

ISBN 978-979-8826-25-2

PERHAPI

PERHIMPUNAN AHLI PERTAMBANGAN INDONESIA
ASSOCIATION OF INDOONESIAN MINING PROFESSIONALS



**"Strategi Pengelolaan
Mineral dan Batubara
untuk Meningkatkan
Ketahanan Nasional"**



**TPT XXIV DAN
KONGRES IX
PERHAPI 2015**

JAKARTA, 26 - 28 OKTOBER 2015

Febriansyah, Bagus Totok Purnomo, Arya Gustifram, Taupan Ariansyah P., *PT Bukit Asam (Persero) Tbk*

- 15 Kewajiban Usaha Pertambangan Batubara Membangun Pembangkit Listrik Untuk Kemandirian Energi, **Ir. Amirrusdi, M.Si.**, *Asesor Kompetensi LSP PERHAPI* 137
- 16 Optimasi Cadangan Batubara, Efisiensi & Pemanfaatan Lahan (Metode Analisis Menentukan Nilai Tambah Pengelolaan Ijin Usaha Pertambangan, Kasus IUP Tambang Air Laya, Unit Pertambangan Tanjung Enim, PTBA), **Wali Al Hasunah**, *PT Bukit Asam (Persero) Tbk*, 142
- 17 Pengaturan Prinsip Tanggung Jawab Sosial Perusahaan Dalam Undang-Undang Mineral Dan Batubara, **Dr. Busyra Azheri, SH., M.Hum**, *Fakultas Hukum Universitas Andalas Padang* 152
- 18 Ekspor Dan Impor Industri Tembaga Di Asia Tenggara Menjelang Diberlakukannya Masyarakat Ekonomi Asean, **Hidir Tresnadi**, *BPPT* 162

KELOMPOK III : GEOTEKNIK

- 19 Pengelolaan & Pengendalian Pergerakan Lereng Untuk Memaksimalkan *Recovery* Batubara Di Area Rawan Longsor Menggunakan *Slope Stability Radar* PT Arutmin Indonesia Tambang Asam Asam, **Jioni Santo Frans¹, Endang Wawan², Rachmat Hamid Musa³**, *¹Geotechnical Engineer PT Arutmin Indonesia, Tambang Asam Asam, ²Geologist & Geotechnical Supervisor PT Arutmin Indonesia, Tambang Asam Asam, ³Geotechnical Engineer PT GroundProbe Indonesia* 175
- 20 Managing Instability Issues At Push Back 9S3-Grasberg Mine Papua, Indonesia, **E. Widijanto, R. Gautama, P. Siburian, D. Tebay, and I. Anggrika**, *Surface Mine GeoEngineering Department – PT Freeport Indonesia* 188
- 21 New Perspective Of Wet Muck Risk Map : Lesson Learned From Wet Muck Spill In Coarse Fragmentation At Deep Ore Zone (DOZ) Block Caving Mine, Papua, Indonesia, **Mochamad Ramadhan, Danny Wicaksono, Dhani Hafnil, Bambang Antoro**, *Underground Mine Geology Department, PT Freeport Indonesia, Tembagapura, Papua* 198
- 22 Studi Kemantapan Lereng Dengan Metode Analisis Kinematika Pada Tambang Batupasir, Kelurahan Tani Aman, Kecamatan Loa Janan, Kota Samarinda, Kalimantan Timur (Study Of Slope Stability 208

Based On Kinematica Analysis At Sandstone Mines, Tani Aman Villages, Loa Janan Sub District, Samarinda, East Kalimantan), **Tommy Trides, Puguh Laksono, Farah Dinna Zainuddin**, *Program Studi SI Teknik Pertambangan, Universitas Mulawarman*

- 23 Analisis Probabilitistik Kestabilan Lereng Timbunan Bijih Nikel Kadar Rendah Nuspera Probability Analysis Of Slope Stability In Nuspera Low Grade Ore Dumpsite, **Dezania Mersyifa Anggie¹, Masagus Ahmad Azizi¹, Irfan Marwanza¹, Yoseph Kristianto¹**, *¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Kebumihan & Energi Universitas Trisakti, ²PT Weda Bay Nickel, Halmahera* 218
- 24 Ambang Batas Indikator Kestabilan Lereng Tunggal Pada Tambang Batubara (Acceptable Criteria Of Single Slope Stability Indicator In Coal Mining), **Masagus Ahmad Azizi^{1*}, Suseno Kramadibrata², Ridho Kresna Wattimena³, Indra Djati Sidi⁴**, *¹Prodi Teknik Pertambangan, FTKE Universitas Trisakti, Indonesia, ²Presiden Direktur, PT Bumi Resources Mineral, ³Prodi Teknik Pertambangan, FTTM Institut Teknologi Bandung, Indonesia, ⁴Prodi Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung* 227
- 25 Perbandingan Aplikasi Limit Equilibrium (LEM) vs Finite Element (FEM) untuk Analisa Kestabilan Lereng, **Deki Nirrambodo, Lufi Rachmad**, *GEOMINE Mining and Geotechnical Consultant, Bandung* 242
- 26 Predicting Wetmuck Spills Based On Packmuck Distribution In Doz Block Cave Mine, Papua, **Dody Olua, Bambang Antoro, Geoffrey De Jong, Chris Aloysius**, *PT. Freeport Indonesia* 253
- 27 Pengaruh Ukuran Dan Karakteristik Batuan Pada Penentuan *Fracture Toughness* Mode Rekahan I Dengan Metode Uji *Brazilian Disc* Dan *Chevron Bend*. I **Dewa Gede Oka Raghunatha¹, Nuhindro Priagung Widodo²**, *¹mahasiswa Program Studi Terknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung, ²dosen Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung* 261
- 28 Studi Laju Penembusan Pada Batuan Menggunakan Metode Pengeboran Rotari Di Laboratorium, **Marihot Panindangi Siburian***, **Nuhindro Priagung Widodo, Ganda Marihot Simangunsong, Suseno Kramadibrata**, *Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung* 271
- 29 Evaluasi Rasio Nilai *Cumulative Displacement* Terhadap Kelas Kerusakan Pada Sistem Pemetaan Kerusakan (*Damage Mapping*) Di Extraction Level DOZ PT Freeport Indonesia, **Sandi Firmanulhaq¹**, 281

PROSIDING TPT XXIV DAN KONGRES IX PERHAPI 2015

**STUDI KEMANTAPAN LERENG DENGAN METODE ANALISIS KINEMATIKA
PADA TAMBANG BATUPASIR, KELURAHAN TANI AMAN, KECAMATAN LOA
JANAN, KOTA SAMARINDA, KALIMANTAN TIMUR**

**(STUDY OF SLOPE STABILITY BASED ON KINEMATICA ANALYSIS AT
SANDSTONE MINES, TANI AMAN VILLAGES, LOA JANAN SUB DISTRICT,
SAMARINDA, EAST KALIMANTAN)**

Tommy Trides¹, Puguh Laksono¹, Farah Dinna Zainuddin¹

¹Program Studi S1 Teknik Pertambangan, Universitas Mulawarman, Samarinda 75119,
Indonesia

Abstrak

Lokasi penelitian dilaksanakan pada tambang batupasir yang terletak pada bidang diskontinu. Bidang diskontinu merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng penambangan. Tidak adanya informasi mengenai stabilitas lereng menimbulkan kondisi ketidakpastian selama aktifitas penambangan berlangsung. Penelitian diawali dengan melakukan pengukuran dan pengumpulan data bidang diskontinuitas, mengambil sampel blok batuan untuk uji laboratorium, analisis proyeksi stereografis dan analisis kinematika. Dari hasil analisis menunjukkan lereng barat : 1 jenis longsoran bidang (faktor keamanan 11,54), 2 jenis longsoran baji (faktor keamanan 5,63 – 23,31), dan lereng timur : 1 jenis longsoran bidang (faktor keamanan 12,33).

Kata kunci : Bidang diskontinuitas, Analisis Proyeksi Stereografis, Analisis Kinematika

Abstract

Research location has conducted on sandstone mines which lies at the discontinu planes. Discontinu planes is one of the most factor that influenced stability of mining slope. The absence of information about slope stability create uncertainty condition during mining activity takes place. The research begins by measure and collect data of discontinuity planes, take on samples for laboratory testing, stereographic projection analysis and kinematica analysis. From the results of the analysis indicated west slope : 1 plane failure type (safety factor 11,54), 2 wedge failure type (safety factor 5,63 – 23,31), and east slope : 1 plane failure type (safety factor 12,33).

Keywords : Discontinuity Plane, Stereographic Projection Analysis, Kinematica Analysis

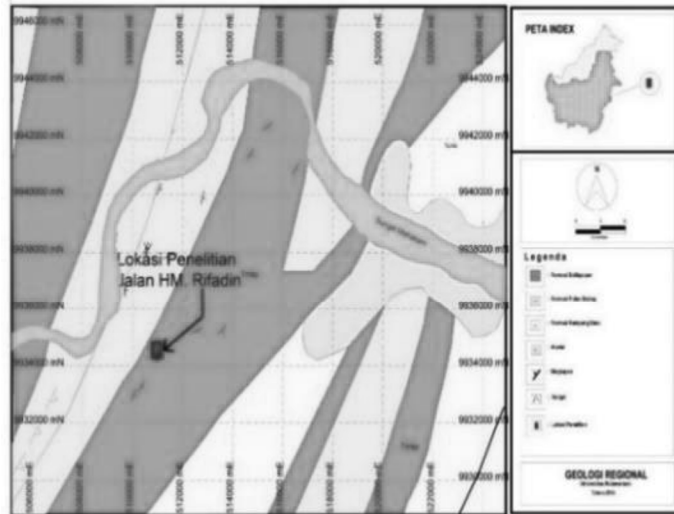
Author

E-mail : tommy_trides@yahoo.co.id

Tel : (0541) 736834, Fax. 749315

I. PENDAHULUAN

Dalam penelitian ini, pengukuran dilakukan pada tambang batupasir yang secara administratif terletak di jalan H.M. Rifadin, Kelurahan Tani Aman, Kecamatan Loa Janan, Kalimantan Timur dan secara geografis terletak pada $0^{\circ} 35' 37,2''$ LS dan $117^{\circ} 05' 55,2''$ BT.

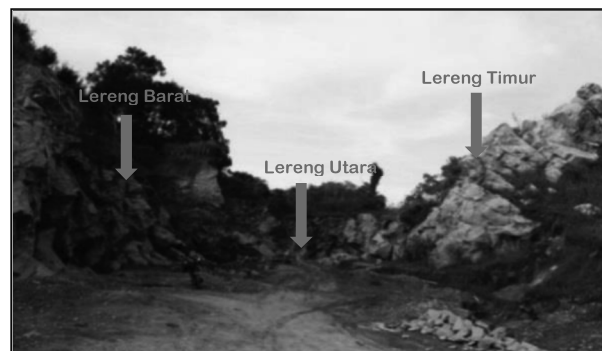


Gambar 1. Lokasi Penelitian

Berdasarkan pada informasi peta geologi regional Hidayat dan Umar (1994) dalam Zulfiadi Zakaria dkk (2012), formasi Balikpapan berumur Miosen Tengah Bagian Atas hingga Miosen Akhir yang terdiri atas perselingan batupasir kuarsa, batulempung lanauan dan serpih dengan sisipan napal, batu gamping dan batubara.

Proses penambangan di lokasi penelitian dilakukan dengan cara konvensional serta menggunakan peralatan sederhana dan dikerjakan oleh masyarakat sekitar lokasi tambang. Dalam prosesnya, penambangan batupasir lokasi penelitian tidak memiliki kepastian tentang kestabilan lereng penambangan. Maka dirasa sangat penting dilakukannya kajian tentang kestabilan lereng pada daerah penambangan batupasir. (lihat gambar 2)

Dari hasil pengamatan di lapangan, batuan penyusun berupa batupasir terdapat bidang diskontinu yang saling memotong satu sama lain. Dan bidang diskontinu ini dapat berpotensi menimbulkan ketidakstabilan pada lereng penambangan.

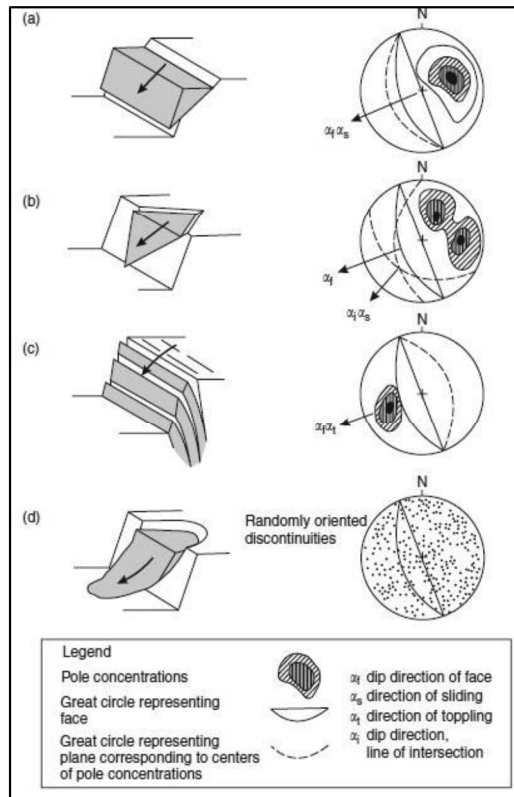


Gambar 2. Lokasi Penambangan Batupasir

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Longsoran

Dalam analisis kinematik Hoek dan Bray (1981), Rai (1999), dan Sulistianto (2006) potensi jenis longsoran yang terbentuk akibat adanya bidang diskontinu dapat diklasifikasikan menjadi longsoran bidang, longsoran baji, longsoran guling, dan longsoran busur (lihat gambar 3). Dalam menentukan kemandapan lereng, maka diperlukan analisis kinematika guna menentukan nilai faktor keamanan lereng.



Gambar 3. (a) Longsoran bidang, (b) Longsoran baji, (c) Longsoran Guling, (d) Longsoran Busur, Hoek dan Bray (1981) dalam Wyllie dan Mah (2004)

2.1.1 Longsoran Bidang

Longsoran bidang dapat terbentuk apabila seluruh kondisi terpenuhi seperti :

- Bidang gelincir mempunyai strike sejajar atau hampir sejajar (maksimal 20°).
- Jejak bagian bawah bidang lemah yang menjadi bidang gelincir harus muncul di muka lereng, dengan kata lain kemiringan bidang gelincir lebih kecil daripada kemiringan lereng.
- Kemiringan bidang gelincir lebih besar daripada sudut geser dalamnya.
- Harus ada bidang *release* yang menjadi pembatas di kanan dan kiri blok yang menggelincir.

$$F = \frac{cA + (W \cos \psi_p - U - V \sin \psi_p) \tan \phi}{W \sin \psi_p + V \cos \psi_p}$$

$$A = (H - z) \operatorname{cosec} \psi_p$$

$$U = 1/4 \gamma_w H_w^2 \operatorname{cosec} \psi_p \text{ (dengan asumsi menggunakan tinggi muka air tanah)}$$

$$V = 1/2 \gamma_w z_w^2$$

$$W = 1/2 \gamma H^2 \left\{ \left(1 - \left(z/H \right)^2 \right) \cot \psi_p - \cot \psi_f \right\}$$

Dimana :

c = Kohesi (t/m^2)

ϕ = Sudut geser dalam ($^\circ$)

H = Tinggi lereng (m)

H_w = Tinggi muka air tanah (m)

z = Kedalaman retak tarik (m)

z_w = Ketinggian air di retak tarik (m)

ψ_p = Dip bidang lemah ($^\circ$)

ψ_f = Dip permukaan lereng ($^\circ$)

2.1.2 Longsoran Baji

Longsoran baji dapat terbentuk apabila seluruh kondisi terpenuhi seperti :

- Ada 2 bidang lemah atau lebih berpotongan sedemikian rupa sehingga membentuk baji.
- Sudut lereng lebih besar daripada sudut garis potong kedua bidang lemah tersebut ($\psi_{fi} > \psi_i$)
- Sudut garis potong kedua bidang lemah lebih besar daripada sudut geser dalamnya.

$$F = 3/\gamma H (C_A X + C_B Y) + \left(A - \gamma_w/2\gamma X \right) \tan \phi_A + \left(B - \gamma_w/2\gamma Y \right) \tan \phi_B$$

Dimana :

C_A dan C_B = Kohesi bidang lemah A dan B (t/m^2)

ϕ_A dan ϕ_B = Sudut geser dalam bidang lemah A dan B ($^\circ$)

γ = Bobot isi batuan (t/m^3)

γ_w = Bobot isi air (t/m^3)

H = Tinggi keseluruhan dari baji yang terbentuk

X = $\sin \theta_{24} / (\sin \theta_{45} \sin \theta_{2,na})$

Y = $\sin \theta_{13} / (\sin \theta_{35} \sin \theta_{1,nb})$

$$A = \frac{(\cos \psi_a - \cos \psi_b \cos \theta_{na,nb})}{(\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na,nb})}$$

$$B = \frac{(\cos \psi_b - \cos \psi_a \cos \theta_{na,nb})}{(\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na,nb})}$$

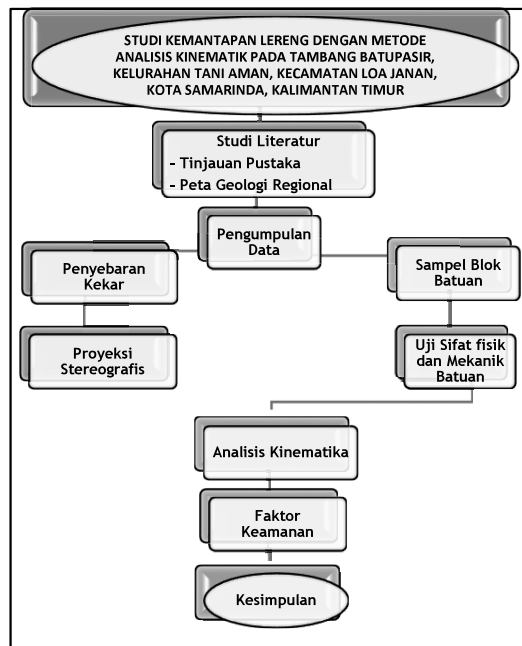
III. METODE PENELITIAN

3.1 Tahap Penelitian

Pada tahap pertama penelitian dilakukan dengan mencari literatur yang berhubungan dengan metode analisis kinematika. Tahap kedua adalah melakukan pengukuran dan pengumpulan data penyebaran kekar dengan metode *scanline*. Sampel berupa blok batuan diambil di lokasi penelitian dan diuji di laboratorium untuk mengetahui sifat fisik dan sifat mekanik batuan.

Tahap ketigaseluruh data penyebaran kekar di analisis dengan menggunakan proyeksi stereografis, dan selanjutnyamenentukan jenis longsoran pada lereng barat, lereng utara, dan

lereng timur. Hasil akhir dalam penelitian ini adalah menentukan nilai faktor keamanan lereng penambangan berdasarkan jenis dan potensi longsorannya.



Gambar 4. Alir Penelitian

3.2 Pengukuran Bidang Diskontinu

Pengukuran bidang diskontinu dilakukan pada 3 lereng penambangan, yakni : lereng barat, lereng utara, dan lereng timur. Pengukuran dilapangan berupa pengukuran *dip* dan *dip direction* kekar, serta *dip* dan *dip direction* lereng.



Gambar 5. Lereng barat



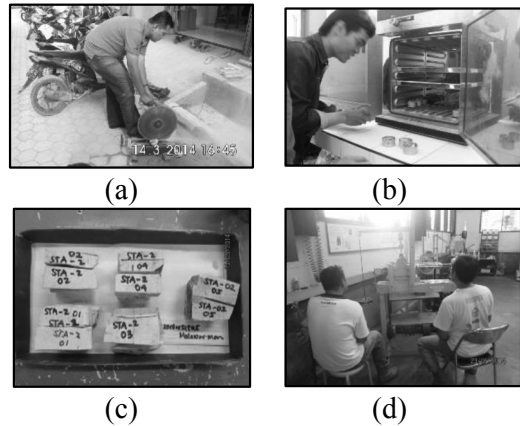
Gambar 6. Lereng Utara



Gambar 7. Lereng Timur

3.3 Preparasi sampel dan uji laboratorium

Sampel batupasir berupa blok batuan utuh dari lokasi penambangan diambil untuk di preparasi dan melalui proses pemotongan batuan. Setelah melalui proses preparasi, tahap selanjutnya adalah melakukan uji sifat fisik dan uji sifat mekanik batuan.



Gambar 7. (a) Proses Pemotongan blok batuan, (b) Proses uji sifat fisik, (c) Sampel batupasir untuk uji geser batuan, (d) Proses uji geser langsung

Preparasi sampel dan uji sifat fisik batuan dilakukan di Laboratorium Teknologi dan Mineral, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman. Sedangkan uji sifat mekanik berupa uji geser langsung, dilakukan di Laboratorium Geomekanika dan Peralatan Tambang, Institut Teknologi Bandung.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Lereng Penambangan

Hasil pengukuran arah dan kemiringan lereng penambangan di lokasi penelitian, pada lereng barat *dip direction/dip* N 113° E/ 48° dengan tinggi 12 meter, lereng utara *dip direction/dip* N 215° E / 74° dengan tinggi 8 meter, dan lereng timur *dip direction/dip* N 295° E / 53° dengan tinggi 10 meter. Berdasarkan kemiringan lereng, lereng penambangan pada daerah penelitian cenderung curam.

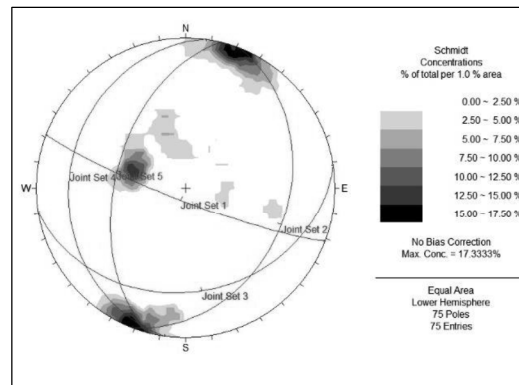
4.2 Proyeksi Stereografis

Jumlah hasil pengukuran bidang diskontinu dilapangan sebanyak 78 data. Dari hasil analisis terlihat lokasi penelitian terdapat 5 *joint set* (set kekar). Berdasarkan penyebarannya, *joint set* terbentuk cenderung ke arah barat – timur dengan arah kemiringan (*dip direction*) *joint set* N 111° E hingga N 284° E. (lihat tabel 1)

Pada proyeksi stereonet, *joint set* 4, 5 saling berpotongan terhadap *joint set* 2, 3 serta kemiringan *joint set* 2, 3, 4, 5 cenderung lebih landai dibandingkan dengan *joint set* 1. Perpotongan *joint set* tersebut berpotensi untuk membentuk longsoran bidang, dan baji. (lihat gambar 8)

Tabel 1. Joint Set Lokasi Penelitian

Joint Set	Dip	
	Direction (N...°E)	Dip (°)
Joint Set 1	201	83
Joint Set 2	111	32
Joint Set 3	171	31
Joint Set 4	278	23
Joint Set 5	284	51



Gambar 8. Penyebaran Joint Set

4.3 Sifat Fisik Batupasir

Uji sifat fisik batupasir mengikuti prosedur standar ISRM (1981) dengan cara menguji 4 sampel batuan yang sama dan hasilnya di rata-rata. Hasil uji sifat fisik dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji sifat fisik batupasir

Parameter	Kode Cawan				Rata-rata
	9	XI	E 11	21	
γ_n (gr/c m ³)	1,78	1,8 2	1,87	1,95	1,85
γ_d (gr/c m ³)	1,67	1,7 0	1,72	1,79	1,72
γ_s (gr/c m ³)	1,92	1,9 3	1,95	2,01	1,95
ω_n (%)	6,50	7,0 5	8,38	8,59	7,63
ω_s (%)	15,0 2	13, 77	13,2 4	11,8 2	13,4 6
S (%)	43,2 5	51, 20	63,2 8	72,6 1	57,5 9

Parameter	Kode Cawan				Rata-rata
	9	XI	E 11	21	
n (%)	25,1 4	23, 39	22,8 3	21,2 1	23,1 4
e	0,34	0,3 1	0,30	0,27	0,30

4.4 Sifat Mekanik Batupasir

Uji sifat mekanik batupasir mengikuti prosedur standar ISRM (1981) dengan cara menguji 3 sampel batupasir dan hasil uji dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji sifat mekanik batupasir

Parameter	Kohesi (MPa)	Sudut Geser Dalam (°)
Puncak	0,541	37,51
Sisa	0,245	23,99

4.5 Analisis Kinematika

4.4.1 Potensi Jenis Longsoran

Hasil analisa kinematik dengan menggunakan proyeksi stereonet menunjukkan bahwa pada lereng barat, lereng utara, dan lereng barat penambangan secara umum membentuk longsoran bidang dan baji. (lihat gambar 9). Pada lereng barat berpotensi membentuk longsoran bidang terhadap *joint set2*, dan berpotensi membentuk longsoran baji terhadap *joint set1* dan *joint set2*, serta *joint set2* dan *joint set3*. Lereng utara tidak menunjukkan hal yang serupa, yakni tidak adanya potensi terbentuknya longsoran akibat bidang lemah. Sedangkan pada lereng timur potensi terbentuknya longsoran bidang terhadap *joint set5*. (lihat tabel 4)

Tabel 4. Potensi Longsoran Lereng Penambangan

Lereng	Jenis Longsoran									
	Bidang (P)					Baji (W)				
	Joint Set	ψ_f (°)	ψ_p (°)	ϕ	Potensi Longsor	Joint Set	ψ_f (°)	ψ_p (°)	ϕ	Potensi Longsor
Lereng barat	JS 2	48	32	23,99	Potensi	JS 1 dan JS 2	47	31	23,99	Potensi
						JS 2 dan JS 3	44	28	23,99	Potensi
Lereng utara	JS 1	58	58	23,99	Tidak Potensi	JS 2 dan JS 4	72	3	23,99	Tidak Potensi
						JS 2 dan JS 5	73	2	23,99	Tidak Potensi
						JS 3 dan JS 4	73	16	23,99	Tidak Potensi

						JS 3 dan JS 5	74	23	23,99	Tidak Potensi
Lereng timur	JS 4	52	23	23,99	Tidak Potensi	-				
	JS 5	52	51	23,99	Potensi					

ψ_f = Kemiringan lereng

ψ_{fi} = Kemiringan perpotongan 2 bidang gelincir

ψ_p = Kemiringan bidang gelincir

ϕ = Sudut geser dalam

4.4.1 Faktor Keamanan

Nilai faktor keamanan lereng penambangan pada lokasi daerah penelitian cenderung bervariasi. Pada lereng barat, potensi longsoran bidang dengan faktor keamanan 11,54, longsoran baji dengan faktor keamanan 5,63 – 23,31. Sedangkan Lereng timur, potensi longsoran bidang dengan faktor keamanan 12,33. (lihat tabel 5)

Berdasarkan besaran nilai faktor keamanan yang diperoleh, faktor keamanan lereng penambangan sangat jauh di atas batas kritisnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa lereng barat, lereng utara, dan lereng timur pada lokasi penambangan batupasir dalam kondisi aman.

Tabel 5. Nilai Faktor Keamanan Lereng Penambangan

Lereng	Jenis Longsoran					
	Bidang (P)	Faktor Keamanan	Keterangan	Baji (W)	Faktor Keamanan	Keterangan
Lereng barat	JS 2	11,54	Aman	JS 1	23,31	Aman
				dan JS 2		
				JS 2 dan JS 3	5,63	Aman
Lereng timur	JS 5	12,33	Aman	-	-	-

V. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian terdiri dari 5 *joint set* yang berpotensi membentuk longsoran bidang dan longsoran baji. Pada lereng barat potensi longsoran bidang sebanyak 1 jenis dengan faktor keamanan 11,54 (aman), longsoran baji sebanyak 2 jenis dengan faktor keamanan 5,63 – 23,31 (aman). Lereng timur potensi longsoran bidang sebanyak 1 jenis dengan faktor keamanan 12,33 (aman).

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Pimpinan dan teknisi Lab. Tekmira, Lab. Rekayasa Sipil, Lab. Geologi dan Survey, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman atas fasilitas yang telah diberikan.

Teknisi Laboratorium Geomekanika dan Peralatan Tambang, Institut Teknologi Bandung yang telah membantu dalam uji geser batuan. Serta Febrianto Sarita, S.T., Jimmy Panggalo Londa, S.T, dan Roni Pranata yang telah membantu melakukan pengukuran dan pengujian selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

1. Brown, E.T., 1981, Rock Characterization Testing & Monitoring, International Society for Rock Mechanics (ISRM), England.
2. Ulusay, R., Hudson, J.A, 2007, Rock Characterization Testing & Monitoring, International Society for Rock Mechanics (ISRM), Ankara, Turkey.
3. Hoek, E., & Bray, J.W.1981., Rock Slope Engineering, 3rd Ed., The Institution of Mining and Metallurgy, London.
4. Phillips, F., C., 1971, The Use of Stereographic Projection in Structural Geology, 3rd Ed, Edward Arnold Ltd, London.
5. Wyllie, D.C., Mah, C.W., 2004, Rock Slope Engineering, 4rd Ed., Spon Press, London.
6. Jumikis, A.R., 1983, Rock Mechanics, 2nd Ed., The State University of New Jersey, USA.
7. Kramadibrata, S., 1996, Thesis : The Influence of Rock Mass and Intact Rock Properties On The Design Of Surfaces Mines With Particular Reference to The Excavatability of Rock, Curtin University of Technology, Australia.
8. Rai, M.A., 1999, Analisis Kemantapan Lereng, Pendidikan dan Pelatihan Perencanaan Tambang Batubara dengan Tambang Terbuka Secara Terintegrasi, Pusat Antar Universitas Ilmu Rekayasa, Institut Teknologi Bandung, Jurusan Teknik Pertambangan, Bandung.
9. Sulistianto, B., 2006, Analisis Kemantapan Lereng, Kursus Singkat Geoteknik Terapan untuk Tambang Terbuka, Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
10. Vutukuri, V.S., Katsuyama, K., 1994, Introduction to Rock Mechanics, Industrial Publishing & Consulting, Inc., Tokyo.
11. Zakaria, Z., Muslim, D., Sophian, I., 2012, Koreksi SMR pada Desain Lereng Tambang Terbuka Batubara pada Formasi Balikpapan & Formasi Kampungbaru, Sangasanga, Kalimantan Timur, Buletin Sumber Daya Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung, vol: 7, nomor : 3
12. Rai, M.A., Kramadibrata, S., Wattimena, R.K., 2014, Mekanika Batuan, Laboratorium Geomekanika dan Peralatan Tambang, Institut Teknologi Bandung, Bandung.