

ISBN : 978-979-8420-14-6

PERHAPI

PERHIMPUNAN AHLI PERTAMBANGAN INDONESIA
ASSOCIATION OF INDONESIAN MINING PROFESSIONALS

PROSIDING



**KONSERVASI BAHAN TAMBANG
MENUJU MASA DEPAN
INDUSTRI PERTAMBANGAN INDONESIA
YANG LEBIH BAIK**



DAFTAR ISI

Kata pengantar
Daftar Isi

i
ii

KELOMPOK I : EKSPLORASI

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | Praktek Pelaksanaan Quality Control Batubara PT. Sumber Kurnia Buana, Akhmad Gazali ¹ , Tya Kusumah ² , Adrianus Hutaeruk ³ , Lufi Rachmad ⁴ , ^{1,2,3} <i>Quality Control</i> , ⁴ <i>Operasional PT. SKB, PT. Sumber Kurnia Buana</i> | 1 |
| 2 | Pemisahan Model Geologi di Kintap Barat Karena Perbedaan Signifikan Pada <i>Dip/Kemiringan</i> Batubara, Aryoseno ¹ , Sigit Putrasakti ² , ¹ <i>Geology & Geotechnical Supervisor Tambang Kintap</i> , ² <i>Geologist Departemen Mineral Resources, PT. Arutmin Indonesia</i> | 13 |
| 3 | Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Penentuan Disain Lereng Rencana Jalan Hikari-Boboka PT. ANTAM, Tbk Ubp Nikel Maluku Utara Site Tanjung Buli, Bimo Wicaksono ¹ ; Risono ^{2,1} <i>Geotechnical Engineer PT ANTAM, Tbk UBP Nikel Maluku Utara</i> , ² <i>Buli Mining Operation Bureau Head PT ANTAM, Tbk UBP Nikel Maluku Utara</i> | 20 |
| 4 | Studi Struktur Perlapisan Batubara Menggunakan Analisa Distribusi Energi Waktu-Frekuensi Terhadap Data GPR, Eddy Ibrahim ^{*)} dan Taufik Toha ^{**) , *) Pusat Penelitian Energi Universitas Sriwijaya **) Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya} | 29 |
| 5 | Penggunaan <i>Multidimensional Scaling</i> Dalam Pemetaan Potensi Sektor Pertambangan Di Indonesia, Galang Prayedha Wartadji, ST. , Dr. Ir. Barlian Dwinagara, MT. , ¹ <i>Mineral and Coal Studio (Konsultan Pertambangan)</i> , ² <i>Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta</i> | 36 |
| 6 | Eksplorasi Batuan Beku Dengan Metode Geolistrik Untuk Mengetahui Sebaran Serta Volumennya Dalam IUP PT. Birawa Pandu Selaras, Oriza satifa , <i>PT. Bhakti Energi Persada</i> | 46 |
| 7 | Aplikasi Sistem Informasi Tambang Terpadu Untuk Multisite Di PT ANTAM (Persero) Tbk, Sugiyono , Tafia Sulistyani , Arif Hindarto , Novi Feri Rusiana Dewi , Adang Arifien , <i>PT. Aneka Tambang (Persero), Tbk</i> | 56 |

KELOMPOK II : OPERASI PENAMBANGAN

- | | | |
|----|---|-----|
| 8 | Implementasi Drill Provision (Drill High Precision Gps) System Untuk Mendapatkan Hasil Peledakan Yang Optimal Di PIT Bendili, PT. Kaltim Prima Coal, ¹Aris Hermawanto, ²Aryuni Adinda, <i>¹Senior Drill & Blast EGINEER, ²Engineer Dispatch, PT. Kaltim Prima Coal</i> | 62 |
| 9 | Rekonsiliasi Penambangan Antara Perencanaan Tambang Jangka Pendek Dengan Realisasi Berdasarkan Block Model Dan Peta Topografi Periode Semester 1-2013 Di Site Tanjung Buli UBP Nikel Maluku Utara, PT. Antam (Persero) Tbk., Febrylian F. Chabibi¹; Risono², <i>¹ Survey Engineer PT. Antam (Persero) Tbk UBP Nikel Maluku Utara, ²Buli Mining Operation Bureau Head PT. Antam (Persero) Tbk. UBP Nikel Maluku Utara</i> | 70 |
| 10 | Konsep Studi Penambangan Batubara Sistem Tambang Bawah Tanah Di PT. Sumber Kurnia Buana, F. Sinaga, L. Rachmad, <i>PT. Sumber Kurnia Buana</i> | 76 |
| 11 | Strategi Penambangan Batubara Di Daerah Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, Hidayatullah Sidiq, Andyono B Santoso, <i>DnP MineConsult, Yogyakarta</i> | 86 |
| 12 | Optimalisasi Final PIT Tambang Tal Timur (MOT) Untuk Mendukung kebijakan Konservasi Energi, Joko Tunggal, Suherman, <i>PT. Bukit Asam (Persero), Tbk</i> | 98 |
| 13 | Introduction To The Concept Of System Approach To Mining Hydrogeological Problems, Lilik Eko Widodo, <i>Research Group on Earth Resources Exploration, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institute Technology of Bandung</i> | 106 |
| 14 | Analisis Time Sheet Alat Berat, Studi Kasus Tambang Nikel Pomalaa, Di PT. ANTAM (Persero) Tbk, Muhammad Zulfikar Muslim, Aldino Yulianto, Yudi Agus Susanto, Febri Estiadi Prihasto, <i>Mineral Resources Department, PT ANTAM (Persero) Tbk.</i> | 112 |
| 15 | Aplikasi Ice Box Untuk Menurunkan Suhu Lingkungan Kerja Pada Antam UBPE Pongkor, Indonesia, Radyan Prāsetyo , Siswanto** , <i>*Ventilation Engineer Antam Underground Mining Business Unit, Pongkor, **Sr. Officer Ventilation Antam Underground Mining Business Unit, Pongkor, PT. Aneka Tambang (Persero), Tbk</i> | 122 |

PROSIDING TPT XXII PERHAPI 2013

- 16 Pengaruh Formasi Geologi Terhadap Kecepatan Pengeboran Batuan Andesit Pada Formasi Andesit Tuan Dan Formasi Nglanggran Di Daerah Istimewa Yogyakarta, **Dr.Ir.Singgih Saptono, MT., Khaerul Subaki, Atyanta Wihikan , Rizky Pratama P.D., Sidik Mualim, Sony Hadi Ismanto Siagian, UPN "Veteran" Yogyakarta** 131
- 17 Analisis Tingkat Kerentanan Airtanah Pada Rencana Pertambangan Batubara Di Barito Timur, Kalimantan Tengah, **Shofa Rijalul Haq¹, Barlian Dwinagara², Karlina Triana³, Tedy Agung Cahyadi²,** ¹*Mineral and Coal Studio (Konsultan Pertambangan),* ²*Teknik Pertambangan, UPN "veteran", Yogyakarta,* ³*Program Pasca Sarjana Teknik Geologi UGM, Yogyakarta* 140
- 18 *Material Types* Sebagai Acuan Optimalisasi Peledakan Tambang Di Tambang Terbuka Grasberg^{*}), **Teguh Setiadi, Luhur Prasetyo, dan Irics Tabuni,** *Geoservices Surface Mine-Geology Department, Geoservices Division, PT. Freeport Indonesia,* 149
- 19 Analisis Korelasi Hubungan *Productivity Vs Match Factor* Dan *Production Cost* Pada alat muat R996S Dan EX3500S Dengan Alatangkut EH 4500 Dan CAT789 Pada Penambangan Bendili Prima PIT, Hatari Department, PT. Kaltim Prima Coal, **Wahyu Asmoro Nursandi dan Tambar Sugara, PT. Kaltim Prima Coal** 156
- 20 Perancangan Penambangan Batugamping Untuk Pabrik Semen Di Kabupaten Banyumas Provinsi Jawa Tengah, **Waterman Sulistyana B*, Zulkarnaen**, *Magister Teknik Pertambangan UPN Veteran Yogyakarta, **Prodi Teknik Pertambangan, FTM, UPN "Veteran" Yogyakarta** 167
- 21 Bahan Peledak Emulsi Curah Untuk Peledakan Batuan Reaktif Di Pertambangan (*Bulk Emulsion For Reactive Ground*), **Pudji Suprpto^a, Anggaria Maharani^a,** ^a*Energetic Material Center, PT DAHANA (Persero)* 174
- 22 Dampak Dan Estimasi Biaya Coal Rehandle Apakah Menguntungkan Bagi PT.KPC? Studi Kasus Coal Mining Department PT. Kaltim Prima Coal, **Vita Meilani, Snr.Mining Engineer Coal Mining Department- PT. KPC** 181
- 23 Rekonsiliasi Bulanan Sebagai Metode Praktis Untuk Mengetahui Ketidaksesuaian Antara Rencana Penambangan Dan Kondisi Aktual, Studi Kasus Pit 4-7 Senakin Mine Site, PT Arutmin Indonesia, **Moses Simaremare, PT Arutmin Indonesia** 192

PROSIDING TPT XXII PERHAPI 2013

- 24 Aplikasi Daya Dukung Tanah Terhadap Pemilihan Tipe Alat Kerja Di Area PIT Tambang Terbuka, **Yahdi Azzuhry, S.T.⁽¹⁾, Dr. Barlian Dwinagara⁽²⁾**, ⁽¹⁾*Mining Geotechnical Engineer Mineral & Coal Studio (Konsultan Pertambangan)*, ⁽²⁾*Departemen Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.* 202

KELOMPOK III : EKONOMI MINERAL

- 25 "Re-Invent" Our Approach On The Economics Of Mining Project For Improved Investment Decision, **Nuzulul Haq, F. Hary Kristiono**, *Medco Energi Mining International* 208
- 26 Penggunaan Average Unit Cost Sebagai Salah Satu Alternatif Metode Penilaian Kelayakan Ekonomi Investasi Peralatan Tambang (Studikamus: Dump Truck 196 Ton pada operasi Penambangan PT Kaltim Prima Coal - Sangatta), **Wandi Kamajaya¹, Yanto Widodo²**, ¹*Business Analysis Department*, ²*Mining Support Division, PT Kaltim prima Coal* 218

KELOMPOK IV : KEBIJAKAN

- 27 Tantangan Peran Kepemimpinan Daerah Untuk Pemanfaatan Data Geologi Dan Sumberdaya Mineral Dalam Perencanaan Pembangunan Jawa Tengah Studi Kasus : Di Wonosobo Dan Banyumas, **Agus Hendratno**, *Jurusan Teknik Geologi – Fakultas Teknik UGM* 232
- 28 Pengolahan Dan Pemurnian Mineral Untuk Kelestarian Lingkungan Dan Kemakmuran Rakyat, **Ir. Amirrusdi, MSi.**, *Assesor Kompetensi LSP PERHAPI, Praktisi Pertambangan & Lingkungan* 243
- 29 Ketidak Selarasan Peraturan Menteri Esdm No 18 Tahun 2008 Dan Atau Peraturan Pemerintah No 78 Tahun 2010 Dengan Amdal Dalam Merencanakan Peruntukan Pasca Tambang, **Gunawan Nusanto**, *Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertambangan-FTM, UPN " Veteran" Yogyakarta* 249

KELOMPOK V : GEOTEKNIK

- 30 Faktor Geoteknik Dalam Penempatan Limbah Tailing Pada Tampungan Di Bagian Lereng Low-Wall, **Supandi*,** & Nindya Bayu N****, ^{**}*PT Borneo Indobara*, ^{*}*Jurusan Teknik Pertambangan, STTNAS Yogyakarta* 255

- 31 Perencanaan Teras PIT Floor Karena Kemungkinan Potensi Undercut Pada Low Wall PIT 2, ¹**Aryoseno**, ²**Rizki Habibie**, ¹*Geology & Geotechnical Supervisor*, ²*Mine Engineering Supervisor*, *PT. Arutmin Indonesia* 265
- 32 Optimasi Tambang Lama (Erstberg Open PIT) Untuk Mitigasi Potensi Banjir Di Kawasan Pabrik Pengolahan Bijih MP-74, **Eman Widijanto**, **Guritno Prasetyo**, **Iwan Setiawan**, **Rahayadi Karnain**, *Civil Geotech & Regional Hydrology*, *PT Freeport Indonesia* 272
- 33 Aplikasi Pendekatan Probabilistik Dalam Analisis Kestabilan Lereng Pada Daerah Ketidakstabilan Dinding Utara Di PT. Newmont Nusa Tenggara, **Eko Santoso**¹⁾, **Irwandy Arif**²⁾, **Ridho Kresna Wattimena**³⁾, ¹⁾ *Program Studi Magister Rekayasa Pertambangan*, *Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan - ITB* 283
- 34 Penerapan *Subsurface Monitoring* Pergerakan Lereng (*Case Study*) Material Sedimen Di Area Sesar PIT LW, **Didit Nur Arif**^{1,a)}, **Patmo Nugroho**^{1,b)}, **Hotmanahan Timbul**^{1,c)}, ¹ *Geotechnical Engineer*, *PT. Adaro Indonesia* 292
- 35 Karakteristik Akuifer Di Daerah Simpang Empat, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan, **Asdie Fitri Nugroho**¹⁾, **Tubagus Hendratmo**¹⁾, **Barlian Dwinagara**²⁾, ¹⁾ *Mineral and Coal Studio*, ²⁾ *Dosen Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta* 301
- 36 Kajian Geoteknik Terhadap Kestabilan PIT MEA Low Wall Site DKB PT. Atlas Resources, **Pungky Sampurno**, **M. A Jamal Musta'in**, *PT. Atlas Resources* 307
- 37 Ground Control Management Plan To Maximise Coal Recovery Near Unstable PIT Slopes Using Slope Stability Radar – Case Studies PT Wahana Baratama Mining, **Rachmat Hamid Musa**¹⁾, **Indra Syafriya**²⁾, **Nikodemus**³⁾, ¹ *Geotechnical Engineer PT GroundProbe Indonesia*, ² *Service Manager PT. GroundProbe Indonesia*, ³ *Geotechnical Engineer PT. Wahana Baratama Mining* 314
- 38 Kajian Geoteknik Terhadap Kestabilan Lereng Tanggul *Check Dam* Dan *Taj Mahal* Tambang Nikel PT Antam, Buli Kecamatan Maba, Kabupaten Halmahera Timur Provinsi Maluku Utara, **Ashadhien Noer Pratama**¹, **Barlian Dwinagara**², **Yahdi Azzury**³, ¹ *Mineral and Coal Studio Yogyakarta*, ² *Staf Pengajar Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta*, ³ *Mineral and Coal Studio Yogyakarta* 322

PROSIDING TPT XXII PERHAPI 2013

**ANALISIS TINGKAT KERENTANAN AIRTANAH PADA
RENCANA PERTAMBANGAN BATUBARA DI BARITO TIMUR,
KALIMANTAN TENGAH**

Shofa Rijalul Haq¹, Barlian Dwinagara², Karlina Triana³, Tedy Agung Cahyadi²

¹Mineral and Coal Studio (Konsultan Pertambangan)

²Teknik Pertambangan, UPN "veteran", Yogyakarta

³Program Pasca Sarjana Teknik Geologi UGM, Yogyakarta

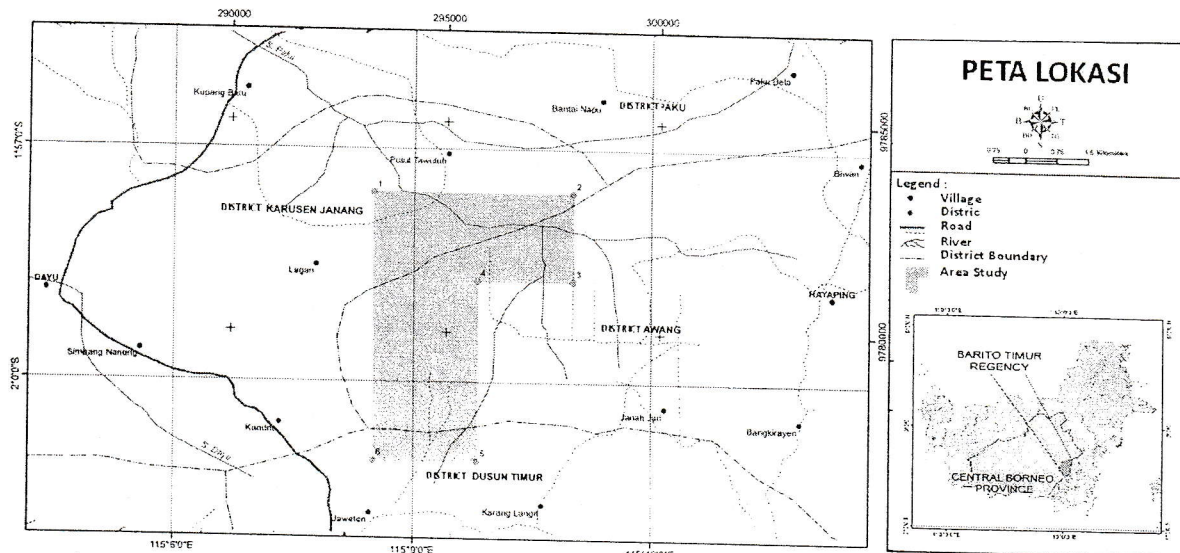
Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 mewajibkan setiap perusahaan pertambangan di Indonesia untuk melakukan kegiatan perlindungan dan pengelolaan pada lingkungan hidup. Salah satunya adalah kegiatan perlindungan dan pengelolaan terhadap pencemaran airtanah akibat aktivitas pertambangan. Analisis tingkat kerentanan airtanah bertujuan untuk mengetahui zonasi batas atau tingkat ketahanan airtanah terhadap suatu pencemaran di lokasi rencana kegiatan pertambangan. Tingkat kerentanan air tanah tersebut digunakan sebagai acuan untuk menentukan lokasi sarana dan prasarana pertambangan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode DRASTIC. Parameter kerentanan yang digunakan dalam metode tersebut adalah kedalaman airtanah dari permukaan (Depth to groundwater), curah hujan (Recharge), media akifer (Aquifer media), jenis tanah (Soil), Topografi, pengaruh media pada zona tak jenuh air (Impact of vadoze zone) dan konduktifitas hidrolis (Conductivity). Metode DRASTIC membagi masing-masing parameter menjadi beberapa kelas menurut rating, dan membobotkan tiap parameter tersebut berdasarkan pengaruhnya terhadap kerentanan airtanah. Hasil akhir dari penelitian ini adalah peta kerentanan airtanah dengan nilai indeks berkisar antara 82 (rendah) sampai 165 (tinggi). Dari peta tersebut dapat disimpulkan bahwa daerah yang paling rentan terletak disebelah utara lokasi penelitian, sehingga kegiatan perlindungan dan pengelolaan dapat difokuskan didaerah tersebut.

Kata Kunci: Air tanah, Kerentanan, Pertambangan Batubara, DRASTIC

PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu sumber energi alternatif yang potensial di Indonesia. Menurut Badan Geologi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), sumberdaya batubara Indonesia saat ini mencapai 65,4 miliar ton. Hal tersebut menjadikan industri pertambangan di Indonesia memiliki daya tarik usaha dan investasi. Banyak perusahaan pertambangan yang tersebar luas di Indonesia. Salah satu daerah di Indonesia dimana terdapat banyak kegiatan pertambangan batubara adalah Pulau Kalimantan. Di sisi lain, kegiatan pertambangan batubara dengan sistem *open pit* telah diketahui sebagai kegiatan yang menyebabkan degradasi terhadap lingkungan. Dampak lingkungan dari tambang terbuka tidak hanya perubahan dari bentang alam, tetapi juga bahaya kesehatan manusia. Sehingga, Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 mewajibkan setiap perusahaan pertambangan di Indonesia untuk melakukan kegiatan perlindungan dan pengelolaan pada lingkungan hidup. Salah satunya adalah kegiatan perlindungan dan pengelolaan terhadap pencemaran airtanah akibat aktivitas pertambangan batubara. Areal penelitian adalah salah satu konsesi pertambangan

batubara yang berlokasi di Barito Timur, Kalimantan Tengah (Gambar 1). Sebagian besar masyarakat khususnya di Barito Timur menggunakan airtanah sebagai sumber air yang utama. Airtanah umumnya memiliki kualitas yang lebih baik daripada air permukaan karena tidak mudah tercemar. Namun, jika terjadi pencemaran di dalam airtanah, akan sulit dilakukan pemulihan.



Gambar 1. Peta Lokasi Rencana Penambangan Batubara

Kualitas airtanah dipengaruhi oleh ada atau tidaknya zat pencemar yang masuk ke airtanah dan kondisi fisik daerah tersebut. Hal ini disebabkan airtanah terdapat pada lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah, sehingga mempengaruhi tingkat bahaya airtanah terhadap suatu pencemaran (Widyastuti, 2012). Konsep kerentanan airtanah mendasarkan pada asumsi bahwa kondisi fisik lingkungan memiliki tingkat perlindungan airtanah terhadap pencemaran (Vrba dan Zaporozec, 1994).

Menurut Foster dkk (2002), istilah kerentanan mulai digunakan secara intuitif dalam dunia hidrogeologi pada tahun 1970an di Prancis (Albiner dan Margat, 1970) dan dikenal lebih luas pada tahun 1980an (Haertle, 1983; Aller dkk, 1978; Foster dan Hirata, 1988). Margat (1987) menyatakan dalam Vrba dan Zaporozec, (1994) bahwa, kerentanan airtanah dipengaruhi oleh faktor hidrogeologi yang pokok yaitu kedalaman muka airtanah, penyerapan cadangan permukaan, hubungan antara tanah dan air permukaan, dan rata – rata kecepatan aliran airtanah. Interpretasi kondisi hidrogeologi dalam hal kerentanan bersifat kualitatif dan tidak memasukkan komponen perpindahan polutan dari permukaan tanah ke airtanah.

Berbagai macam aktivitas pertambangan yang dapat menyebabkan pencemaran misalnya adalah pembangunan sarana dan prasarana jalan angkut, penimbunan *overburden*, kegiatan di *workshop*, kegiatan pengolahan dan penimbunan batubara, serta pembuangan limbah domestik dari karyawan.

Suatu pemodelan untuk pengukuran tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran penting dilakukan, terkait dengan perlindungan dan pengelolaan airtanah dari pencemaran akibat kegiatan pertambangan. Sehingga dapat diketahui zonasi tingkat kerentanan airtanah bebas terhadap pencemaran di lokasi rencana pertambangan batubara, Barito Timur, Kalimantan Tengah.

METODOLOGI PENELITIAN

Terdapat banyak metode yang telah digunakan untuk mengestimasi tingkat kerentanan airtanah. Metode penentuan tingkat kerentanan airtanah pada dasarnya dibagi menjadi tiga kategori yang umum (Javadi, 2011), yaitu: metode proses yang berdasarkan simulasi, metode statistik dan metode tumpang susun (*index overlay*). Metode tumpang susun merupakan metode yang sangat mudah diterapkan, khususnya dengan menggunakan sistem informasi geografis (SIG). Menurut Putra (2007), sampai saat ini metode tumpang susun tersebut telah banyak dikembangkan seperti GOD (Foster, 1987), IRISH (Daly dan Drew, 1999), AVI (Van Stemproot dkk., 1993), Hoelting dkk (1995), SVV (Putra, 2007) dan DRASTIC (Aller dkk., 1987).

Menurut Foster (1998), metode yang paling banyak diketahui dan dapat diterapkan hampir pada berbagai kondisi daerah adalah metodologi DRASTIC (Aller dkk, 1987). Metode tersebut menggunakan tujuh parameter dalam perhitungan nilai indeks kerentanannya. Setiap parameter memiliki nilai bobot dan peringkat yang spesifik. Ketujuh parameter tersebut adalah kedalaman air tanah (*Depth to water*), laju pengisian kembali (*Recharge*), jenis akifer (*Aquifer*), jenis tanah (*Soils*), kemiringan (*Topography*), dampak terhadap zona tak jenuh (*Impact of Vadose Zone*), konduktivitas hidrolis akifer (*Conductivity of aquifer*). Indeks DRASTIC dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$V = \sum_{i=1}^7 (W_i \times R_i)$$

Dimana V adalah nilai indek kerentanan dari DRASTIC. W_i adalah koefisien pembobotan dari tiap parameter (i) yang terkait nilai rating terkait dari R_i . Parameter DRASTIC mempunyai bobot 1-5, tergantung dari tingkat kepentingan dan kontribusinya terhadap potensi pencemaran. Klasifikasi dan rating DRASTIC dapat dilihat pada Tabel 1 sampai Tabel 7, sedangkan penilaian bobot tiap parameter disajikan pada Tabel 8.

Tabel 1. Klasifikasi dan rating untuk kedalaman airtanah

Kedalaman Airtanah (m)		
Kelas	Rentang	Rating
1	0-1,5	10
2	1,5-4,5	9
3	4,5-9,0	7
4	9,0-15	5
5	15-22,5	3
6	22,5-30	3
7	>30	1

Tabel 2. Klasifikasi dan rating untuk curah hujan

Curah Hujan (mm/tahun)		
Kelas	Rentang	Rating
1	0-1500	2
2	1500-2000	4
3	2000-2500	6
4	2500-3000	8
5	>3000	10

Tabel 3. Klasifikasi dan rating untuk akifer

Media Akifer		
Kelas	Media	Rating
1	<i>Shale</i> massif	2
2	Batuan metamorf/beku	3
3	Lapukan batuan metamorf	4
4	Batugamping, batupasir dan <i>shale</i>	6
5	Batupasir massif	6
6	Batugamping masif	6
7	Pasir dan kerikil	8
8	Basal	9
9	Batugamping karst	10

Tabel 4. Klasifikasi dan rating untuk tanah

Media Tanah		
Kelas	Media	Rating
1	Kerikil	10
2	Pasir	9
3	Agregat lempung	7
4	Lempung pasiran	6
5	Lempung	5
6	Lempung lanauan	4
7	Lempung non-agregat	1

Tabel 5. Klasifikasi dan rating topografi

Topografi (%)		
Kelas	Rentang	Rating
1	0-2	10
2	2-6	9
3	6-12	5
4	12-18	3
5	>18	1

Tabel 6. Klasifikasi dan rating untuk zona tak jenuh

Media Zona Tak Jenuh		
Kelas	Media	Rating
1	Lempung lanauan	1
2	<i>Shale</i>	3
3	Batugamping	6
4	Batupasir	6
5	Perlapisan batugamping, batupasir dan <i>shale</i>	6
6	Pasir dan kerikil dengan lanau dan lempung	6
7	Metamorf/beku	4
8	Pasir dan kerikil	8
9	Basal	9

Media Zona Tak Jenuh		
Kelas	Media	Rating
10	Batugamping Karst	10

Tabel 7. Klasifikasi dan rating untuk konduktivitas akifer

Konduktivitas akifer		
Kelas	Rentang	Rating
1	1-100	1
2	100-300	2
3	300-700	4
4	700-1000	6
5	1000-2000	8
6	>2000	10

Tabel 8. Penilaian Bobot tiap Parameter

Parameter	Bobot
Kedalaman air tanah (<i>Depth</i>)	5
Laju pengisian kembali (<i>Recharge</i>)	4
Media akifer (<i>Akuifer</i>)	3
Media tanah (<i>Soils</i>)	2
Kemiringan (<i>Topography</i>)	1
Dampak pada zona vadose (<i>Impact of Vadose Zone</i>)	5
Konduktivitas akifer (<i>Conductivity</i>)	3

Metode DRASTIC yang dipublikasikan oleh Aller dkk (1987) tidak menyediakan indeks klasifikasi dari tingkat kerentanan, sehingga pada penelitian ini, indeks yang digunakan adalah sistem klasifikasi tingkat kerentanan dari Civita dan De Regibus 1995, Corniello dkk. 1997. Sistem klasifikasi ini memberikan lima kelas tingkat kerentanan air tanah dari metode DRASTIC sebagai berikut :

- Sangat tinggi (indeks kerentanan >199),
- Tinggi (160–199),
- Sedang (120–159),
- Rendah (80–119), dan
- Sangat rendah (<79)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter-parameter yang dipertimbangkan dalam pembobotan tingkat kerentanan airtanah meliputi kedalaman air tanah (*depth to water*), laju pengisian kembali (*recharge*), media akifer (*aquifer*), media tanah (*soils*), kemiringan (*topography*), dampak terhadap zona tak jenuh (*impact of vadose zone*), konduktivitas hidrolis akifer (*conductivity of aquifer*). Tingkat kerentanan airtanah dibuat dengan menumpang tindihkan ketujuh parameter DRASTIC yang ada pada daerah penelitian.

Kedalaman Air Tanah (*Depth to Water*)

Kedalaman air tanah di area rencana lokasi penambangan adalah sekitar 9,4 sampai 33,3 meter. Kedalaman tersebut diukur melalui lubang bor eksplorasi dan geoteknik. Melalui pengukuran tersebut kemudian dapat diperoleh pemodelan secara dua dimensi.

Laju Pengisian Kembali (*Recharge*)

Laju pengisian kembali dihitung melalui data curah hujan di daerah sekitar rencana penambangan batubara. Curah hujan di areal penelitian rencana penambangan batubara termasuk dalam kategori yang tinggi, yaitu sekitar 3000 mm per tahun (Barito Timur Dalam Angka, 2010). Curah hujan yang tinggi kemungkinan dapat berpengaruh secara signifikan terhadap pencemaran airtanah. Hal tersebut disebabkan curah hujan yang tinggi membuat laju infiltrasi menjadi lebih tinggi, sehingga pencemar lebih mudah untuk mencapai airtanah.

Media Akifer (*Aquifer*)

Daerah penyelidikan dari lapisan yang tua ke muda tersusun oleh beberapa formasi, yaitu Formasi Dahor, dan Formasi Warukin. Formasi Dahor, yang tersusun atas batupasir kuarsa lepas berbutir terpilah buruk, konglomerat lepas dengan komponen kuarsa yang berdiameter 1-3 cm, batulempung lunak. Secara umum daerah area studi didominasi oleh material batupasir, meskipun terdapat material penyusun lainnya seperti kuarsa, konglomerat, dan sisipan batubara. Batupasir bersifat sebagai media aliran airtanah yang dapat meloloskan airtanah.

Media Tanah (*Soils*)

Berdasarkan lubang bor serta observasi di lapangan, tanah di daerah penelitian didominasi oleh lempung pasir yang terdapat di bagian selatan areal rencana pertambangan. Sedangkan di bagian utara, masih dapat dijumpai gambut.

Kemiringan (*Topography*)

Peta topografi di area rencana pertambangan disiapkan melalui digital elevation model (DEM) yang didapatkan dari USGS. Berdasarkan peta kemiringan lereng, daerah penelitian memiliki kemiringan lereng bervariasi antara 8 sampai 15%. Berdasarkan klasifikasi DRASTIC, hampir seluruh daerah penelitian masuk ke dalam kategori daerah kemiringan rendah, yaitu 0-2%. Daerah dengan tingkat kemiringan rendah menyebabkan air memiliki kesempatan untuk meresap ke dalam tanah, sedangkan pada daerah dengan tingkat kemiringan lebih tinggi air cenderung langsung mengalir.

Dampak Terhadap Zona Tak Jenuh (*Impact of Vadose Zone*)

Jenis zona tak jenuh air ditentukan berdasarkan karakteristik dari material, termasuk jenis dan batas tanah serta batuan di bawah muka airtanah. Material tersebut akan mengontrol arah maupun waktu tempuh yang dibutuhkan untuk mencapai airtanah. Berdasarkan lubang pemboran eksplorasi dan geoteknik, zona tak jenuh di daerah rencana pertambangan didominasi oleh lempung lanau dan sedikit pasir.

Konduktivitas Hidrolis Akifer (*Conductivity of Aquifer*)

Konduktivitas hidrolis akifer merupakan kemampuan dari akifer untuk meloloskan air dan berpengaruh terhadap kecepatan aliran air tersebut. Semakin besar nilai konduktivitas hidrolis maka potensi terjadinya pencemaran pada airtanah juga akan semakin besar. Konduktivitas hidrolis di daerah rencana pertambangan adalah 0,088-1,334 m/hari. Nilai tersebut didapatkan

berdasarkan pengujian *slug test* dan *pumping test* pada pemboran geoteknik yang telah dilakukan.

Tabel 9. Indeks DRASTIC Lubang Bor 1

Parameter	Data	Rating	Bobot	Jumlah
<i>Depth</i>	9,4 m	5	5	25
<i>Recharge</i>	3039 mm	10	4	40
<i>Akuifer</i>	Pasir massif	6	3	18
<i>Soils</i>	Lempung pasiran	6	2	12
<i>Topography</i>	8%	5	1	5
<i>Impact of Vadose Zone</i>	Lempung lanau	3	5	15
<i>Conductivity</i>	0,43m/hari	1	3	3
Indeks DRASTIC				118

Tabel 10. Indeks DRASTIC Lubang Bor 2

Parameter	Data	Rating	Bobot	Jumlah
<i>Depth</i>	11,8 m	5	5	25
<i>Recharge</i>	3039 mm	10	4	40
<i>Akuifer</i>	Pasir massif	6	3	18
<i>Soils</i>	Lempung pasiran	6	2	12
<i>Topography</i>	15%	3	1	3
<i>Impact of Vadose Zone</i>	Lempung lanau	3	5	15
<i>Conductivity</i>	0,317 m/hari	1	3	3
Indeks DRASTIC				116

Tabel 11. Indeks DRASTIC Lubang Bor 3

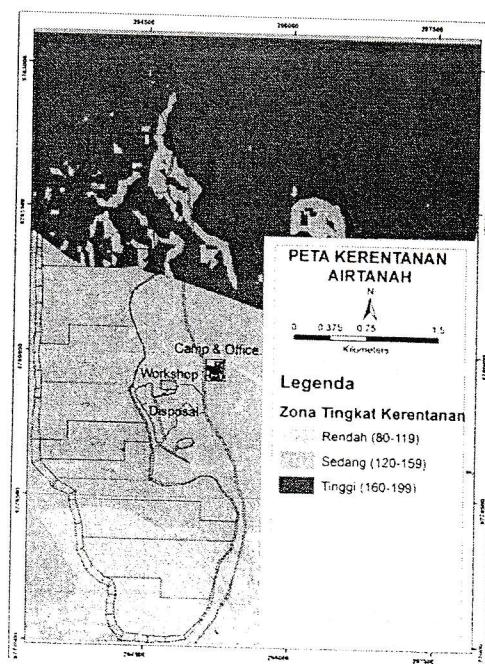
Parameter	Data	Rating	Bobot	Jumlah
<i>Depth</i>	33,3 m	1	5	55
<i>Recharge</i>	3039 mm	10	4	40
<i>Akuifer</i>	Pasir massif	6	3	18
<i>Soils</i>	Lempung pasiran	6	2	12
<i>Topography</i>	8%	5	1	5
<i>Impact of Vadose Zone</i>	Lempung lanau	3	5	15
<i>Conductivity</i>	1,33 m/hari	1	3	3
Indeks DRASTIC				98

Tabel 12. Indeks DRASTIC Lubang Bor 4

Parameter	Data	Rating	Bobot	Jumlah
Depth	4,6 m	7	5	35
Recharge	3039 mm	10	4	40
Akuifer	Pasir	8	3	24
Soils	Pasir	9	2	18
Topography	15%	5	1	5
Impact of Vadose Zone	Pasir dan kerikil	8	5	40
Conductivity	0,43 m/hari	1	3	3
Indeks DRASTIC				165

Peta Kerentanan Airtanah di Lokasi Rencana Pertambangan Batubara, Barito Timur

Setelah menentukan semua parameter yang dibutuhkan, maka parameter tersebut diklasifikasi dan diberikan peringkat kemudian dikalikan dengan faktor pembobotannya untuk mendapatkan nilai indeks DRASTIC. Indeks DRASTIC dibagi menjadi 5 kelas. Nilai indeks yang semakin besar mengindikasikan tingkat kerentanan yang semakin tinggi, sedangkan nilai yang kecil mengindikasikan tingkat kerentanan yang rendah. Setelah nilai DRASTIC pada tiap lubang bor didapatkan, kemudian diinterpolasi dengan menggunakan metode Krigging untuk mendapatkan deliniasi antar titik, sehingga diketahui zona pada daerah penelitian. Hasil olah data dengan metode DRASTIC berupa peta tingkat kerentanan airtanah dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Zonasi Tingkat Kerentanan Airtanah di Lokasi Rencana Pertambangan

Berdasarkan klasifikasi DRASTIC dari Civita dan De Regibus 1995, Corniello dkk. 1997, daerah penelitian memiliki tingkat kerentanan rendah (*low*), sedang (*moderate*), tinggi (*high*). Distribusi tingkat kerentanan airtanah rendah terdapat di daerah bagian selatan, sedangkan tingkat kerentanan yang sedang terdapat di lokasi rencana *pit* penambangan. Kontribusi masing-masing parameter DRASTIC terhadap tingkat kerentanan airtanah di daerah penelitian berbeda-beda. Parameter yang memiliki kontribusi rendah adalah parameter konduktivitas hidrolis akifer (*conductivity*), sedangkan parameter yang memiliki kontribusi tinggi adalah jumlah *recharge*.

KESIMPULAN

Hasil zonasi tingkat kerentanan airtanah di daerah rencana pertambangan di Barito Timur, Kalimantan Tengah terbagi menjadi tiga indeks nilai, yaitu tingkat rendah, sedang, dan tinggi. Tingkat kerentanan airtanah rendah meliputi daerah dengan luas sebesar 12,99 % dari luas total, terdapat di daerah bagian selatan. Nilai tingkat kerentanan sedang adalah meliputi 33,13 % dari luas total, yang tersebar banyak terdapat di lokasi rencana *pit* penambangan. Sedangkan nilai tingkat kerentanan tinggi mendominasi daerah penelitian sebelah utara, yaitu sebesar 53,87 %. Berdasarkan hasil zonasi tingkat kerentanan tersebut dapat disimpulkan bahwa perlu dibuat skala prioritas untuk pengelolaan airtanah terkait lokasi sarana dan prasarana yang telah direncanakan, sehingga dapat meminimalkan dampak pertambangan batubara terdapat airtanah di daerah penelitian, Barito Timur, Kalimantan Tengah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aller, L., Bennet, T., Lehr, J. H., Petty, R. J., Hackett, G., *DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Groundwater Pollution Potential using Hydrogeological Settings*, EPA/600/2-87/035. US Environmental Protection Agency, USA (1987).
- Civita, M. and De Regibus, C., *Sperimentazione di alcune metodologie per la valutazione della vulnerabilità degli acquifer*. Q Geol Appl Pitagora Bologna 3: 63-71 (1995).
- Corniello, A., Ducci, D., and Napolitano, P., *Comparison between parametric methods to evaluate aquifer pollution vulnerability using GIS: an example in the Piana Company, Southern Italy*. In: *Marinos P., Koukis G., Tsiambaos G., Stournaras G. (Eds). Engineering Geology and the Environmental*, Balkema, Rotterdam, 1721-1726 (1997).
- Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D'Elia, M., Paris, M., *Groundwater Quality Protection : A Guide for Water Utilities, Municipal Authorities, and Environment*, The World Bank-Global Water Partnership Groundwater Management Advisory Team (GW-MATE), Washington D.C., (1988).
- Javadi, S., *Modification of DRASTIC Model to Map Groundwater Vulnerability to Pollution Using Nitrate Measurements in Agricultural Areas*, Journal of Agricultural Science and Technology, **13**, pp.239-249 (2011).
- Putra, D.P.E., *The Impact of Urbanization on Groundwater Quality. A Case Study in Yogyakarta City - Indonesia*, Mitteilungen zur Ingenieurgeologie und Hydrogeologie, Heft 96, 148 S, Okt 2007, Herausgegeben vom Lehrstuhl fuer Ingenieurgeologie und Hydrogeologie, Univ.-Prof. Dr. R. Azzam, RWTH Aachen, Germany (2007).
- Vbra, J., Zaporosec, A.: *Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability*. International Association of Hydrogeologist (International Contributions to Hydrogeology 16). Verlag Heinz Heise, Hannover (1994).
- Widyastuti, A.P., *Zonasi Kerentanan Airtanah Bebas Terhadap Pencemaran dengan Metode APLIS di Kecamatan Wonosari Kabupaten Gunung Kidul*, Jurnal Bumi Indonesia, Vol. 1, No. 2, pp. 38-46 (2012).