. Tahap ini merealisasikan apa yang telah terdapat pada tahapan sebelumnya menjadi sebuah aplikasi sesuai dengan yang direncanakan.

4. Pembuatan Laporan

Pada tahap ini dilakukan untuk membuat laporan dari semua dasar teori dan metode yang digunakan serta hasil-hasil yang diperoleh selama melakukan penelitian.

5. Tahapan Penelitian

Dalam sebuah tahap penelitian perlu yang dinamakan sebuah analisis, mulai dari analisis kebutuhan sampai dengan *design sistem* yang akan kita buat. Salah satu cara untuk menganalisis kebutuhan sistem yaitu menggunakan sebuah *Use case*, karena dengan sebuah *use case* dapat menangkap apa saja yang dibutuhkan dalam sebuah sistem tersebut.

Berikut adalah analisis kebutuhan dari sistem yang akan kita buat:

a. Use Case Diagram

Langkah pertama yang harus dilkaukan untuk menangkap kebutuhan pengguna adalah dengan memodelkan sistem dengan menggunakan *use case diagram*. *Use case diagram* menggambarkan ruang lingkup dari sistem yang akan dibangun dan merupakan sarana komunikasi dengan pengguna akhir untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang sistem yang akan dibuat. Komponen-komponen yang terdapat pada sebuah *use case diagram* terdiri dari:

1. *Actor*: pengguna *software aplikasi*, bisa berupa manusia, *hardware*, atau sistem informasi yang lain. Aktor dapat memasukkan informasi kedalam sistem, menerima informasi dari sistem, atau keduanya.

2. *Use case*: Perilaku atau apa yang dikerjakan oleh pengguna sistem aplikasi, termasuk interaksi antara aktor dengan *software aplikasi* tersebut. Berikut adalah *use case* dari sistem aplikasi skripsi berbasis Android:



Gambar 1 Use case Diagram

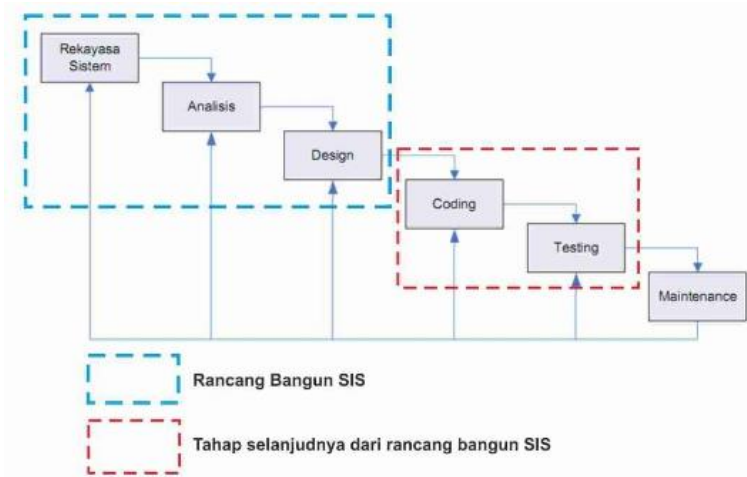
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan ini merupakan tahap dimana sistem siap dioperasikan pada keadaan yang sebenarnya, dari sini akan diketahui apakah sistem yang dibuat benar-benar dapat menghasilkan tujuan yang diinginkan. Sebelum sistem diterapkan dan diimplementasikan, maka sistem harus bebas terlebih dahulu dari kesalahan-kesalahan penulisan bahasa, kesalahan sewaktu proses atau kesalahan logika. Setelah sistem bebas dari kesalahan, sistem dites dengan membuka halaman-halaman yang ada.

Rancangan Sistem Oprasional

Pengembangan sistem (systems development) dapat berarti menyusun suatu sistem yang baru untuk menggantikan sistem yang lama secara keseluruhan atau memperbaiki sistem yang telah ada. Dalam pembuatan aplikasi ini digunakan teknik *waterfall*, berikut tahapan-tahapan dalam *Waterfall* menurut Pressman (2001: 29):

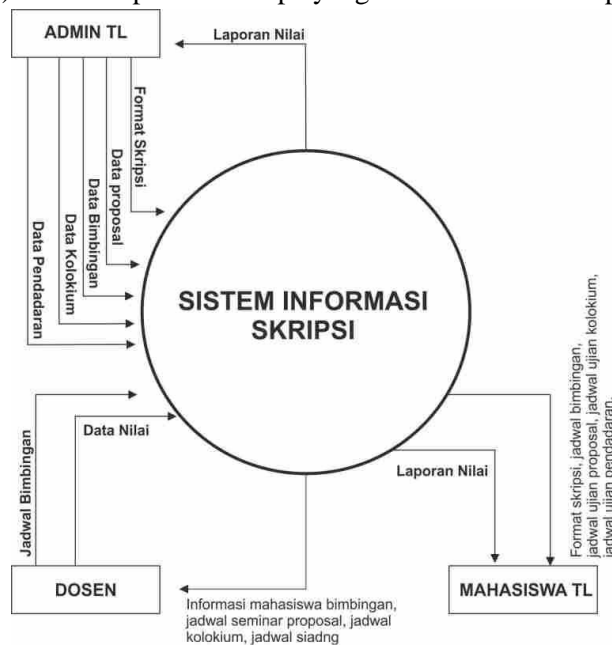
1. Analisis (Analysis): Analisis merupakan tahap awal dimana dilakukan proses pengumpulan data, identifikasi masalah, dan analisis kebutuhan sistem hingga aktivitas pendefinisian sistem. Tahap ini bertujuan untuk menentukan solusi yang didapat dari aktivitas-aktivitas tersebut.
2. Perancangan (Design) Pada tahap ini dilakukan pembuatan model dari perangkat lunak. Maksud pembuatan model ini adalah untuk memperoleh pengertian yang lebih baik terhadap aliran data dan kontrol, proses-proses fungsional, tingkah laku operasi dan informasi-informasi yang terkandung di dalamnya. Terdiri dari aktivitas utama pemodelan proses, pemodelan data dan desain antarmuka.
3. Pengkodean (Code) Pada tahap ini sistem yang telah dianalisis dan dirancang mulai diterjemahkan ke dalam bahasa mesin melalui bahasa pemrograman. Terdiri dari dua aktivitas yaitu pembuatan kode program dan pembuatan antarmuka program untuk navigasi sistem.
4. Ujicoba (Test) Selanjutnya program harus diuji coba dimana difokuskan terhadap tiga aktivitas yakni logika internal perangkat lunak, pemastian bahwa semua perintah yang ada telah dicoba, dan fungsi eksternal untuk memastikan bahwa dengan masukan tertentu suatu fungsi akan menghasilkan keluaran sesuai dengan yang dikehendaki



Gambar 2. Fase-fase Waterfall

Diagram Konteks

Diagram konteks adalah diagram yang menggambarkan sistem secara umum. Diagram konteks bertujuan untuk memberikan gambaran kepada sistem analisis pembuatan program mengenai input (masukan) ke dalam proses dan apa yang akan dihasilkan output (keluaran).



Gambar 3. Diagram Konteks Sistem Informasi Akademik

Berikut penjelasan diagram konteks di atas:

1. Administrator, seorang administrator melakukan input data ke dalam sistem serta melakukan update jika terdapat penambahan data baru. Seorang admin memiliki hak akses yang luas, sehingga admin juga diberikan laporan data nilai siswa untuk dapat dicetak oleh admin sebagai arsip manual.
2. Siswa, seorang siswa diberi hak akses untuk melihat laporan data nilai, jadwal bimbingan dan jadwal ujian

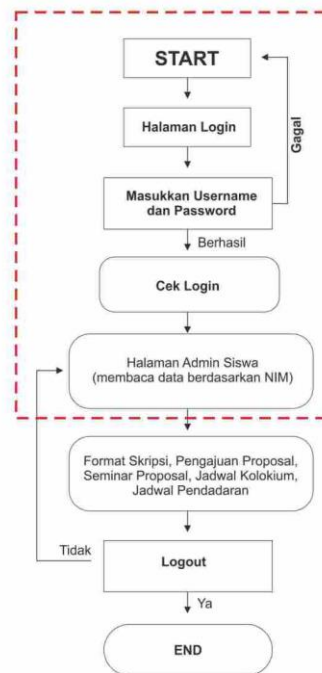
3. Dosen, seorang pengajar diberikan hak akses untuk menginput data nilai siswa didiknya ke dalam sistem untuk kemudian dilaporkan secara online kepada siswa yang bersangkutan.

Flowchart

Untuk menggambarkan alur dari sistem yang diusulkan dapat dilihat pada flowchart berikut ini:

1. *Flowchart* siswa untuk melihat data dan perkembangan tugas akhir

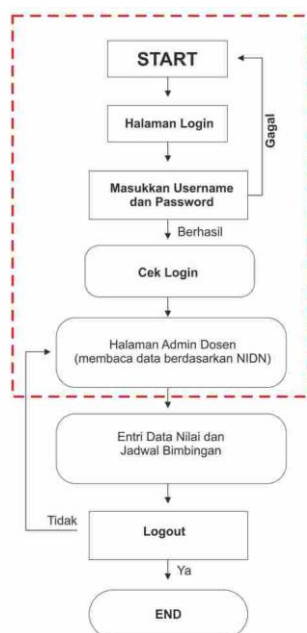
Seorang siswa hanya memiliki hak akses untuk melihat data saja. Siswa harus melakukan login terlebih dahulu. Apabila data password yang dimasukkan sesuai dengan data dalam database maka halaman siswa yang menginformasikan tentang data pribadi siswa akan dibuka. Pada halaman tersebut terdapat beberapa link pada menu untuk melihat data nilai siswa, jadwal bimbingan dosen dan jadwal ujian baik proposal hingga jadwal pendadaran. Setelah siswa selesai melihat informasi nilai atau yang lain, siswa dapat melakukan logout untuk keluar dari halaman tersebut. Berikut *Flowchart* siswa untuk melihat data nilai dan data absensi.



Gambar 4. Flowchart siswa untuk melihat laporan data dan perkembangan tugas akhir.

2. *Flowchart* dosen melakukan proses input data

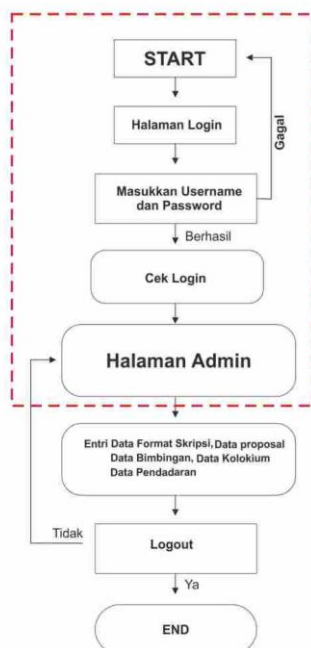
Tugas seorang dosen dalam sistem ini adalah menginput data nilai siswa untuk laporan ke bagian administrator. Tahap pertama, seorang pengajar harus melakukan login pada halaman formulir untuk login. Apabila data password yang diinputkan sesuai dengan data dalam database maka system akan mengarah pada halaman pengajar dengan membaca tabel jadwal. Apabila password tidak sesuai dengan database yang ada pada tabel pengajar maka akan dialihkan ke halaman formulir login untuk mengulanginya.



Gambar 5. Flowchart dosen untuk input data nilai dan jadwal bimbingan

3. Flowchart Administrator

Administrator melakukan login dahulu untuk masuk ke dalam sistem. Apabila user ID dan password sesuai, maka sistem akan mengarahkan pada halaman admin. Di halaman admin terdapat beberapa link yang berfungsi untuk menampilkan data Dosen, data Pegawai, data mahasiswa yang menempuh tugas akhir yang semua link tersebut berguna sebagai fasilitas untuk menuju pada proses penambahan data, perubahan data atau penghapusan data karena seorang admin memiliki hak akses yang luas.



Gambar 6. Flowchart Administrator



Gambar 7. Ilustrasi tampilan halaman login akun



Gambar 8. Ilustrasi tampilan halaman utama setelah login akun dengan beberapa rancangan menu.

Penjelasan dari gambar ilustrasi di atas sebagai berikut:

1. Format Skripsi

- Berisi panel yang didalamnya terdapat informasi tentang format penulisan skripsi setra SOP alur penulisan tugas akhir, mulai dari pengajuan judul hingga dinyatakan lulus.
2. Pengajuan Proposal
Berisi panel yang didalamnya terdapat menu isian informasi berupa Nama, Nim, Judul Penelitian, lokasi dan tanggal pengajuan proposal.
 3. Persetujuan Proposal
Berisi panel yang didalamnya terdapat isian dosen pembimbing, dosen pembahas dan tanggal di detujuinya proposal
 4. Jadwal Bimbingan
Berisi info jadwal bimbingan dosen, terdapat kolom chat untuk menambah konfirmasi yang berisi pesan penting terkait proses bimbingan dan revisi.
 5. Jadwal Ujian Proposal
Berisi informasi jadwal ujian proposal, daftar dosen pembimbing ataupun pembahas dan panel untuk konfirmasi kelulusan.
 6. Jadwal Ujian Kolokium
Berisi informasi jadwal ujian kolokium, daftar dosen pembimbing ataupun pembahas dan panel untuk konfirmasi kelulusan.
 7. Jadwal Ujian Pendaran
Berisi informasi jadwal ujian pendaran, daftar dosen pembimbing ataupun pembahas dan panel untuk konfirmasi kelulusan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Sistem Informasi Skripsi merupakan sistem yang dapat digunakan untuk mengelola dan menyimpan data serta dapat digunakan untuk melihat laporan. Sistem Informasi Skripsi ini dapat diakses oleh 3 user yaitu admin, dosen dan mahasiswa yang memiliki akun berupa username **dan password**. **Admin dapat mengelola seluruh proses yang ada di sistem tersebut. Namun, untuk** dosen dan peserta didik diberi batasan dalam mengakses sistem. Akses untuk dosen berupa menginput nilai, melihat jadwal bimbingan, jadwal seminar proprosal, kolokium dan pendaran. Sedangkan mahasiswa dapat melihat nilai, format skripsi, jadwal bimbingan dan alur perkembangan tugas akhirnya.

Saran

Penulis berharap rancang bangun sistem ini akan ter realisasi dan dikembangkan lebih jauh lagi. Penambahan dapat dilakukan dengan menyediakan fasilitas pencetakan laporan kehadiran dan siswa dan pelaporan dalam bentuk file PDF, dosen dapat mengisi nilai langsung pada sistem, pembuatan daftar kehadiran bagi pengajar, pembagian otorisasi yang berbeda pada setiap administrator, alamat pada database tidak dijadikan satu sehingga mempermudah dalam pencarian data alamat secara detil, dan sebagainya.

REFERENSI

- Andri Kristanto (2008:1) Perancangan Sistem Informasi dan Aplikasinya Gava Media, Yogyakarta.
Andri Kristanto (2008:2) Perancangan Sistem Infoormasi dan Aplikasinya Gava Media,

Yogyakarta.

Budiharjo. 2013. Rancang bangun aplikasi mobile sistem informasi kampus pada android device

Indrajit, Richardus Eko. 2002. Aplikasi Database menggunakan Microsoft. Access.

PT Elexmedia Komputindo. Jakarta.

Fathansyah, Ir, Informatika. 2001 B. Basis Data dan DBMS. Bandung.

JSON Tutorials. Diakses dari <http://www.json.org/fatfree.html>

Jurnal Proyek Akhir Pembangunan Aplikasi Sistem Informasi Dosen Politeknik Telkom pada
Smartphone berbasis Android – Politeknik Telkom Bandung.

Sutarman, S.Kom. 2003. Membangun Aplikasi Web dengan PHP dan MySQL. Graha Ilmu.
Yogyakarta.

Simarmatar. 2006. In Basis Data. Yogyakarta: ANDI

The Smartphone Revolution. Diakses dari thinkwithgoogle.co.uk

NAGIOS NETWORK MONITORING SISTEM BERBASIS WEB (STUDI KASUS : UPN "VETERAN" YOGYAKARTA)

Bagus Wiyono¹⁾, Fajar Kurnia Putra²⁾, Rifki Indra Perwira³⁾

¹⁾Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta

²⁾Fakultas Teknik Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta

³⁾Fakultas Teknik Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta

Email: baguswyn@upnyk.ac.id, masfajar99@upnyk.ac.id, rifki@upnyk.ac.id

ABSTRACT

System and network security is an important aspect of managing data centers where millions of data are stored and used by many users from a resource. Data will be useful if used by people who do have access rights, valid and authenticated username/password. To anticipate data loss, data damage, early detection of an unusual behavior needs to be done. A system/network admin must be able to monitor and detect early unusual behaviors of users through a centralized monitoring system.

The monitoring system using Nagios server is one of the alternative solutions needed by the Department Information and Communication Technology UPN "Veteran" Yogyakarta at this time. The number of users both from the internal UPN and from the external UPN and who have good intentions and bad intentions towards the data need to get detailed observations. Nagios server allows monitoring to be carried out to the end user with ongoing services.

The results of this study is a centralized monitoring system to the end user position that is able to detect services, detect hardware capabilities and detect the unusual behavior of each device connected to the internal network of UPN "Veteran" Yogyakarta.

Keywords: *security, nagios, realtime, monitoring*

PENDAHULUAN

Pemanfaatan internet dalam kampus diwujudkan dalam jaringan "interconnection", saling berbagi informasi dan 'interconnect', saling terhubung sehingga pelajar pengajar, dan staff dapat mengakses internet melalui jaringan kampus (Eko, 2012). Dengan bertambahnya pengguna internet, ditambah dengan tenaga pengajar dan tenaga pendukung pendidikan memungkinkan bertambahnya *threats*. Ancaman pada jaringan kampus bisa datang dalam dua arah, yaitu dari dalam dan dari luar area kampus. Keamanan data pada komunikasi di jaringan merupakan hal yang perlu dijaga. Ada tiga aspek ketika berbicara mengenai keamanan data menurut Panwar dan Kumar (2012) yaitu *Privacy, Integrity, Authentication*.

Masalah keamanan jaringan dapat diminimalisasi dengan adanya kegiatan monitoring jaringan secara *real time*. Sistem monitoring server merupakan salah satu aspek yang penting dan diperlukan dalam suatu pengelola data. Dengan perancangan dan implementasi suatu sistem monitoring server secara terpusat, seorang *system administrator* dapat mengetahui kondisi *healthly* keseluruhan server dengan satu tampilan user interface tanpa perlu akses *remote login* satu per satu ke setiap server, untuk mengetahui kondisi keseluruhan server - server dalam suatu

datacenter. Menurut Yanto (2016) idealnya dalam suatu sistem monitoring memiliki fungsionalitas untuk memonitor free space disk, memory usage, CPU usage, dan service yang berjalan pada suatu server untuk memberikan data pendukung pengamanan yang optimal.

Beberapa kejadian yang pernah dialami terkait dengan keamanan jaringan (Pranata et.al, 2015) adalah beberapa website universitas diretas, penyerangan terhadap beberapa server menggunakan brute force dan sql injection serta flooding pada email dan router-id. Ketika komputer mengirimkan data melalui jaringan, kemudian data tersebut diubah menjadi bentuk paket-paket memungkinkan terjadi sniffing. Atas Kejadian tersebut tidak jarang admin jaringan dan web di UPN bekerja keras untuk memulihkan kondisi seperti sedia kala. Hal yang perlu dipastikan adalah tidak ada data yang dirubah atau berubah (*integrity*). Beberapa informasi yang bersifat *open access* tentu harus siap dengan segala perbuatan para *hacker* atau *cracker*. Sistem monitoring jaringan dapat membantu mengamankan jaringan, memonitor jaringan, server, *devices* tanpa menghalangi pengguna dan dapat melakukan tindakan *responsif* ketika jaringan berhasil di tembus.

Penelitian ini dimaksudkan untuk melakukan rancang bangun dan implementasi network monitoring system (NMS) menggunakan Nagios server berbasis linux supaya resources yang dimiliki UPN tetap aman dan proses antisipasi kehilangan data, kebocoran data, *traffic unusual*, performa server terhadap pihak yang tidak bertanggungjawab.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian sejenis yang dilakukan oleh Shidiq dan Nugraha (2011) melakukan penelitian dengan judul sistem monitoring jaringan dengan SNMP dengan piranti bergerak. Hasil dari penelitian ini router memegang peranan yang sangat penting dalam jaringan komputer, sehingga kondisinya harus dipantau untuk mengetahui sejak dini jika kerusakan terjadi pada router tersebut. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem ini dapat menampilkan objek-objek yang dimonitor pada handphone dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan berfungsinya sistem monitor dengan baik dan informasi yang ditampilkan adalah akurat dan aktual.

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Yanto (2016), menghasilkan sistem monitoring Nagios sifatnya open source, yang memiliki fleksibilitas pada komponen - komponen yang akan dimonitoring. sebuah sistem monitoring menggunakan tools nagios dengan menerapkan fungsionalitas email notification, automatic startup service, dan monitoring HTTP status code pada suatu website. Pada sistem yang dirancang ini, proses monitoring nagios menggunakan metode agent base, dimana pada setiap server atau komputer yang akan dimonitoring akan diinstall agent nagios yang bertugas untuk memberikan informasi komponen - komponen yang dimonitoring.

Sulistyo dan Nugroho (2017), penelitian yang dilakukan dengan menggunakan Nagios sebagai *monitoring* jaringan LAN dapat ditarik kesimpulan bahwa jaringan masih tergolong baik yang dapat dilihat dari informasi di *service current load* di Nagios. Permasalahan yang ada tidak hanya terjadi pada koneksi jaringan saja tetapi juga dapat terjadi pada *host* dalam jaringan. Log pada Nagios dapat dimanfaatkan dalam mengembangkan jaringan dan *host* yang ada dari segi *hardware*. *Server* Nagios perlu dimatikan dalam jangka waktu tertentu, waktu yang disarankan adalah hari sabtu dan minggu.

Pada penelitian Prayogi, penelitian tersebut mengungkapkan bahwa pada tempat studi kasus dibutuhkan suatu *monitoring* jaringan untuk memantau jaringan yang ada. Komputer

ditambahkan ke dalam jaringan sebagai *server* Nagios untuk digunakan untuk *monitoring host* (Prayogi, 2015).

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian Yanto (2016) menjadi referensi utama dengan penambahan beberapa layanan resources server tidak hanya pada *protocol*, tetapi proses, *disk space* dan status up/down. Oleh sebab itu, penelitian ini membaca resources ip address server yang sedang berjalan dan protokol-protokol yang memiliki karakteristik masing-masing sehingga proses monitoring yang dihasilkan lebih akurat dan memberikan metadata terkait kondisi server dan jaringan yang ada di UPN “Veteran” Yogyakarta.

METODE PENELITIAN

Bahan penelitian ini dibagi menjadi 2 yaitu data primer dan data sekunder. Data primer terdiri atas :

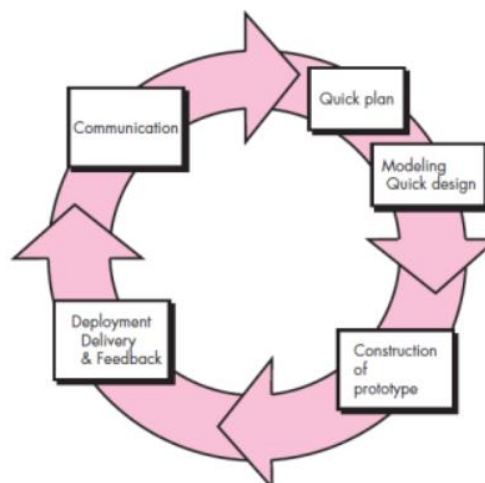
- a. Pengumpulan informasi dan literatur yang diperlukan untuk rancangan nagios *web based*. Adapun informasi dan literatur yang dipergunakan diantaranya adalah linux, nagios, protokol.
- b. Dokumentasi monitoring system yang telah ada sebelumnya dan telah dilakukan selama ini oleh *administrator system*.

Sedangkan data sekunder diperoleh dari wawancara dengan beberapa staf UPT. TIK Selain itu juga dilakukan kajian pustaka berupa buku-buku teks, jurnal, hasil-hasil penelitian terdahulu, internet, dan model-model yang mendukung penelitian ini.

Metodologi Pengembangan Perangkat Lunak

Metode prototipe dimulai dari tahap komunikasi (Pressman, 2010). Pembuatan rancangan cepat berdasarkan pada representasi aspek-aspek perangkat lunak yang akan terlihat oleh para *end user* (misalnya rancangan antarmuka pengguna atau format tampilan). Rancangan cepat merupakan dasar untuk memulai konstruksi pembuatan prototipe.

Prototipe kemudian diserahkan kepada para *stakeholder* untuk mengevaluasi *prototype* yang telah dibuat sebelumnya dan memberikan umpan-balik yang akan digunakan untuk memperbaiki spesifikasi kebutuhan. Iterasi terjadi saat pengembang melakukan perbaikan terhadap prototipe tersebut. Model ini dipilih karena keunggulan lebih menghemat waktu dan kemudahan penerapan. Model prototipe diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model SDLC prototype

Tahapan-tahapan dalam Prototyping adalah sebagai berikut:

1. **Communication**
Pelanggan dan pengembang bersama-sama melakukan komunikasi seluruh perangkat lunak, mengidentifikasi semua kebutuhan, dan garis besar sistem yang akan dibuat.
2. **Quick Plan**
Membangun prototyping dengan membuat perancangan sementara yang berfokus pada penyajian kepada pelanggan.
3. **Modelling Quick Desain**
Setelah pengembang dan pelanggan mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan perangkat lunak, bersama-sama melakukan pemodelan desain cepat.
4. **Construction of Prototyping**
Dalam tahap ini *prototyping* yang sudah disepakati diterjemahkan ke dalam tools pengembangan yang sesuai.
5. **Deployment, Testing dan Delivery.**
Setelah sistem sudah menjadi suatu perangkat lunak yang siap pakai, harus dites dahulu sebelum digunakan. Pengujian ini dilakukan dengan White Box, Black Box, Basis Path, pengujian arsitektur dan lain-lain.

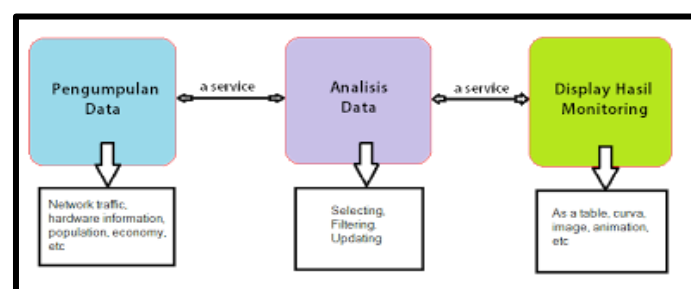
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tahapan Monitoring Jaringan

Pada umumnya tahapan sebuah *monitoring system* terbagi atas tiga proses besar (Inka, 2018) seperti pada Gambar 3, yaitu:

- a) Proses di dalam pengumpulan data *monitoring*.
- b) Proses di dalam analisis data *monitoring*.
- c) Proses di dalam menampilkan data hasil *monitoring*

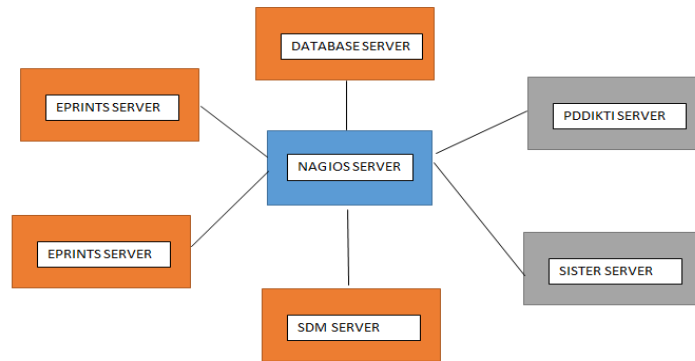
Sumber data umumnya adalah server atau hardware. Namun dapat juga berupa *network traffic*, informasi mengenai up/down status, atau sumber-sumber lain yang ingin diperoleh informasi mengenai dirinya. Proses dalam analisis data dapat berupa pemilihan data dari sejumlah data telah terkumpul atau bisa juga berupa manipulasi data sehingga diperoleh informasi yang diharapkan. Sedangkan tahap menampilkan data hasil *monitoring* menjadi informasi yang berguna di dalam pengambilan keputusan atau kebijakan terhadap sistem yang sedang berjalan dapat berupa sebuah tabel, gambar, gambar kurva, atau dapat juga berupa gambar animasi.



Gambar 3. Tahapan monitoring jaringan

Skema Arsitektur Nagois

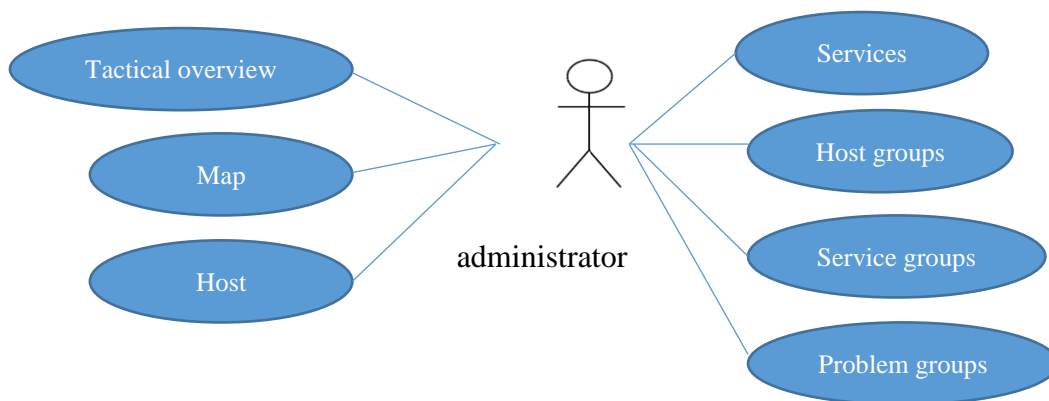
Arsitektur nagios sebagai sistem monitoring jaringan tampak pada Gambar 4. Arsitektur nagios menunjukkan konektifitas terhadap beberapa sistem yang ada untuk menangkap traffic yang *unusual*. Nagios server didesain mampu memonitor ke semua layanan/protocol yang dijalankan.



Gambar 4. Arsitektur nagois

Use case

Use case dirancang untuk mengetahui siapa melakukan apa. Pengguna sistem ini adalah administrator jaringan dan dapat diakses hanya dari internal UPN. Use case dari nagios monitoring sistem terlihat pada Gambar 5.

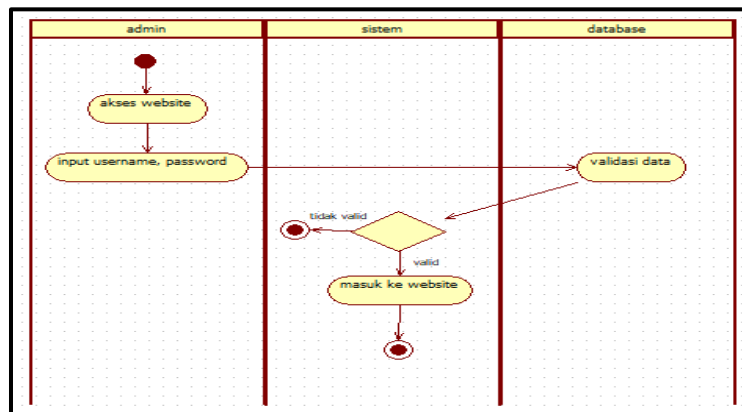


Gambar 5. Use case diagram

Administrator sebagai pengguna tunggal dapat melakukan beberapa aksi seperti melihat *tactical overview*, melihat map, melihat *host*, melihat layanan, melihat kelompok *host*, melihat layanan umum dan masalah yang sedang terjadi.

Activity Diagram

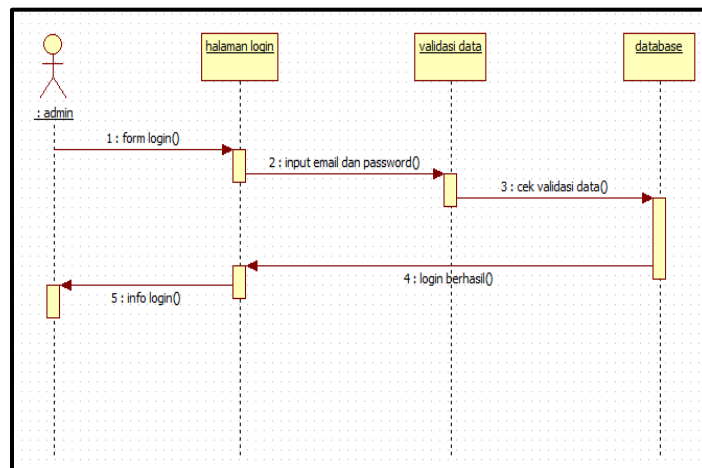
Gambar 6 berikut ini merupakan activity diagram. *Admin* harus *login* terlebih dahulu dengan menginput *username* dan *password* untuk masuk ke halaman *web admin*. *Username* dan *password* akan divalidasi oleh sistem melalui database.



Gambar 6. Activity diagram proses login

Sequence Diagram

Sequence diagram proses login *admin* sebagai *actor* dalam hal ini mengakses *web* yang berawal dari halaman *login*. Pada halaman *login* ini harus diisi dengan *username* dan *password admin* dengan benar kemudian dicek validasi kecocokan akun, jika data benar maka proses *login* berhasil dan masuk ke halaman utama *web admin*. Sequence diagram proses login dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Sequence diagram proses login

Tampilan Aplikasi Nagios

Network monitoring system menggunakan nagios berbasis web diinstal pada server yang memiliki alamat ip <http://192.168.202.90/nagios3>. Alamat tersebut merupakan alamat internal UPN yang dikelola oleh UPT.Teknologi Informasi dan Komunikasi dan hanya bisa diakses dari internal universitas. Server tersebut menggunakan *operating system* Ubuntu. Admin dapat melakukan login dengan memasukkan *username* dan *password*.



Gambar 8. Tampilan halaman utama nagios

Tactical Overview

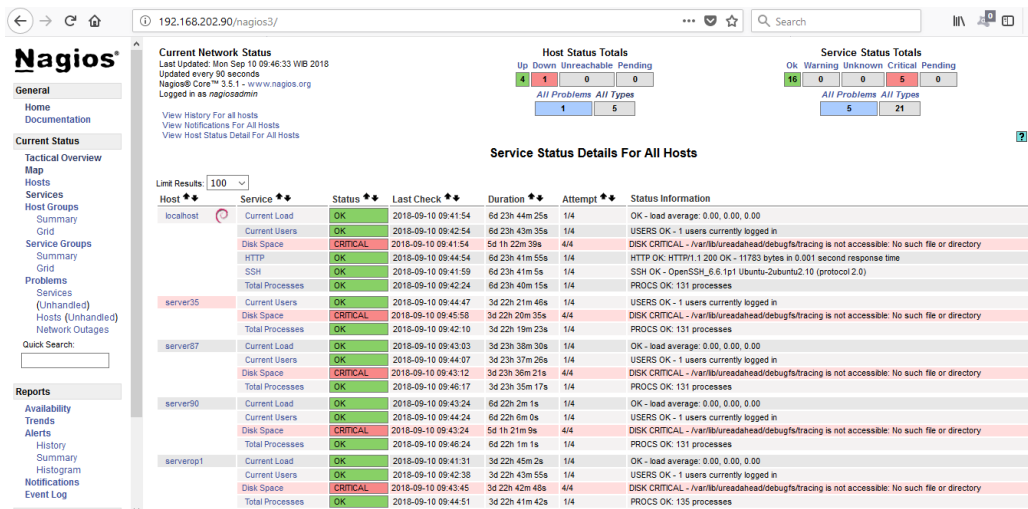
Tactical overview mempunyai beberapa layanan yaitu *status actual monitoring server*, *Service Check Execution Time*, *Service Check Latency*, *Host Check Execution Time*, *Host Check Latency*, *Active Host / Service Checks*, dan *Passive Host / Service Checks*. Nagios mengawasi host-host dan servis yang telah ditetapkan, memberi peringatan jika keadaan memburuk, dan memberi informasi kapan keadaan tersebut membaik. Kelebihan Nagios diantaranya :

1. Memonitoring layanan atau protokol jaringan. (SMTP, POP3, HTTP, Oracle, PING, dsb)
2. Desain yang sederhana pada plugin, yang membolehkan pengguna melakukan pemeriksaan terhadap layanannya dengan lebih mudah.
3. Servis cek yang paralel.
4. Pemberitahuan ketika terjadi masalah pada servis atau host dan mendapatkan pemecahannya (lewat email, atau metode user-defined)
5. Perputaran file log yang otomatis.
6. Web interface yang informatif untuk melihat status network, urutan masalah dan pemberitahuan, log file, dsb).

Map

Map disini berfungsi untuk menampilkan gambaran dari host yang akan kita monitoring kedalam bentuk peta. Jenis dari peta itu sendiri terdiri dari beberapa macam yang disediakan nagios.

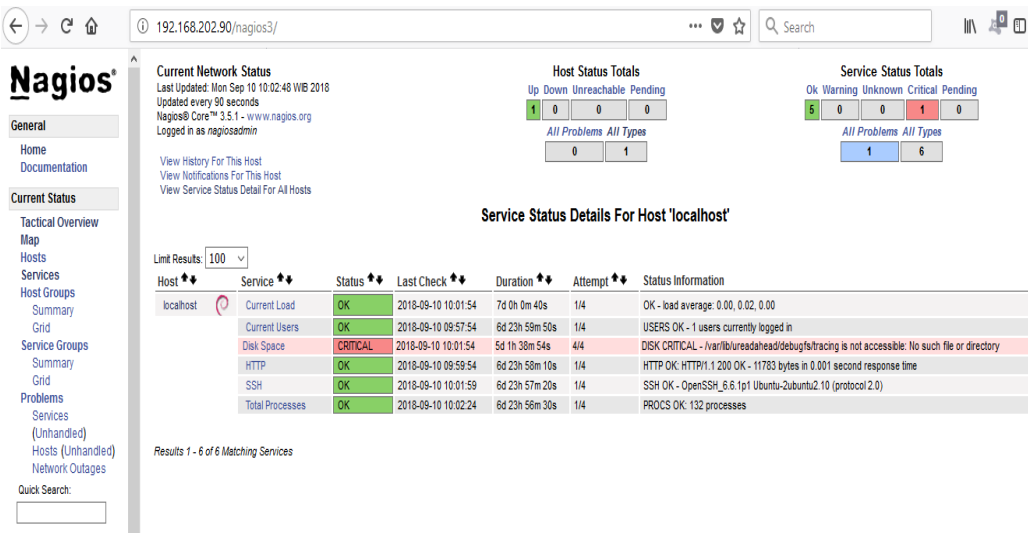
Pada Gambar 9 berikut ini merupakan list daftar host yang termonitor. Ada empat server yang termonitor dalam nagios yaitu server 35, server 80, server 37 dan serverop 1 yang ditandai dengan warna merah dan hijau. Merah menandakan host sedang down atau bermasalah dengan fungsinya, sedangkan hijau menandakan host normal atau *accessible*.



Gambar 9. Map nagios

Detail Host

Detail host menggambarkan kondisi dari sebuah *resources* dilihat dari beberapa layanan dan *protocol* yang berjalan. Sebagai contoh pada Gambar 10 berikut, server localhost terdeteksi siapa user yang sedang aktif, *disk space*, *protocol* yang aktif (http/ssh) dan total proses yang direquest oleh pengguna. Informasi-informasi ini dapat membantu seorang administrator / UPT.TIK dalam memonitor dan mengawasi kondisi lalu lintas komunikasi data dan jaringan yang ada di UPN “Veteran” Yogyakarta.



Gambar 10. Status detail host

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Nagios monitoring sistem mampu memonitor aktifitas-aktifitas sampai kepada *end user* dan layanan yang sedang berjalan.
2. Nagios monitoring sistem dapat berkomunikasi dengan server-server lain untuk mengirimkan paket protocol dan *services* untuk keperluan *problem detection*.
3. Dengan adanya nagios monitoring sistem segala tindakan preventif dapat dilakukan untuk mengantisipasi *cybercrime*, kerusakan *resources* dan kehilangan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Eko, Sakti, P., 2014. et al, *Audit dan investigasi sistem keamanan jaringan komputer di Lingkungan kampus*, Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK) Vol. 1, No. 1, hlm. 14-17.
- Inka, R., M., 2018, *Pengembangan Aplikasi Network Notification System Dengan Menggunakan Teknologi Firebase Cloud Messaging (FCM) Berbasis Android*. Skripsi. Yogyakarta : UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Panwar, P., K. & Kumar, D., 2012. "Security through SSL," International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, vol. 2, pp. 178-184.
- Pranata, Heru, et al. 2015. *Analisis Keamanan Protokol Secure Socket Layer (SSL) terhadap Proses Sniffing di Jaringan*, Student Colloquium Sistem Informasi & Teknik Informatika (SC-SITI) Palembang, 21-22 Agustus 2015. ISSN 1978-0176.
- Prayogi, Agustio. 2015. "Perancangan dan Implementasi Sistem Monitoring Jaringan Menggunakan Aplikasi Nagios Server Berbasis LINUX PADA PT.RITRANG LINGGA INDONESIA". Jurusan Teknik Informatika, STMIK PalComTech Palembang.
- Pressman., R ., 2010, *Software Engineering* 7th edition, Prentice Hall.
- Shidiq, A.,M & Nugraha A., P., 2011. *Sistem monitoring jaringan dengan protokol SNMP menggunakan piranti Bergerak*. Fakultas Teknologi Informasi. Surabaya: ITS
- Sulistyo, W., & Nugroho., 2017., *Pemodelan monitoring jaringan berbasis nagios dan the dude*. Artikel Ilmiah. Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- Yanto., J., 2016. *Implementasi Sistem Monitoring Server Menggunakan Nagios*, Seminar Nasional Telekomunikasi dan Informatika (SELISIK 2016), Bandung, ISSN 2503-2844.

PEMODELAN INVERSI 2D DAN 2,5D BAWAH PERMUKAAN CEKUNGAN KETUNGAU-MELAWI BERDASARKAN DATA GRAVITASI SATELIT DAERAH SINTANG KALIMANTAN BARAT

Yanuar Dian Pertiwi, Indriati Retno Palupi, Eko Wibowo
Teknik Geofisika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
Email: inder13101986@gmail.com

ABSTRAK

Cekungan Ketungau-Melawi merupakan cekungan sedimen di Indonesia yang terletak di Daerah Sintang, Kalimantan Barat, yang masih memiliki keterbatasan informasi. Daerah penelitian memiliki area seluas 280 km x 120 km yang meliputi Daerah Sintang dan daerah di sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil interpretasi struktur dan batas Cekungan Ketungau-Melawi berdasarkan pola kelurusan peta Tilt Derivative serta memperoleh hasil konfigurasi basement berdasarkan hasil pemodelan 2D dan 2,5D bawah permukaan daerah penelitian. Berdasarkan hasil penelitian dan penarikan pola kelurusan patahan pada peta Tilt Derivative menunjukkan hasil bahwa sesar-sesar daerah penelitian didominasi arah barat-timur. Pada pemodelan 2D dan 2,5D menunjukkan pola anomali yang sama yang menggambarkan bawah permukaan Cekungan Ketungau-Melawi yang tersusun dari batuan dasar yang berupa batuan metamorf Kompleks Semitau, di atasnya terendapkan bancuh Kelompok Selangkai, dan bagian cekungan tersusun dari beberapa sedimen seperti batupasir dan batulanau dari Formasi Ketungau, Kantu, Ingar, dan Mandai.

Kata kunci: Gravitasi Satelit, Ketungau-Melawi, Tilt Derivative

PENDAHULUAN

Daerah Sintang merupakan salah satu kabupaten yang terletak di Provinsi Kalimantan Barat. Letak Kabupaten Sintang ini berbatasan langsung dengan Negara Bagian Sarawak Malaysia. Kondisi fisiografis daerah ini berupa daerah pegunungan, patahan, dan dataran. Geologi Kabupaten Sintang disusun oleh batuan berupa serpih, batulanau, batupasir, dan konglomerat (Eko Yoan dan Moe'tamar, 2011). Cekungan Ketungau yang juga berada di Kabupaten Sintang dilaporkan sejak tahun 2003 telah terbentuk rembesan gas meskipun data geologi dan geofisika masih terbatas dalam memberikan informasi cekungan tersebut (Saultan Panjaitan, 2015).

Metode gravitasi juga merupakan sebuah metode yang mampu menggambarkan bentuk struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi medan gravitasi yang ditampilkan oleh perbedaan densitas antarbatuan (Rofikatul, 2015). Data gravitasi daerah penelitian dapat diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan atau dapat diakses serta diunduh dalam suatu situs dengan halaman web sebagai berikut <http://topex.ucds.edu>. Dalam penelitian ini, digunakan data unduhan dari situs yang disediakan oleh Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego USA, dengan data awal berupa data anomali yang telah terkoreksi udara bebas.

Pemodelan inversi 2D dan pemodelan 2,5D bawah permukaan dilakukan dengan tujuan melihat kontras densitas batuan bawah permukaan serta susunan batuan bawah permukaan daerah

penelitian yang disesuaikan dengan kondisi geologi daerah penelitian. Pemodelan inversi merupakan proses pengolahan data yang melibatkan teknik penyelesaian matematika dan statistik untuk mendapatkan informasi yang berguna mengenai distribusi sifat fisis batuan bawah permukaan (Supriyanto, 2017). Dengan melakukan beberapa pengolahan data gravitasi serta pemodelan inversi 2D dan pemodelan 2,5D bawah permukaan daerah penelitian maka dapat diperoleh informasi mengenai kondisi bawah permukaan daerah penelitian sehingga dapat diketahui pula pola cekungan yang dapat tergambarkan pada hasil analisa data gravitasi tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mendapatkan hasil interpretasi struktur dan batas cekungan berdasarkan pola kelurusan patahan pada peta Tilt Derivative.
- Mendapatkan hasil pemodelan inversi 2D dan 2,5D bawah permukaan daerah penelitian.
- Mendapatkan hasil konfigurasi basement berdasar model 2D dan 2,5D bawah permukaan daerah penelitian.

DASAR TEORI

Metode Gravitasi

Metode ini adalah metode geofisika yang sensitif terhadap perubahan vertikal, oleh karena itu metode ini sering digunakan untuk mempelajari kontak intrusi, batuan dasar, struktur geologi, endapan sungai purba, lubang di dalam masa batuan, shaff terpendam dan lain-lain (Sarkowi, 2011). Teori yang paling mendasar dalam metode gravitasi adalah hukum Newton tentang gaya tarik menarik antara dua benda dengan massa tertentu. Hukum Gravitasi Newton menyatakan bahwa hasil perkalian antara massa dua benda yang bekerja dibagi dengan kuadrat jarak benda tersebut sebanding dengan jumlah gaya yang bekerja, seperti dijabarkan pada persamaan (1):

$$\vec{F} = G \frac{m_0 m}{r^2} \hat{r} \quad (1)$$

Hukum Newton kedua mengenai gerak menyatakan bahwa jumlah gaya yang bekerja adalah sebanding dengan hasil perkalian massa benda tersebut dengan percepatan benda tersebut.

$$F = ma \quad (2)$$

Dengan menjabarkan persamaan (1) dan (2), maka didapatkan persamaan untuk menghitung percepatan gravitasi pada suatu benda, dalam hal ini planet bumi dengan persamaan (3.3) di bawah ini:

$$g = G \frac{M}{r^2} \quad (3)$$

Keterangan :

F : gaya (N)

G : konstanta gravitasi universal = $6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

M : massa benda M (kg)

m : massa benda m (kg)

r : jarak antar pusat massa benda (m)

g : percepatan (m/s^2)

Nilai gravitasi yang diukur dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu pasang surut air laut, topografi, referensi bumi, rapat massa batuan dan ketinggian (Telford, dkk., 1990). Menurut Sunaryo (2012), metode gravitasi bekerja berdasarkan kontras densitas dari batuan bumi. Anomali bouguer dapat bernilai positif atau negatif. Nilai anomali positif mengindikasikan adanya kontras densitas yang besar pada lapisan bawah permukaan, sedangkan anomali negatif menggambarkan perbedaan densitas yang kecil. Setelah dilakukan koreksi terhadap data percepatan gaya berat

hasil pengukuran maka akan diperoleh persamaan anomali percepatan gaya berat (Blakely, 1995) yaitu:

$$ABL = g_{fac} - \text{Koreksi Bouguer} + \text{Koreksi Medan} \quad (4)$$

Analisis Kurvatur

Analisis kurvatur dilakukan untuk mengetahui efek koreksi kelengkungan daerah penelitian. Dimana semakin besar nilai koreksi kelengkungan gravitasi tersebut, maka daerah penelitian berada daerah dengan kelengkungan yang besar atau pada kondisi topografi yang curam. Analisis kurvatur didapatkan dari perhitungan rumus kelengkungan pada bentuk tertutup yaitu:

$$BB = 2\pi\gamma\rho(\mu h - \lambda R) \quad (5)$$

dimana:

B : Koreksi Bullard B

γ : Konstanta Gravitasi ($6,672 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$)

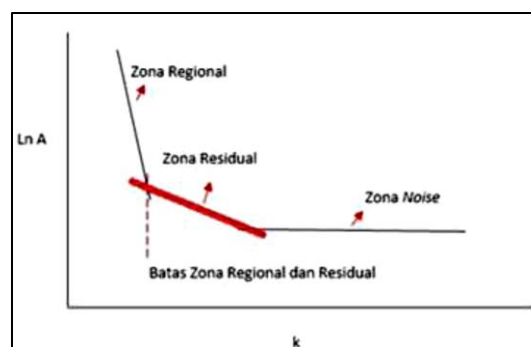
ρ : Densitas (gram/cm^3)

h : Ketinggian dari permukaan laut (meter)

R : Radius bumi ke titik pengukuran ($R=R_0+h$), di mana R_0 adalah jari-jari bumi

Analisis Spektral

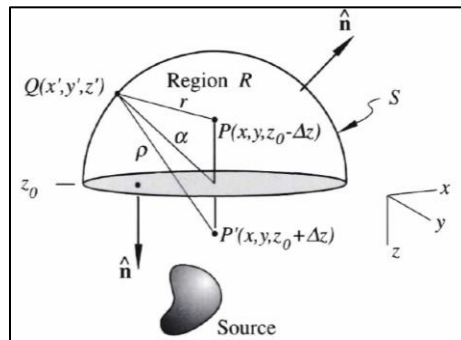
Analisis spektral digunakan untuk mendapatkan nilai estimasi kedalaman yang diperoleh dari nilai gradien persamaan garis lurus di atas. Nilai gradien hasil regresi linier zona regional menunjukkan kedalaman regional dan nilai hasil regresi linier zona residual menunjukkan kedalaman residual, seperti pada **gambar 1**.



Gambar 1. Pola hasil transformasi dalam domain spasial yang digunakan untuk mengestimasi kedalaman (Indriana, 2008)

Kontinuasi ke Atas

Kontinuasi ke atas merupakan salah satu metode untuk melihat kecenderungan anomali regional dengan cara membawa bidang pengukuran pada suatu ketinggian (h) tertentu. **Gambar 2** menunjukkan Prinsip dari kontinuasi ke atas adalah bahwa suatu medan potensial dapat dihitung pada setiap titik di dalam suatu daerah berdasarkan sifat medan pada permukaan yang dilingkupi daerah tersebut. Kontinuasi ke atas dilakukan dengan mentransformasi medan potensial yang diukur di permukaan tertentu ke medan potensial pada permukaan yang lebih jauh dari sumber. Secara matematis (Blakely, 1995), metode kontinuasi ke atas dapat dinyatakan sebagai berikut.



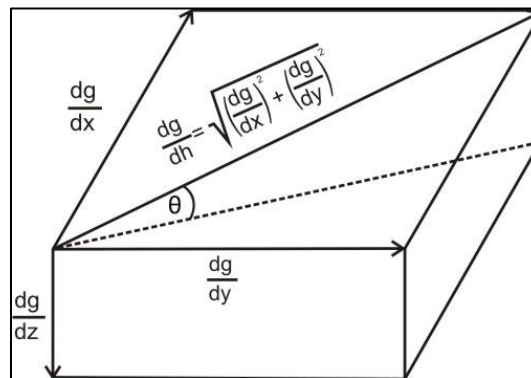
Gambar 2. Kontinuasi ke atas dari permukaan horizontal (Blakely, 1995)

$$U(x, y, z_0 - \Delta z) = \frac{\Delta z}{2\pi} \iint_{-\infty}^{\infty} \frac{U(x', y', z_0)}{[(x-x')^2 + (y-y')^2 + \Delta z^2]^{3/2}} dx' dy' \quad (6)$$

dengan $\Delta z > 0$. Persamaan di atas dapat digunakan dalam perhitungan nilai medan potensial pada sembarang titik di atas permukaan.

Tilt Derivative

Filter Tilt Derivative (TDR) merupakan salah satu analisa derivatif dalam pengolahan lanjutan metode gravitasi dan magnetik. **Gambar 3** menunjukkan TDR biasanya digunakan untuk memperjelas batas tepi atau kontak dari suatu struktur geologi seperti patahan. Filter TDR dihitung dengan membagi komponen *Vertical Derivative* (VDR) dengan THDR (Miller dan Singh, 1994):



Gambar 3. Geometri yang digunakan untuk mendefinisikan *tilt angle*, dengan dg/dx =turunan medan arah x; dg/dy = turunan medan arah y; dg/dz = turunan medan arah z; dg/dh = gradien horisontal (THDR); θ = *tilt angle* yang diukur. (Miller dan Singh, 1994)

$$TDR = \tan^{-1} \left(\frac{VDR}{THDR} \right) \quad (7)$$

dengan VDR merupakan turunan vertikal pertama dan THDR merupakan total turunan horisontal sebagaimana *horizontal gradient* yang disebutkan oleh Cordell and Grauch (1985).

Pemodelan Inversi 2D

Pada pemodelan gravitasi dengan pendekatan model 2D, bentuk penampang benda anomali dalam arah sumbu x dan z dianggap tetap atau sama sepanjang arah struktur (strike searah sumbu y). Perhitungan respons model maupun pengukuran data dilakukan sepanjang penampang yang dianggap tegak-lurus arah struktur tersebut. Untuk menggambarkan distribusi rapat massa secara 2-D maka medium didiskretisasi menjadi grid atau blok berukuran seragam (homogen) dengan rapat massa (atau lebih tepat kontras rapat massa) bervariasi. Geometri grid dianggap tetap

dan diketahui sehingga parameter model adalah rapat massa setiap blok yang dapat diperkirakan melalui pemodelan inversi linier. Solusi inversi diperoleh dengan meminimumkan *norm* model dan model inversi dinyatakan oleh:

$$m = \underline{G}^T [\underline{G} \underline{G}^T + \lambda I]^{-1} d \quad (8)$$

di mana λ adalah faktor redaman yang dapat digunakan untuk mengurangi *over-fitting* yaitu respons model yang sama persis dengan data termasuk *noise* yang terkandung dalam data. Talwani (1959) merumuskan persamaan pemodelan ke depan menggunakan poligon n-sisi yang diberikan sebagai berikut:

$$\Delta g = 2G\Delta\rho \sum_{k=1}^n \frac{b_k}{1+a_k^2} \left[\frac{1}{2} \ln \left(\frac{x_{k+1}^2 + z_{k+1}^2}{x_k^2 + z_k^2} \right) + a_k \left(\tan^{-1} \frac{x_{k+1}}{z_{k+1}} - \tan^{-1} \frac{x_k}{z_k} \right) \right] \quad (9)$$

dimana:

$$b_k = \frac{x_k z_{k+1} - x_{k+1} z_k}{z_{k+1} - z_k} \text{ dan } a_k = \frac{x_{k+1} - x_k}{z_{k+1} - z_k}$$

dengan,

Δg : respon anomali (mGal)

G : konstanta gravitasi umum ($6,6 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$)

X : posisi mendatar (m)

Z : posisi kedalaman objek (m)

$\Delta\rho$: selisih densitas objek terhadap lingkungan (gr/cm^3)

Konsep Pemodelan 2,5D

Menurut Talwani (1959), pemodelan ke depan untuk menghitung efek gravitasi model benda bawah permukaan dengan penampang berbentuk sembarang yang dapat diwakili oleh suatu poligon dengan jumlah sisi n dinyatakan sebagai integral garis sepanjang sisi-sisi poligon. Untuk keperluan komputasi, Dengan mensubstitusikan harga-harga sin, cos, dan tan dengan koordinat titik poligon dalam x dan z sebagai berikut:

$$Z_i = \frac{a_i c}{c^2 + 1} \left\{ \theta_i - \theta_{i+1} + \frac{1}{2} c \left(\frac{x_{i+1}^2 - z_{i+1}^2}{x_i^2 - z_i^2} \right) \right\} \quad (10)$$

Konsep Gravitasi Satelit

Data anomali gravitasi satelit telah disediakan oleh *The Scripps Institution of Oceanography University of California San Diego US* dan dapat diakses dari <http://topex.ucsd.edu>. Konsep dasar dari satelit gravimetri yaitu mendeteksi perubahan *gravity field* bumi dengan cara memonitor perubahan jarak yang terjadi antara pasangan 2 satelit gravimetri pada orbitnya. Kedua satelit melaju pada *track* orbit dengan jarak satelit satu ke satelit kedua sekitar 220 kilometer. Kedua satelit ini terkoneksi oleh *K-band microwave link* untuk menghitung perbedaan jaraknya secara pasti, dan seberapa besar perubahannya dengan akurasi lebih baik dari $1\mu\text{m/s}$. untuk melihat *precise attitude* dan pergerakan akibat gaya *non* gravitasi dari satelit, untuk itu kedua satelit dilengkapi dengan *star camera* dan akselerometer, sementara itu posisi dan kecepatan satelit ditentukan dari sistem GPS yang ikut terpasang du kedua pasangan satelit gravimetri tersebut. Satelit gravimetri mempunyai akurasi 1 cm untuk tinggi geoid, dan 1 mGal untuk anomali gravitasi, pada spasial grid 100 kilometer di permukaan bumi (Chelton, 2001).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berada di daerah Sintang, Kalimantan Barat dan mencakup dua subcekungan yaitu Cekungan Ketungau dan Cekungan Melawi. Data gravitasi satelit diperoleh dari <http://topex.ucsd.edu>. dengan memasukkan batas-batas koordinat daerah penelitian. data

gravitasi satelit tersebut telah tersusun secara grid. Langkah selanjutnya setelah diperoleh data gravitasi satelit adalah melakukan koreksi data gravitasi. Data gravitasi satelit yang diperoleh ini telah terkoreksi udara bebas sehingga koreksi yang dilakukan selanjutnya adalah koreksi bouguer dan koreksi medan.

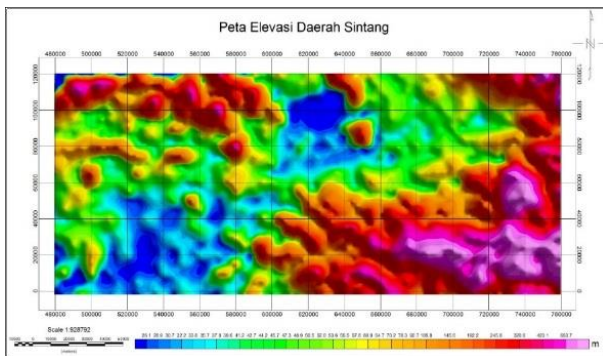
Setelah melalui tahapan koreksi data gravitasi, maka diperoleh nilai anomali bouguer lengkap yang direpresentasikan ke dalam peta anomali bouguer lengkap. Peta anomali bouguer lengkap dilakukan beberapa sayatan untuk analisis spektral agar mendapatkan estimasi kedalaman model bawah permukaan yang akan dibuat. Nilai anomali bouguer lengkap dan elevasi kemudian dilakukan koreksi kelengkungan untuk mendapatkan nilai koreksi kelengkungan gravitasi di daerah tersebut yang merupakan hasil analisis kurvatur. Peta koreksi kelengkungan gravitasi ini dilakukan beberapa sayatan untuk mendapatkan hasil penampang model 2D yang berdasarkan nilai anomali bouguer lengkap.

Selain itu, peta anomali bouguer lengkap dilakukan kontinuasi ke atas untuk memisahkan antara anomali regional dan residual dengan metode *trial and error*. Pada peta anomali residual dilakukan *filtering* data menggunakan *filter Tilt Derivative* untuk memetakan bidang-bidang kelurusan pada daerah penelitian.

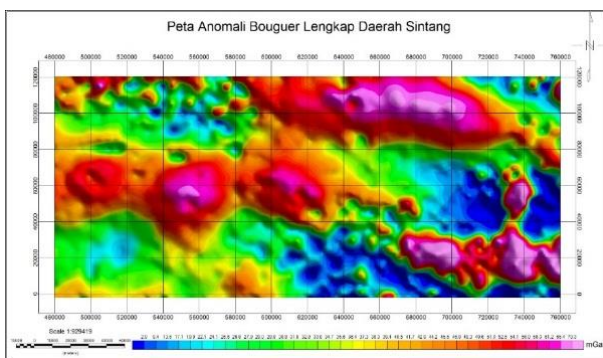
Kemudian ada peta anomali residual dilakukan beberapa sayatan dengan lokasi yang sama untuk memodelkan bawah permukaan secara 2D dan 2,5D. Keseluruhan hasil kemudian dilakukan pembahasan dan interpretasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

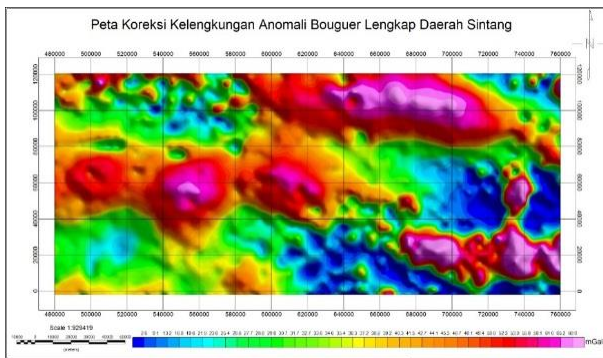
Daerah penelitian terletak pada Daerah Sintang, Kalimantan Barat, dimana di daerah penelitian tersebut terdapat Cekungan Ketungau-Melawi. Daerah penelitian dibatasi pada koordinat 480000-760000 mE dan 0-120000 mN dengan luas daerah penelitian 280 km kali 120 km. Daerah penelitian merupakan daerah yang terdiri dari dataran, tinggian, dan patahan yang dapat tergambarkan pada gambar 4, gambar 5 dan gambar 6 berikut.



Gambar 4. Peta elevasi Daerah Sintang

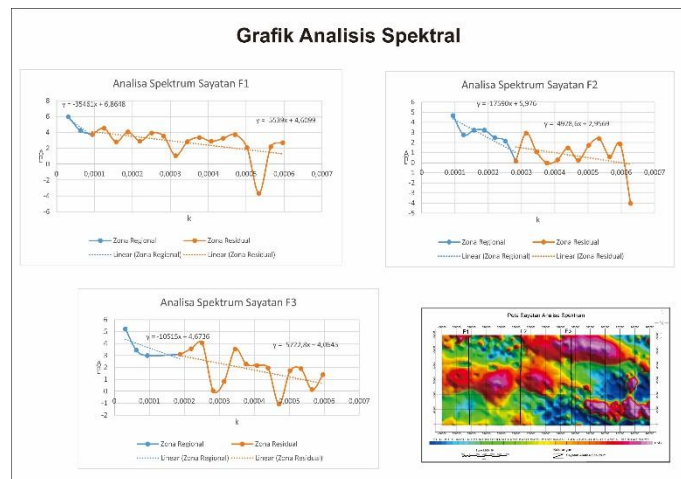


Gambar 5. Peta anomali bouguer lengkap Daerah Sintang



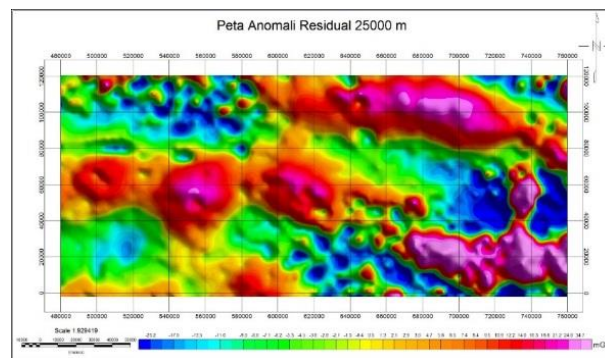
Gambar 6. Peta Koreksi Kelengkungan Anomali Bouguer Lengkap Daerah Sintang

Nilai anomali bouguer lengkap yang sudah melewati beberapa tahapan pengolahan data ini memiliki kisaran nilai antara 2,9 mGal hingga 70,3 mGal. Pada peta di atas terlihat kontur warna yang menunjukkan nilai ABL rendah, sedang, dan tinggi. Nilai ABL rendah ditunjukkan dengan kontur bewarna biru hingga hijau dengan kisaran nilai dari 2,9 hingga 35 mGal yang jika disesuaikan dengan kondisi batuan di daerah penelitian merupakan batuan sedimen yang mengisi daerah Cekungan Ketungau-Melawi. Pada daerah dengan nilai ABL tinggi diinterpretasikan sebagai bagian dari Tinggian Semitau yang tersusun dari batuan metamorf yang merupakan batuan asal daerah penelitian, nilai ABL tinggi ini berkisar antara 45,5 hingga 70,3 mGal yang ditunjukkan pada kontur bewarna jingga hingga merah muda. Namun, untuk lebih memastikan hasil interpretasi agar mendapatkan informasi sesuai kondisi daerah penelitian diperlukan beberapa tahapan pengolahan lanjutan. Pada hasil peta analisis kurvatur didapatkan kenampakan yang tidak jauh berbeda dengan peta anomali bouguer lengkap. Hal ini dapat diartikan bahwa daerah penelitian berada pada lokasi dengan daerah kelengkungan yang kecil atau pada daerah yang relatif datar yaitu pada daerah dengan perbedaan topografi yang tidak signifikan seperti pada gambar 7.



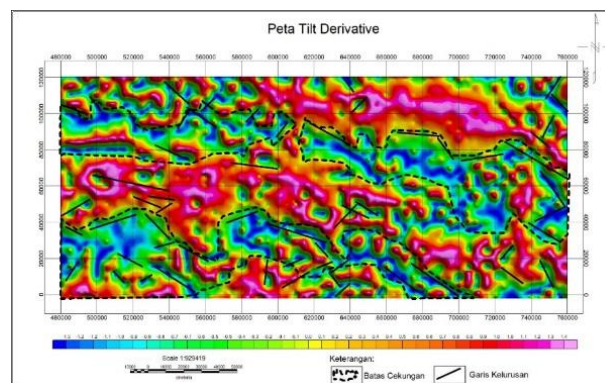
Gambar 7. Grafik Analisis Spektral Sayatan

Hasil analisis spektral di atas berupa grafik yang menunjukkan dipisahkannya antara zona residual dan zona regional. Pada penelitian kali ini, estimasi kedalaman yang digunakan pada pemodelan bawah permukaan menggunakan estimasi kedalaman anomali lokal dengan tujuan mendapatkan nilai kedalaman *basement*. Pada sayatan F1 di bagian timur memperoleh nilai kedalaman mencapai 5,5 km dan pada F2 yang berada di timur sayatan F2 memperoleh nilai kedalaman anomali residual hingga 4,9 km seperti pada gambar 8. Pada F3 diperoleh nilai kedalaman anomali residual mencapai 5,7 km. Dari ketiga sayatan ini diperoleh kurang lebih mencapai kedalaman anomali residual pada kedalaman 5 km.



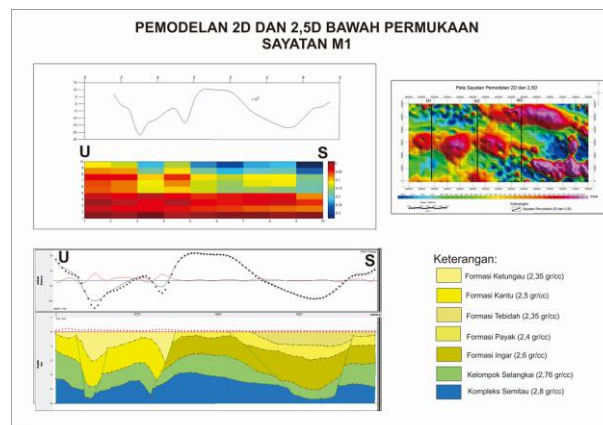
Gambar 8. Peta Anomali Residual Daerah Sintang

Daerah yang memiliki nilai anomali lokal merupakan daerah yang tersusun oleh batuan yang memiliki densitas batuan yang tinggi yang jika disesuaikan dengan penelitian terdahulu, daerah pada tengah peta yang memotong dua daerah bernilai rendah merupakan daerah yang disebut dengan Tinggian Semitau yang terdiri dari kompleks batuan metamorf. Pada anomali residual (**Gambar 9**) dengan nilai rendah dapat diidentifikasi sebagai bagian dari daerah Cekungan Ketungau-Melawi yang merupakan kelompok batuan sedimen yang terpisahkan karena adanya Tinggian Semitau yang memanjang dari barat ke timur.



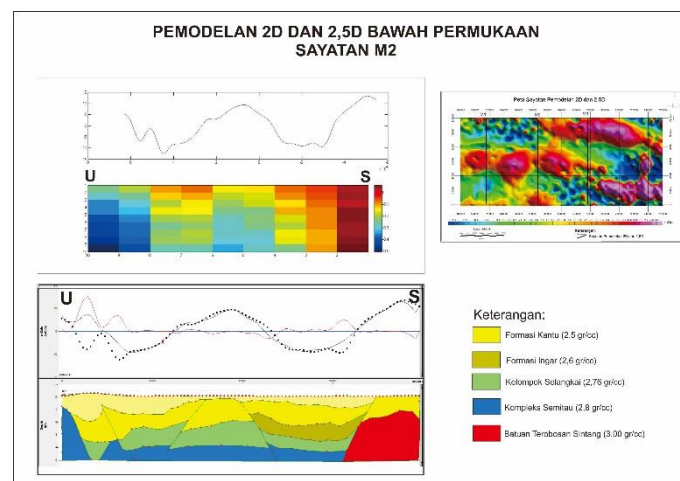
Gambar 9. Peta *Tilt Derivative*

Pengolahan gravitasi lanjutan menggunakan *filter Tilt Derivative* adalah untuk menentukan batas cekungan dan mengidentifikasi batas-batas kontak litologi atau garis-garis kelurusan. Pada peta di atas ditunjukkan batas-batas cekungan yang diwakili oleh garis putus-putus berwarna hitam yang berada di bagian utara, selatan, serta timur, dimana daerah cekungan ini dibatasi oleh anomali yang bernilai tinggi yang memanjang dari barat hingga timur. Berdasarkan peta geologi daerah penelitian, banyak struktur atau patahan yang mengontrol daerah penelitian, oleh karenanya dilakukan interpretasi garis-garis kelurusan pada peta *Tilt Derivative* ini untuk mengidentifikasi lokasi-lokasi garis struktur tersebut yang ditunjukkan dengan garis lurus berwarna hitam. Garis lurus berwarna hitam tersebut menunjukkan beberapa kontak litologi atau *lineament* dan garis kelurusan yang menunjukkan adanya suatu patahan. Berdasarkan informasi geologi serta penelitian terdahulu, menyebutkan bahwa sesar pengontrol daerah penelitian didominasi oleh sesar naik yang memanjang relatif arah timur-barat yaitu Sesar Boyan. Dimana Sesar Boyan ini yang membatasi Subcekungan Melawi di selatan dan Subcekungan Ketungau di utara **Gambar 10**.



Gambar 10. Pemodelan 2D dan 2,5D Bawah Permukaan Sayatan M1

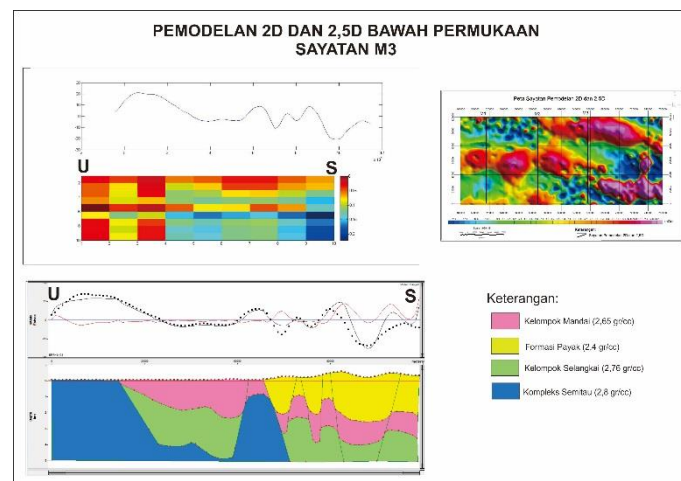
Model 2,5D bawah permukaan di atas memperlihatkan bahwa sayatan bagian utara merupakan bagian dari sedimen Subcekungan Ketungau, kemudian bagian tengah merupakan bagian dari Tinggian Semitau, dan bagian selatan merupakan bagian dari sedimen Subcekungan Melawi. Daerah penelitian memiliki batuan dasar yang termasuk dalam Kompleks Semitau yang terdiri batuan metamorf seperti sekis hijau, batu hijau, dan amfibolit dengan nilai densitas batuan rata-rata 2,8 gram/cc yang ditunjukkan oleh warna biru pada model di atas. Di atas batuan dasar terendapkan batuan Kelompok Selangkai yang merupakan batuan bencuh dengan densitas batuan sebesar 2,76 gram/cc. Hasil pemodelan inversi 2D menunjukkan kurva nilai anomali gravitasi pada sayatan M1 yang fluktuatif. Model inversi ini dibuat dengan menggunakan 4 lapisan dan 10 kotak serta diasumsikan mencapai kedalaman hingga 5 kilometer. Dalam penentuan model inversi 2D ini diperlukan informasi mengenai letak atau posisi yang diduga sebagai anomali yang bernilai tinggi dan kemudian juga menggunakan informasi densitas batuan untuk setiap lapisan pada pemodelan inversi ini ditunjukkan pada **gambar 11**.



Gambar 11. Pemodelan 2D dan 2,5D Bawah Permukaan Sayatan M2

Sayatan ditarik dari arah utara ke selatan, sehingga pada penampang bagian kiri merupakan sayatan bagian utara yang merupakan bagian dari Subcekungan Ketungau. Pada bagian kanan penampang yang berarti sayatan di bagian selatan merupakan bagian dari Subcekungan Melawi. Subcekungan Ketungau pada model di atas tersusun oleh tiga jenis batuan, yaitu sedimen Formasi Kantu, sedimen dan bencuh Kelompok Selangkai, serta batuan dasar Kompleks Semitau. Ketebalan sedimen pada Subcekungan Ketungau ini mencapai 4,5 kilometer.

Pada Subcekungan Melawi, digambarkan pada model 2,5D bawah permukaan di atas menggambarkan bahwa cekungan ini memiliki tiga jenis batuan penyusun, yaitu Formasi Ingar, Kelompok Selangkai, serta Kompleks Semitau. Formasi Ingar merupakan satuan batuan yang tersusun dari batulumpur, batupasir halus dan pelapisan batulanau yang memiliki nilai densitas rata-rata batuan sebesar 2,5 gram/cc. Kelompok Selangkai juga tersusun dari batuan sedimen seperti batupasir dan bancuh, sehingga nilai densitas rata-rata yang digunakan adalah 2,76 gram/cc. Sedimen penyusun Subcekungan Melawi ini mencapai kedalaman sejauh 4,5 kilometer. Pemodelan inversi 2D di atas merupakan hasil dari inversi menggunakan 25 iterasi dengan terlebih dahulu menentukan pusat anomali serta memasukkan nilai densitas batuan bawah permukaan seperti yang digunakan pada pemodelan 2,5D bawah permukaan. Penampang hasil inversi ini menunjukkan besar beda nilai densitas batuan bawah permukaan yang menyusun daerah penelitian atau batuan yang berada pada lokasi sayatan M2. Beda nilai densitas batuan bawah permukaan seperti yang tampak pada penampang di atas menunjukkan nilai antara -0,5 gram/cc hingga 0 gram/cc. Warna biru atau beda nilai densitas kecil berada di sayatan bagian selatan yang merupakan bagian dari sedimen Subcekungan Melawi. Hal ini berarti bahwa batuan penyusun Subcekungan Melawi yang berupa batupasir dan batuan sedimen lainnya memiliki beda densitas batuan yang relatif kecil. Lain halnya pada bagian selatan sayatan seperti pada **gambar 12** yang merupakan bagian dari Subcekungan Ketungau, menunjukkan ada pola berwarna merah yang mengindikasikan bahwa densitas batuan bawah permukaan tersebut memiliki beda nilai antara -0,5 hingga -0,2 gram/cc. Dimana nilai ini juga tidak terlalu besar dengan batuan penyusun seperti batupasir dengan pelapisan batulanau Formasi Ingar serta batuan sedimen Kelompok Selangkai.



Gambar 12. Pemodelan 2D dan 2,5D Bawah Permukaan Sayatan M3

Jenis batuan pertama merupakan bagian dari Kelompok Mandai yang mempunyai nilai densitas rata-rata batuan sebesar 2,65 gram/cc. Batuan Kelompok Mandai ini terdiri dari batupasir, batulumpur, dan batulanau. Jenis batuan kedua adalah batuan dari Formasi Payak yang memiliki densitas rata-rata batuan sebesar 2,4 gram/cc yang merupakan satuan batuan yang terdiri dari sedimen batupasir. Selanjutnya, digambarkan pula adanya batuan sedimen Kelompok Selangkai yang memiliki densitas rata-rata batuan sebesar 2,76 gram/cc dengan batuan berupa sedimen batupasir serta bancuh. Dan pada batuan dasar terdapat Kompleks Semitau yang merupakan batuan metamorf yang terdiri dari dari sekis hijau, amfibiolit, dan batuhijau dengan rata-rata batuan bernilai 2,8 gram/cc. Kedua subcekungan ini terpisahkan oleh adanya batuan Kompleks Semitau. Pada Subcekungan Ketungau yang berada di bagian utara, berdasarkan model di atas memiliki ketebalan sedimen hingga 4,5 kilometer dengan sedimen yang berasal dari Kelompok Mandai dan Kelompok Selangkai. Sedangkan pada Subcekungan Melawi

yang ada di bagian selatan menunjukkan bahwa subcekungan tersebut tersusun dari sedimen Fornasi Ingar yang terendapkan di atas Kelompok Mandai, dan Kelompok Selangkai dengan total tebal sedimen mencapai 5 kilometer. Hasil penampang 2D di atas merupakan hasil dari pengolahan inversi menggunakan *software Matlab* dengan menggunakan 25 iterasi. Model dibuat dengan asumsi batuan bawah permukaan sebanyak empat lapisan dan dengan kedalaman mencapai lima kilometer. Model inversi ini menunjukkan kontras nilai densitas batuan bawah permukaan dengan batuan di sekitarnya. Skala warna penampang di atas menunjukkan kontras nilai antara -0,2 sampai 0 gram/cc.

Pemodelan 2D dan 2,5D menunjukkan pola kemiripan yang sama-sama menggambarkan kondisi bawah permukaan daerah penelitian. Pada pemodelan 2D, penggambaran model bawah permukaan didasarkan pada adanya beda nilai densitas batuan bawah permukaan yang menyusun daerah penelitian. Sedangkan pada pemodelan 2,5D, model bawah permukaan didasarkan pada nilai densitas batuan penyusun daerah penelitian dan geometri dari masing-masing batuan penyusun tersebut yang berhubungan dengan nilai kesalahan pada pemodelan 2,5D.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah:

- a. Hasil analisa cekungan dari pola tinggian dan rendahan pada Peta *Tilt Derivative* adalah pada tinggian merupakan daerah pemisah dua subcekungan yang terdapat di daerah penelitian yang merupakan bagian dari Tinggian Semitau sedangkan pada daerah rendahan merupakan subcekungan yang diisi oleh sedimen-sedimen beberapa formasi batuan penyusun daerah penelitian. Cekungan di bagian utara merupakan sebagian dari Cekungan Ketungau yang memanjang dari barat ke timur dan pada bagian selatan merupakan bagian dari Cekungan Melawi yang juga memanjang dari barat ke timur. Serta sesar-sesar pengontrol daerah penelitian didominasi oleh tren arah barat-timur.
- b. Hasil pemodelan 2D dan 2,5D menunjukkan model bawah permukaan yang sama karena konsep yang digunakan pun sama namun perbedaan dari kedua model ini adalah dalam model 2D parameter yang digunakan adalah nilai densitas batuan sedangkan pada model 2,5D parameter yang digunakan adalah nilai densitas serta geometri bawah permukaan. Berdasarkan hasil pemodelan 2D dan 2,5D maka didapatkan konfigurasi *basement* dari daerah penelitian ini adalah merupakan bagian dari Kompleks Semitau yang tersusun dari batuan metamorf seperti sekis hijau yang kemudian di atasnya terendapkan sedimen dan bancuh Kelompok Selangkai dan cekungan terisi dengan sedimen-sedimen berupa batupasir dan batulanau dari beberapa formasi seperti Formasi Kantu, Formasi Ketungau, Formasi Payak, dan Formasi. Dimana susunan batuan ini diterobos oleh Batuan Terobosan Sintang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan Terimakasih kami sampaikan kepada Kemenristekdikti dan LPPM UPN "Veteran" Yogyakarta yang telah memberikan bantuan dana penelitian dalam Program Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi tahun 2018 ini. Terimakasih juga kami haturkan kepada Jurusan Teknik Geofisika dan Jurusan Teknik Geologi UPN Veteran Yogyakarta yang telah membantu dalam Penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Blakely, R.J. 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Application*. Cambridge University Press. USA
- Grandis, H. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika ITB*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI) Jakarta.
- Heryanto, R., dkk. 1993. *Peta Geologi Lembar Sintang Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan

- Pengembangan Geologi Bandung.
- LaFehr, T. R., 1991. *An Exact Solution for The Gravity Curvature (Bullard B) Correction*. Geophysics Vol. 56 No 8 (Agustus 1991) hal 1179-1184.
- Ningrum, Trias., dkk., 2011. *Studi Identifikasi Struktur dan Prospek Hidrokarbon Daerah Frontier pada Cekungan Melawi-Ketungau, Kalimantan Barat dengan Metode Gayaberat*. JTM Vol. XVIII No 2.
- Panjaitan, Saultan. 2015. *Dinamika dan Evolusi Cekungan Ketungau Kalimantan Barat Berdasarkan Metode Gayaberat*. Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral Vol. 16 No. 2 hal 103-114.
- Pieters, P.E., dkk., 1993. *Peta Geologi Lembar Putussibau, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Reynolds, J.M., 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Wiley and Sons Inc., England
- Santy, L. D., H. Panggabean. 2013. *The Potential of Ketungau and Silat Shales in Ketungau and Melawi Basins, West Kalimantan: For Oil Shale and Shale Gas Exploration*. Indonesian Journal of Geology Vol. 8 No 1. Pp 39-53.
- Serway, Raimond A. Dan Jhon W. Jeweet, Jr. 2009. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Supriyanto. 2007. *Analisis Data Geofisika : Memahami Teori Inversi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Supriatna, S., dkk., 1993. *Peta Geologi Lembar Sanggau, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Surono, dkk., 1993. *Peta Geologi Lembar Pegunungan Kapuas, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Suyono. 2013. *Stratigrafi and Tectonics of the East Ketungau Basin West Kalimantan during Palaeogene*. Indonesian Journal of Geology Vol 8 No. 4, pp 205-214.
- Talwani, Manik., 1959. *Rapid Gravity Computations For Two-Dimensional Bodies With Application To The Mendocino Submarine Fracture Zone, J. Geophys. Res.*, 64(1), 49-59, 1959
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. dan Keys, D.A., 1982, *Applied Geophysics Second Edition, Cambridge University Press*.
- Telford, W.M., Goldrat, L.P., dan Sheriff, R.P. 1990. *Applied Geophysics 2nd ed*. Cambridge University Pres. Cambridge.
- Toreno, Eko Yoan., dan Moe'tamar. 2011. *Eksplorasi Umum Bauksit di Kabupaten Sintang Provinsi Kalimantan Barat*. Prosiding Hasil Kegiatan Pusat Sumber Daya Geologi.
- Y. Noya., dkk., 1993. *Peta Geologi Lembar Nangaobat, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- <http://topex.ucds.edu>

ISBN 978-602-553-419-5



9 786025 534195

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**