PROCEEDING

SEMINAR NASIONAL GEOMEKANIKA IV

"PERAN GEOMEKANIKA DALAM PEMBANGUNAN PERTAMBANGAN & INFRASTRUKTUR"

26 - 28 OKTOBER 2017
HOTEL PANGERAN BEACH,
PADANG, SUMATERA BARAT

INDONESIA

9 786025 069604

PROCEEDING

SEMINAR NASIONAL GEOMEKANIKA IV

HOTEL PANGERAN BEACH, PADANG,

26-28 OKTOBER 2017

Editor:

Bambang Heriyadi

Fadhilah

Yoszi Mingsi Anaperta

Denny Prananda Libriyon

Organized by:

Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

Indonesian Rock Mechanics Society

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan rakhmat-Nya sehingga kegiatan Workshop dan Seminar Nasional Geomekanika IV Tahun 2017 dapat terselenggara pada 26-28 Oktober 2017 dengan baik, hasil kerjasama antara Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang dengan Indonesian Rock Mechanics Society (IRMS).

Seperti kita ketahui, isu geomekanika di Indonesia pada beberapa tahun belakangan ini semakin mengemuka seiring dengan perkembangan pembangunan di Indonesia pada beberapa bidang, antara lain industri pertambangan mineral dan batubara (Minerba), industri perminyakan, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), PT Kereta Api Indonesia (PT KAI), serta Kementerian Pekerjaan Umum. Oleh karena itu, seminar ini mengambil tema *"Peran Geomekanika Dalam Pengembangan Pertambangan Infrastruktur"*.

Prosiding ini menampilkan kumpulan makalah meliputi **Peran Geoteknik dalam Perencanaan Penambangan**, **Rock Properties dan Pengujian Geoteknik**, **Ekskavasi Batuan, Analisis Kestabilan Lereng, Analisi Lubang dan Terowongan, Rock Support and Ground Improvement, Instrumentasi dan Monitoring, Geohazard dan Manajemen Resiko** merupakan kontribusi dari institusi pemerintah, industri/praktisi, akademisi/peneliti, dan mahasiswa.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terselenggaranya seminar ini. Harapan kami, semoga prosiding ini bermanfaat.

Padang, 23 Oktober 2017

Editor

DAFTAR ISI

Paper Code		Paper Title & Authors	Halaman
Peran Geoteknik dalam Perencanaan Penambangan			
RC	01	*Mekanisme Wedge Failure dan Toppling Failure Kaitannya dengan Keefektifan Desain Tambang Untuk Meminimalkan Potensi Pergerakan di Pit D2, Tambang Binungan, PT Berau Coal* Sindu UMBORO, Lukman HAKIM dan Welly TURUPADANG	1
Rock Properties dan Pengujian Geoteknik I			
RP	01	*Studi Pengaruh Setelah Pemanasan Pada Temperatur 200ºC, 400 ºC, dan 600ºC Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Batu Pasir di Laboratorium* Sukuanto TANOTO dan Nuhidro Priagung WIDODO	9
RP	02	*Pengaruh Pelapukan Terhadap Kekuatan Batuan* PURWANTO, Abdul MUHAIMIN, BUSTHAN, Ratna HUSAIN, dan DJAMALUDDIN	15
RP	03	*Studi Kandungan Mineral Clay Pada Pembawa Lapisan Batubara Untuk Memprediksi Adanya Potensi Swelling Pada Lantai Tambang Batubara Bawah Tanah* Putri Nova Haryu DHANTI, Aditya Denny PRABAWA, dan Karmila LAITUPA	23
RP	04	*Analisis Pengaruh Keasaman Air Terhadap Kuat Tekan Uniaksial Pada Batu Pasir* Aditya Denny PRABAWA, Putri Nova H.D, dan Aris HERDIANSYAH	33
RP	05	*Analisis Pengaruh Dimensi Contoh Batuan Terhadap Nilai Kuat Tekan Batuan Pada Uji Kuat Tekan Uniaksial* Aris HERDIANSYAH, dan Karmila LAITUPA	39
RP	06	*Studi Korelasi Uji Cepat Rambat Gelombang Ultrasonik dan Uji Kuat Tekan Uniaksial Pada Claystone Terhadap Perubahan Temperatur* Diana PURBASARI , Rr. Harminuke Eko HANDAYANI, dan Erwil MARBUN	47
RP	07	*Analisis Perilaku Bergantung Waktu Pada Batuan Vein Kuarsa Dengan Uji Rayapan Uniaksial Beban Konstan* Yohanes M. N. F. R. Demu RATO, Irwandy ARIF, dan Nuhindro Priagung WIDODO	53
RP	08	*Metode Fotoelastis Untuk Menentukan Distribusi Tegangan PAda Berbagai Bentuk Lubang Bukaan Menggunakan Uji Biaksial* Ivan Angga UTAMA, Nirmana Fiqra QAIDAHIYANI, Nuhindro Priagung WIDODO, Made Astawa RAI, dan Budi SULISTIANTO	59

Ekskavasi Batuan			
EB	01	*Prediksi Jarak Lemparan Fly Rock Akibat Kegiatan Peledakan di PT Dahana Jobsite PT Adaro Indonesia, Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan* Ir. Yuliadi, M.T, Himmatul Aulia PUTRI, dan Ir.Dwihandoyo MARMER	67
Analisis Kestabilan Lereng			
AKL	01	*Tinjauan Pengaruh Alterasi Hidrotermal Terhadap Kualitas Massa Batuan dan Kondisi Kestabilan Lereng di Tambang Emas Pit South Osela, Provinsi Sulawesi Utara* Rama Tri SAKSONO, I Gde Budi INDRAWAN, dan Raymond Yonathan RUMAPAR	75
AKL	02	*Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Batugamping di Daerah Citatah, Padalarang, Jawa Barat* Raymon YOHANES, Ridwan SYARIF, dan Nuhindro Priagung WIDODO	87
AKL	03	*Analisis Kestabilan Lereng High Wall dan Low Wall Pada Pit 700 East Pada PT. Rinjani Kartanegara, Kecamatan Loa Janan Kartanegara, Kalimantan Timur, Kabupaten Kutai* SAHRUL,dan Rian Mayer LIBERTI	95
AKL	04	*Aplikasi Pendekatan Probabilistik Dalam Analisis Kestabilan Lereng Pada Daerah Ketidakstabilan Dinding Low Wall PT. Newmont, Nusa Tenggara* Novandri Kusuma WARDANA, LUSITANIA, dan Bayurohman P. PUTRA	103
AKL	05	*Pemodelan Pengaruh Kadar Air Tanah terhadap Parameter Mekanik untuk Desain Lereng Aman di Lereng Jalan Setinjau Laut Kota Padang* Milia PUTRI, Roro Rasi PUTRA, dan Bambang HERIYADI	117
AKL	06	*Pemetaan Kestabilan Lereng Zona Pemetaan Kestabilan Lereng Zona Alterasi Pada Lokasi Penambangan Emas Pit Durian PT J Resourses Bolaang Mongondow Site Bakan* Osmaini Sutra HAYATI, Galih Wahyu SANGAJI, Raimon KOPA dan Raymond Yonathan RUMAPAR	123
AKL	07	*Analisis Kestabilan Desain Lereng Pada Tambang Open Pit PT A; Geologi dan Geomekanik* Laily Iza MAULINA, Friska AGUSTIN, Slamet WIDAGDO, Trijanto POESPITO, Syafrizal, Chalid Idham ABDULLAH	133
AKL	08	*Analisis Stabilitas Lereng pada Penampang B-B' (Studi Kasus: Pit Tambang Air Laya Barat PT Bukit Asam (Persero) Tbk., Sumatera Selatan)* Muhammad Adli FIKRI dan Bambang HERIYADI	141

AKL	09	*Studi Kestabilan Lereng Low Wall Maintank Pit Tal Barat Dengan Metode Analisis Balik Menggunakan Data Dispacement Slope Stability Radar* Ahmad Syafiq YULIANSYAH, Nuhindro Priagung WIDODO dan Budi SULISTIANTO	153
AKL	10	*Penggunaan Metoda Analytic Hierarchy Process (AHP) Untuk Pemetaan Potensi Longsoran Berdasarkan Kestabilan Lereng Pada Penambangan Terbuka Bukit Karang Putih PT. Semen Padang* M. Prasetya FAUZI, Bambang HERIYADI dan Yoszi Mingsi ANAPERTA	159
AKL	11	*Rancangan Geometri Lereng Berdasarkan Analisis Probabilitas Pit 'S' Blok Kananai 1 PT. Multi Tambangjaya Utama, Kecamatan Gunung Bintang Awai, Barito Selatan, Kalimantan Tengah* Edi SETIAWAN, Fitra RAMADHANI, dan Elgi Alam PANGESTU	165
AKL	12	*Analisis Sensitivitas Tinggi Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng Perbukitan Batugamping Kaliwadas Berdasarkan Hasil Pengukuran Geolistrik Wenner* Richard R. MULYADI, Reza ARIYANTO, Pancanita N H, Bani NUGROHO, dan Masagus A.	173
AKL	13	*Perbandingan Analisis Stabilitas Lereng Metode Kesetimbangan Batas Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Pendekatan Probabilistik* Hafidh A. ARDHI, Masagus A. AZIZI, Irfan MARWANZA, Pancanita N. HARTAMI, Bani NUGROHO, dan Singgih SAPTONO	179
AKL	14	*Pengurangan Resiko Longsor Dengan Metode Predrainage Dewatering Pada Lereng Tambang Terbuka Batubara* Teten RISYANA, Prima Laksana BRAMANTYO, dan Zohar MUSTARI	187
Analisi Lubang dan Terowongan			
ALB	01	*Analisis Stabilitas Pada Perancangan Terowongan Dengan Metode Finite Element Di Blok CIbitung PT. Cibaliung Sumbersaya Kabupaten Pandeglang Provinsi Banten* Ambar SUTANTI, Barlian Dwi NAGARA dan Cakra ANUGRAH	195
ALB	02	*Analisis Efektivitas Aplikasi Resin Bolts Pada Area Gagal Pul Out Test Di Tambang Bawah Tanah Grasberg Block Cave, PT. Freeport Indonesia, Papua* Anatasya CLARESTA, Januar FAJAR, Arjuna GINTING	199
ALB	03	*Analisis Beban Runtuh Sebagai Acuan Kebutuhan Penyangga Di Tambang Bawah Tanah Gudang Handak UBPE Pongkor PT Aneka Tambang (Pesero) Tbk* Niken Tri AYUNING, SYAFRIZAL dan Muhammad ARBIANSYAH	209

Rock Support and Ground Improvement			
RSG	01	*Studi Analisis Pengaruh Sifat Fisik terhadap Hasil Pengujian Triaksial pada Batuan Lunak* Kurnia Aprinta HERASTUTI, ST	217
RSG	02	*Studi Kasus Konsolidasi Batuan dengan Penyuntikan Material pada Penanganan Ambrukan di Tambang Emas Cibaliung pada Decline Cibitung X/C-5* Doandy Y. WIBISONO, Era SETIAWAN, Cakra ANUGRAH dan Rizky Abdillah NASUTION	227
RSG	03	*Analisis Tingkat Kecukupan Penyangga Berdasarkan Probabilitas di PT. Cibaliung Sumberdaya* Kristian ZAHLI dan Singgih SAPTONO	233
Instrumentasi dan Monitoring			
IM	01	*Triggered Action Response Plan (TARP) Sebagai Prosedur Untuk Mengelola Resiko Geoteknik di PAMA Site Kideco* Azhary RAHIM, dkk	239
IM	02	*Monitoring Pergerakan Massa Batuan Dengan Metode Terestris Menggunakan Total Station dan Metode Fotogrametri Menggunakan UAV (Unmanned Aerial Vehicle) di Kaliwadas, Karangsambung Jawa Tengah* A.SUTJIPTO, T.PURWIYONO dan M.AZIZI	249
Geohazard dan Manajemen Resiko			
GMR	01	*Mitigasi Bencana Longsor Dalam Penerapan Geoteknik di Daerah Kerinci dan Sekitarnya, Provinsi Jambi* Roishe Miyafto PRABOWO	255
Rock Properties dan Pengujian Geoteknik II			
GMR	01	*Studi Korelasi Empiris Batuan Lempung Antara Kuat Tekan Uniaksial (σ_c) Di Laboratorium Dengan Indeks Point Load (I_s) Secara Insitu Di Lokasi Eksplorasi Tambang Batubara Musi Banyuasin, Sumatera Selatan* Dicky TIRO MAULANA, Marwan ASOF dan Diana PURBASARI	265

ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/323998422

Perbandingan Analisis Stabilitas Lereng Metode Kesetimbangan Batas Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Pendekatan Probabilistik (Comparison Of Limit-Equilibrium Method Slope St...

Conference Paper · October 2017

CITATIONS
0

READS
2,156

6 authors, including:

Masagus ahmad Azizi
Universitas Trisakti
32 PUBLICATIONS **82** CITATIONS

SEE PROFILE

Irfan Marwanza
Universitas Trisakti
24 PUBLICATIONS **17** CITATIONS

SEE PROFILE

Singgih Saptono
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
11 PUBLICATIONS **19** CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

Project Physical Model Test of Slope Failure View project

Project Geotechnical Data Uncertainty View project

All content following this page was uploaded by Masagus ahmad Azizi on 25 March 2018.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Perbandingan Analisis Stabilitas Lereng Metode Kesetimbangan Batas Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Pendekatan Probabilistik

(Comparison Of Limit-Equilibrium Method Slope Stability Analysis With Finite Element Method Using Probabilistic Aproach)

Hafidh A. ARDHI[1], Masagus A. AZIZI[1*], Irfan MARWANZA[1], Pancanita N. HARTAMI[1], Bani NUGROHO[1], Singgih SAPTONO[2]

[1)]Program Studi Teknik Pertambangan FTKE Unversitas Trisakti Jakarta 11440
[3)]Program Studi Teknik Pertambangan FTM UPN Veteran Yogyakarta 55283

Sari

Terdapatnya rekahan yang muncul semakin melebar dan dalam di punggung lereng perbukitan batu gamping pasiran Kaliwadas, Kebumen, Jawa Tengah, dikhawatirkan akan menimbulkan potensi longsor yang dapat mengakibatkan terjadinya fatalitas, kehilangan mata pencaharian penduduk, kerusakan infrastruktur dan kerugian lingkungan. Penelitian ini difokuskan menelalaah potensi longsor menggunakan metode kesetimbangan batas dan elemen hinggaberdasarkan sifat fisik dan mekanik batuan utuh. Sejumlah sampel batuan diambil dari lokasi penelitian, selanjutnya dilakukan pengujian sifat fisik, UCS dan uji geser langsung. Berdasarkan klasifikasi kekuatan batuan utuh ISRM 1979, nilai kekuatan kompresif uniaksial batu gamping (kalkarenit) berada pada kategori low strength, dan batu gamping (kalsilutit) atas dan bawah berada pada kategori very low. Hasil uji geser langsung memberikan nilai kohesi dan sudut gesek dalam batu pasir gampingan pada kondisi puncak dan sisa masing-masing sebesar 0.31 Mpa dan 43.44°; serta 55.6 kPa dan 34.8°. Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng menggunakan metode kesetimbangan batas (MKB) "Janbu" dan metode elemen hingga (MEH) berbasis aplikasi probabilistik terhadap penampang C-D, E-F dan G-H; diperoleh nilai Faktor Keamanan (FK) bervariasi dari 3,55 hingga 3,90 serta nilai Probabilitas Kelongsoran (PK) bervariasi dari 0%-1,18%. Hasil analisis tersebut juga menunjukkan bahwa nilai FK & PK dari metode kesetimbangan batas lebih optimis dibandingkan hasil analisis metode elemen hingga. Dari ketiga penampang yang dianalisis menggambarkan penampang E-F merupakan penampang yang memberikan nilai FK terkecil dan PK terbesar. Secara umum kondisi lereng perbukitan batu gamping Kaliwadas dikategorikan masih stabil bila mengacu pada Kriteria Kestabilan Lereng KepMen PU. No378/KPTS/1987 dengan kategori lereng yang memiliki resiko tinggi (fatality dan rusaknya infrastuktur umum) menggunakan FK minimum 1,5. Hasil analisis sensitivitas menunjukkan sudut gesek dalam merupakan variabel yang memiliki tingkat sensitivitas yang paling tinggi.

Kata-kata kunci : lereng alami, uji laboratorium, Faktor keamanan, Probabilitas Kelongsoran.

Abstract

The appearance of wide and deep cracks on limestone natural slopes in Kaliwadas, Kebumen, Central Java, it is predicted will cause potential slope failure that can lead to fatalities, loss of livelihood, infrastructure damage and environmental losses.This research is focused on potential slope failure using the limit equilibrium and finite element method based on physical and mechanical properties of intact rocks. A number of rock samples were taken from the research location, then were conducted the physical properties, UCS and direct shear test.

Based on intact rock strength classification on ISRM 1979, the value of uniaxial compressive strength of limestone (kalkarenit) is on low strength category, while limestone (kalsilutit) up and down are on very low category. The direct shear test on limestone (kalkarenit) resulted in the cohesion values and friction angle at peak condition are0.31 MPa and 43.44 °, and at residual condition are 55.6 kPa and 34.8 °.Based on slope stability analysis using the limit equilibrium method (LEM) "Janbu" and the finite element-based (FEM) method, and probabilistic approach on C-D, E-F and G-H cross sections; the safety factor (SF) varies from 3.55 to 3.90; and the failure Probability (FP) varies from 0% -1.18%. Beside that the analysis show that SF&FP values of LEM are more optimistic than FEM. The cross-section EF gives the smallest SF and the largest FP than others.In general, slope stability analysis both LEM and FEM resulted the limestone natural slope conditions is still stable referring to the aceptable criteria of natural slope stabilityon KepMen PU. No378 / KPTS / 1987.The result of the sensitivity analysis shows that the internal friction angle is the variable that has the highest sensitivity level.

Keywords: natural slope, laboratorium test, safety factor, failure probability

*Penulis untuk korespondensi (*corresponding author*):
E-mail: masagus.azizi@trisakti.ac.id
Tel: +62-21-5663232 Ext.8513

I. PENDAHULUAN

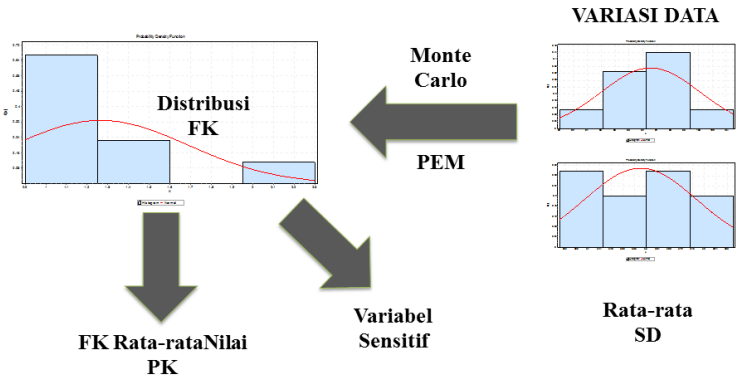
Terdapatnya rekahan yang muncul pada lereng alami batugamping pasiran perbukitan Kaliwadas, Kebumen, Jawa Tengah, yang semakin melebar dan dalam, dan bahkan sudah merusak sejumlah infrastruktur yang ada di sekitar rekahan. Indikasi tersebut dikhawatirkan dapat menyebabkan terjadinya potensi longsor yang masif yang berdampak pada terjadinya fatalitas, kerusakan lahan sawah, infrastruktur, dan lingkungan.

Penelitian ini difokuskan pada penelaahan pengaruh karakteristik batuan terhadap kestabilan lereng alami batugamping pasiran Kaliwadas. Untuk memperoleh informasi mengenai karakteristik batuan, maka dilakukan pengambilan sampel batuan di lokasi penelitian, dan selanjutnya dilakukan uji sifat fisik dan sifat mekanik batuan (UCS, dan uji geser langsung) yang dilakukan di laboraturium.

Hasil uji laboratorium tersebut digunakan untuk melakukan analisis kestabilan lereng probabilistik menggunakan metode kesetimbangan Batas (MKB) "Janbu" dan metode sampling Monte Carlo, yang dikoreksi dengan metode elemen hingga (MEH) dengan metode sampling estimasi titik. Analisis sensitivitas variabel acak terhadap nilai faktor keamanan juga dilakukan untuk menelaah faktor yang paling dominan terhadap kestabilan lereng.

II. METODE PROBABILISTIK KESTABILAN LERENG

Pada dasarnya metode probabilistik merupakan metode yang lebih realistik dibanding dengan metode deterministik, yang menggunakan nilai tunggal dalam menentukan nilai nilai faktor keamanan (FK). Metode probabilistik dicirikan dengan adanya variasi nilai FK, yang diakibatkan variasi pada nilai parameter masukan seperti sifat fisik (bobot isi), sifat mekanik (kohesi, sudut gesek dalam), tinggi muka air tanah, getaran gempa, dan lain-lain. Kelebihan metode ini juga dapat menentukan indikator kestabilan lereng lainnya, yakni probabilitas kelongsoran (PK) yang merupakan perbandingan jumlah nilai FK<1 terhadap jumlah nilai FK keseluruhan. Di samping itu juga kelebihan lainnya dari metode tersebut adalah dapat ditentukan parameter masukan yang paling sensitif terhadap nilai FK, sehingga dapat lebih mudah melakukan penanganan dan pengelolaan lereng (Gambar 1). Konsep metode probabilistik lebih rinci bisa dilihat pada publikasi Azizi dkk (2010, 2011, 2012).



Gambar 1 Konsep Metode Probabilistik Kestabilan Lereng

Variasi data dapat direpresentasikan oleh nilai rata-rata dan standar deviasi yang dapat diperoleh dari uji baik suai (fitting test) menggunakan metode Chi Square dan/atau metode Kolmogorov-Smirnov. Penjelasan mengenai uji baik suai dapat dilihat lebih rinci pada tulisan Azizi dkk (2011, 2013). Menurut Hoek (2000), ketidakpastian data diukur dari nilai koefisien variasi (KV) yang merupakan perbandingan antara standar deviasi terhadap nilai rata-rata data. Nilai KV>0,25 menunjukkan data memiliki tingkat ketidakpastian tinggi; KV=0,05-0,25 berarti data memiliki tingkat ketidakpastian sedang; dan KV<0,05 menunjukkan data memiliki tingkat ketidakpastian rendah.

III. PENGAMBILAN CONTOH BATUAN & UJI LABORATORIUM

3.1. Pengambilan Contoh Batuan

Contoh batuan diambil dari beberapa titik di lokasi penelitian dalam bentuk bongkahan di sekitar lereng alami batugamping pasiran

perbukitan Kaliwadas, Karangsambung, Kebumen, Jawa Tengah. Sampel batuan tersebut dilakukan uji sifat fisik dan mekanik batuan di laboratorium Mekanika Batuan UPN "Veteran" Yogyakarta.

Hasil pemetaan geologi terhadap lokasi penelitian diperoleh ada 3 jenis litologi dengan urutan dari bawah ke atas sebagai berikut: batugamping (kalsilutit) bawah, batugamping (kalkarenit), dan batugamping (kalsilutit) atas. Lokasi rekahan terdapat pada litologi batugamping (kalkarenit).

3.3. Hasil Uji Sifat Fisik

Hasil laboratorium sifat fisik batuan yang diuji dapat dilihat pada tabel 1. Berdasarkan hasil uji sifat fisik terlihat bahwa batugamping memiliki porositas yang relatif besar yaitu 39.9% – 43.7%, yang berarti bahwa sekitar 39.9% – 43.79% dari volume batuan merupakan rongga yang mampu terisi oleh sejumlah fluida dan membuat peningkatan bobot isi dari kondisi kering ke jenuh sekitar ± 0.4gr/cm^3. Berdasarkan rentang nilai porositas batuan sedimen menurut *Freeze* dan *cherry* (1979), porositas batugamping berada pada rentang 14%-49%, batulanau gampingan bawah berada pada rentang porositas batu lanau yakni 21%-41%,sedangkan porositasbatulanau gampingan atasberada sedikit di atas rentang. Berdasarkan nilai kadar air batuan, baik batugamping kalsilutit atas dan bawah memiliki kadar air relatif tinggi dibandingkan dengan batugamping kalkarenit.

3.2. Uji Laboratorium

Sebelum uji laboratorium, bongkah sampel batuan dilakukan preparasi terlebih dahulu dengan cara dilakukan pemotongan dan dibentuk sesuai kebutuhan untuk uji sifat fisik dan mekanik batuan. Uji laboratorium yang dilakukan mencakup:

- Sifat fisik batuan
- Sifat mekanik batuan: uji geser langsung, kuat tekan uniaksial (UCS)

Tabel 1Hasil Uji Laboratorium Sifat Fisik Batuan

No	Litologi	γ_n (kN/m^3)	γ_s (kN/m^3)	γ_d (kN/m^3)	ω (%)	n (%)
1	Batugamping (kalsilutit) atas	20.2	21.0	16.6	21.58	43.7
2	Batugamping (kalkarenit)	22.0	22.8	20.8	5.75	19.8
3	Batugamping (kalsilutit) bawah	19.5	20.1	16.1	21.11	39.9

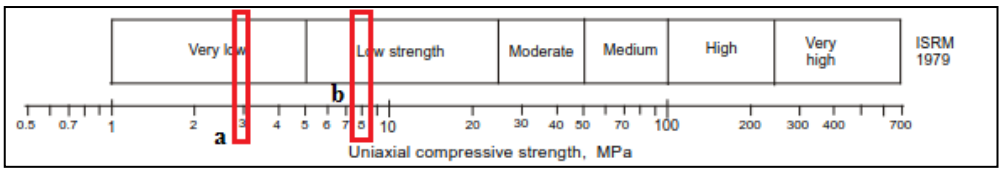
3.4. Hasil Uji Kuat Tekan Uniaksial

Hasil ujikuattekanuniaksial batuan dapat dilihat pada tabel 2.Berdasarkan klasifikasi *ISRM*, kuat tekan batugamping (kalsilutit) atas dan bawah berkisar antara 2,81-2,95 Mpa termasuk kategori *very low*(a), sedangkan untuk batugamping (kalkarenit) memiliki nilai kuat tekan uniaksial sebesar 8.70 Mpa termasuk kategori *low strength*(b). Secara umum ketiga litologi di lokasi penelitian termasuk kategori batuan lemah(Gambar 2). Hal ini sangat dimungkinkan mengingat lokasi penelitian berada padaformasi Ponosogan dengan umur geologi miosen tengah,yang merupakan batuan muda sehingga sangat rentan akan proses pelapukan.

Menurut Gercek (2007), nilai Nisbah *Poisson b*atugamping berkisar antara 0,10-0,33 sementara nilai nisbah poisson batugamping pada lokasi penelitian berkisar antara 0,15-0,23.

Tabel 2 Hasil Uji Kuat Tekan Uniaksial (UCS)

Satuan	Kuat Tekan Uniaksial (σ_c) (Mpa)	Modulus Young (Mpa)	Nisbah Poisson (ν)	Batas Elastik (σ_E) (Mpa)
Batugamping (kalsilutit) atas	2.81	175.89	0,20	2.14
Batugamping (kalkarenit)	8.70	1821.00	0.23	6.48
Batugamping (kalsilutit) bawah	2.95	162.47	0.15	2.63



Gambar 2Klasifikasi kekuatan batuan utuh lokasi penelitian

3.5. Hasil Uji Kuat Geser Langsung

Dari hasil pengujian kuatgeserlangsung pada batuan dapat dilihat pada tabel 3.Nilai kohesi dan sudut gesek dalam batugamping pada kondisi puncak masing-masing berkisar antara 221,7 hingga 238,7 kPa untuk kohesi dan berkisar antara 39,8^0 hingga 42,4^0 untuk sudut gesek dalam; sedangkan pada kondisi sisa (residu) masing-masing berkisar antara 34,3 hingga 55,6 kPa untuk kohesi dan berkisar antara antara 29,8^0 hingga 34,8^0 untuk sudut gesek dalam.

Tabel 3Hasil Uji Kuat Geser Langsung

Satuan	Peak		Residu	
	c (kPa)	ϕ (derajat)	c (kPa)	ϕ (derajat)
Batulanau gampingan atas	238,7	42,4	34,3	29,8
Batugamping (kalkarenit)	318,2	43,4	55,6	34,8
Batulanau gampingan bawah	221,7	39,8	36,1	31,2

IV. ANALISIS KESTABILAN LERENG PROBABILISTIK

4.1. Parameter Masukan dan Penampang Analisis

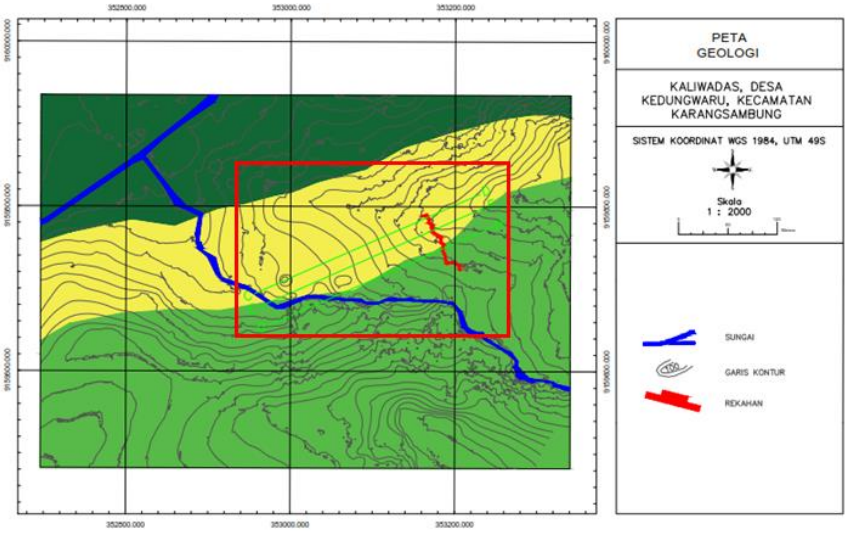
Untuk melakukan analisis kestabilan lereng batu gamping Kaliwadas, menggunakan parameter masukan sebagai berikut:

- Sifat fisik dan mekanik batuan (bobot isi, kohesi dan sudut gesek dalam)
- Tinggi muka air tanah (Richard dkk, 2017)
- Koefisien getaran gempa bumi (Jessica dkk, 2017)
- Kedalaman rekahan (Breeford dkk, 2017)

Data parameter masukan dapat dilihat pada Tabel 4. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel acak adalah bobot isi, kohesi dan sudut gesek dalam. Penampang analisis terdiri atas 3 yakni C-D, E-F, dan G-H (Gambar 3).

Tabel 4 Parameter Masukan

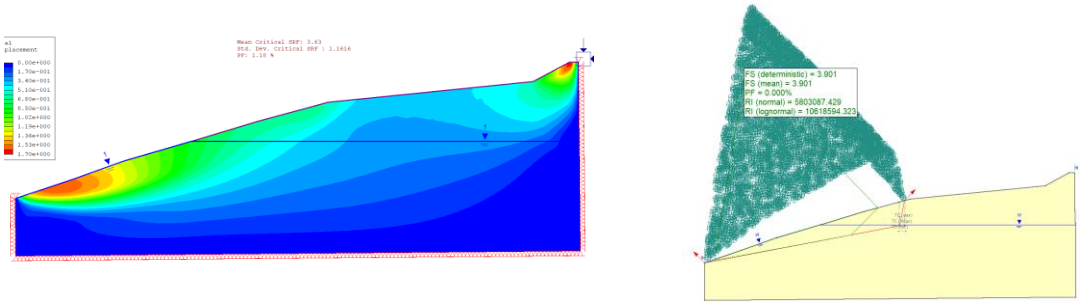
Parameter	**Penampang**		
	C-D	**E-F**	**G-H**
c (kPa)	318.2	318.2	218.2
ϕ (Derajat)	43.4	43.4	43.4
γ_n (kN/m^3)	22.0	22.0	22.0
γ_s (kN/m^3)	22.8	22.8	22.8
Tinggi muka air tanah (m)	-	85	83
Tinggi Lereng (m)	38.26	39.06	32.96
Kedalaman Rekahan (m)	6.477	9.452	3.228
Dip Lereng (Derajat)	22	26	21



Gambar 3 Peta Geologi & Penampang Analisis di Lokasi Penelitian

4.2. Penentuan FK dan PK Lereng

Analisis kestabilan lereng dilakukan menggunakan metode kesetimbangan batas (MKB) "*Janbu simplified*" dengan asumsi longsoran bidang yang diinisiasi oleh rekahan yang telah terbentuk di punggung lereng (Hoek, 2006). Hasil analisis tersebut juga dikoreksi menggunakan metode elemen hingga (MEH) yang lebih rinci bisa dilihat pada Fredlund dkk (1999) dan Hammah dkk (2004). Gambar 4 merupakan salah satu model analisis lereng menggunakan metode MEH (a) dan MKB (b).



(a). Metode Elemen Hingga (b). Metode Kesetimbangan Batas "Janbu"

Gambar 4. Model Analisis Kestabilan Lereng Penampang E-F

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng menggunakan metode kesetimbangan batas "Janbu" dan metode elemen hingga (finite element method) berbasis probabilistik terhadap penampang C-D, E-F dan G-H;diperoleh nilai Faktor Keamanan (FK) bervariasi dari 3,55 hingga 3,90 serta nilai Probabilitas Kelongsoran (PK) bervariasi dari 0%-1,18%. Hasil analisis tersebut juga menunjukkan bahwa nilai FK & PK dari metode kesetimbangan batas lebih optimis dibandingkan hasil analisis metode elemen hingga. Dari ketiga penampang yang dianalisis menggambarkan penampang E-F merupakan penampang yang memberikan nilai FK terkecil dan PK terbesar. Secara umum kondisi lereng perbukitan batu gamping Kaliwadas dikategorikan masih stabil bila mengacu pada Kriteria Kestabilan Lereng *KepMen PU. No378/KPTS/1987* dengan kategori lerengyang memiliki resiko tinggi (*fatality* dan rusaknya infrastuktur umum) menggunakan FK minimum 1,5 (Tabel 5).

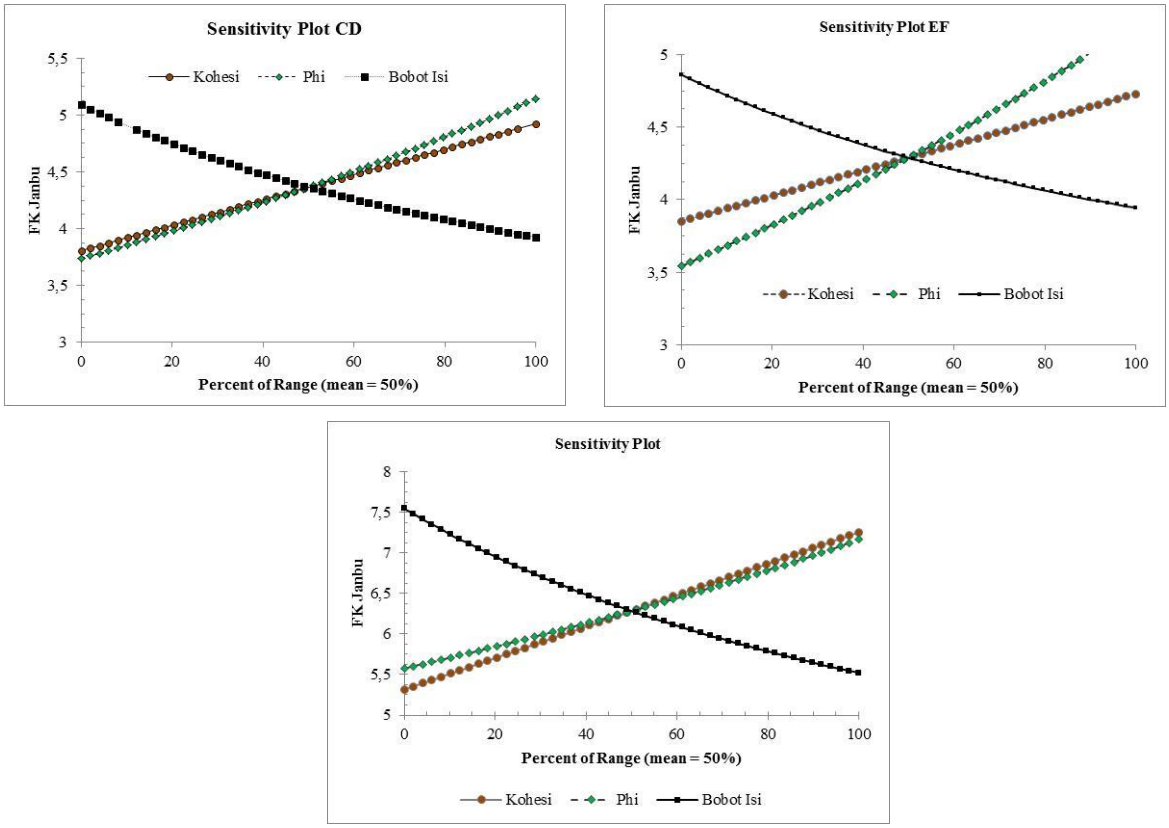
Tabel 5 Perbandingan Hasil Analisis Kestabilan Lereng Metode MKB & MEH

No	Penampang	Faktor Keamanan		Probabilitas Kelongsoran (%)	
		MKB	MEH	MKB	MEH
1	C-D	4,59	3,86	0	0,06

2	E-F	4,50	3,63	0	1,18
3	G-H	6,66	3,55	0	0,08

4.3. Analisis Sensitivitas

Adanya variasi data pada parameter masukan sifat fisik dan mekanik batuan (bobot isi, kohesi dan sudut gesek dalam) menghasilkan variasi pada nilai FK, dan masing-masing parameter masukan tersebut memiliki pengaruh terhadap nilai FK.Dari 3 penampang yang dianalisis menunjukkan sudut gesek dalam merupakan variabel yang memiliki tingkat sensitivitas yang paling tinggi (Gambar 5).



Gambar 5 Hasil Analisis Sensitivitas Karakteristik Material Berdasarkan Penampang

V. KESIMPULAN

- Berdasarkan klasifikasi kekuatan batuan utuh ISRM 1979, nilai kekuatan kompresif uniaksial batu pasir gampingan berada pada kategori *low strength*, dan batu lanau gampingan atas dan bawah berada pada kategori *very low*.
- Hasil uji geser langsung memberikan nilai kohesi dan sudut gesek dalam batugamping (kalkarenit) pada kondisi puncak dan sisa masing-masing sebesar 318,2 kPa dan 43,4°; serta 55,6 kPa dan 34,8°.
- Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng menggunakan metode kesetimbangan batas (MKB) ”Janbu” dan metode elemen hingga (MEH) berbasis aplikasi probabilistik terhadap penampang C-D, E-F dan G-H; diperoleh nilai Faktor Keamanan (FK) bervariasi dari 3,55 hingga 3,90 serta nilai Probabilitas Kelongsoran (PK) bervariasi dari 0%-1,18%. Hasil analisis tersebut juga menunjukkan bahwa nilai FK & PK dari metode kesetimbangan batas lebih optimis dibandingkan hasil analisis metode elemen hingga. Dari ketiga penampang yang dianalisis menggambarkan penampang E-F merupakan penampang yang memberikan nilai FK terkecil dan PK

terbesar. Secara umum kondisi lereng perbukitan batu gamping Kaliwadas dikategorikan masih stabil bila mengacu pada Kriteria Kestabilan Lereng *KepMen PU. No378/KPTS/1987* dengan kategori lereng yang memiliki resiko tinggi (*fatality* dan rusaknya infrastuktur umum) menggunakan FK minimum 1,5.

- Hasil analisis sensitivitas menunjukkan sudut gesek dalam merupakan variabel yang memiliki tingkat sensitivitas yang paling tinggi terhadap nilai FK.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih tak berhingga buat Bapak Dr. Ir. Masagus Ahmad Azizi, M.T., Bapak Dr. Ir. Marwanza, M.T., atas bimbingannya dalam menyelesaikan tulisan ini dan bantuan pendanaan Universitas Trisakti dalam mendukung penelitian, serta Laboratorium Mekanika Batuan Prodi Teknik Pertambangan UPN Veteran Yogyakarta atas bantuan fasilitas penggunaan uji sifat fisik dan mekanik batuan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alvin Toffler, 2017, Perbandingan Penggunaan Metode Fotogrametri Menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dan Metode Konvensional Menggunakan Total Station Dalam Mengukur Pergerakan Massa Batuan di Kaliwadas, Karangsambung, Jawa Tengah; Skripsi S1, Prodi Teknik Pertambangan FTKE, Universitas Trisakti.
2. Azizi. M.A.. Kramadibrata. S.. Wattimena. R.K.. dan Arif. I.. 2010. Analisis Probabilitas & Sensitivitas Kestabilan Lereng Penambangan Menggunakan Pendekatan Probabilistik Dengan Metode General Hoek & Brown; TPT XIX PERHAPI Balikpapan.
3. Azizi. M.A.. Kramadibrata. S.. Wattimena. R.K.. dan Arif. I.. 2010. Aplikasi Pendekatan Probabilistik Dalam Analisis Kestabilan Lereng Tunggal Menggunakan Metode Kesetimbanan Batas; Seminar Nasional Statistik. UNDIP Semarang.
4. Azizi. M.A.. Kramadibrata. S.. Wattimena. R.K.. Sidi. I.D.. Suhedi. dan Basuki. S.. 2011. Aplikasi Probabilistik Untuk Analisis Kestabilan Lereng Tunggal (Studi Kasus PTBA Tanjung Enim. Sumsel); TPT XX PERHAPI. Lombok-Mataram.
5. Azizi. M.A.. Kramadibrata. S.. Wattimena. R.K.. dan Sidi. I.D.. 2011. Karakterisasi Variabel Acak Interburden MN Untuk Disain Lereng Tunggal Menggunakan Metode Kolmogorov-Smirnov (Studi Kasus PT. Kaltim Prima Coal. Sangatta. Kaltim); Seminar Nasional Kebumian. UPN Veteran Yogyakarta.
6. Azizi. M.A.. Kramadibrata. S.. Wattimena. R.K.. Sidi. I.D.. dan Adriansyah. Y.. 2012. Analisis Risiko Kestabilan Lereng Tambang Terbuka (Studi Kasus Tambang Mineral X); Simposium & Seminar Nasional Geomekanika ke 1 Tahun 2012. UPN Veteran Yogyakarta.
7. Azizi. M.A.. Kramadibrata. S.. Wattimena. R.K.. dan Sidi. I.D.. 2012. Aplikasi Metode Probabilistik Pada Kurva Stabilitas Lereng; TPT XXI dan Kongres 7 PERHAPI. Jakarta.
8. Azizi. M.A., Kramadibrata. S., Wattimena. R.K.. dan Sidi. I.D., 2013, Characterization of Physical & Mechanical Properties Distribution of Indonesian Coal; ISRM International Symposium. EUROCK 2013. Wroclaw. Poland.
9. Azizi. M.A, 2014, Dissertation – Development of Open Pit Slope Design Based on Probabilistic Approach, Institut Teknologi Bandung, Indonesia.
10. Breeford Theo Karnova Zebua, 2017, Analisis Pengaruh Rekahan Terhadap Kestabilan Lereng Di Perbukitan Batugamping, Kaliwadas, Karangsambung, Jawa Tengah; Skripsi S1, Prodi Teknik Pertambangan FTKE, Universitas Trisakti.
11. Fredlund, D.G., Scoular, R.E.G., 1999, Using limit equilibrium concepts in finite element slope stability analysis, proccedings of the international symposium on slope stability engineering – IS Shikoku'99, p 31-47.
12. Gercek, H., 2007, Poisson's ratio values for rocks, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 44 (2007) 1–13
13. Hafidh A. Ardhi, 2017, Analisis Kestabilan Lereng Pada Perbukitan Batu Gamping Dengan Parameter Sifat Fisik dan Mekanik Batuan Di Bukit Kaliwadas, Karangsambung, Kebumen, Jawa Tengah, Skripsi S1, Prodi Teknik Pertambangan FTKE, Universitas Trisakti.
14. Hammah, R.E.; Curran J.H.; Yacoub, T.; Corkum, B., 2004, Stability analysis of rock slopes using the finite element method, EUROCK 2004 & 53rd Geomechanics Colloqium.
15. Hoek, E., 2007, Practical Rock Engineering, Private Publishing.
16. Jessica, 2017, Analisis Pengaruh Gempa Bumi Terhadap Kestabilan Lereng Perbukitan Batupasir Gampingan Di Bukit Kaliwadas, Karang Sambung, Kebumen, Jawa Tengah; Skripsi S1, Prodi Teknik Pertambangan FTKE, Universitas Trisakti.
17. Rai, Made Astawa dan Kramadibrata, Suseno. Mekanika Batuan. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
18. Richard R. Mulyadi, 2017, Pengaruh Tinggi Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng

Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivity Di Lereng Perbukitan Batu Gamping Bukit Kaliwadas Karangsambung Kebumen, Jawa Tengah; Skripsi S1, Prodi Teknik Pertambangan FTKE, Universitas Trisakti.

19. Wyllie, Duncan C. and Mah, C. W. 2004, "*Rock Slope Engineering Civiland Mining 4thEdition"*, Spon Press, 270 Madison Avenue, New York,USA.

View publication stats