

STUDI KESTABILAN LERENG DENGAN MENGGUNAKAN METODE KINEMATIKA PADA TAMBANG BATU PASIR DI KELURAHAN RAPAK DALAM, KECAMATAN LOA JANAN ILIR, KOTA SAMARINDA, KALIMANTAN TIMUR

(The Study of Slope Stability Using Kinematic Method on Sand Stone Mining at Rapak Dalam Sub District, Loa Janan District, Samarinda City, Kalimantan Timur)

Dean Ryanda Putra, Tommy Trides, Shalaho Dina Devy
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
E-mail : dean.ryanda7777@gmail.com

Abstrak

Kemantapan (stabilitas) lereng merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah, batuan dan bahan galian, karena menyangkut persoalan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan serta kelancaran produksi. Secara umum, kestabilan lereng dikontrol oleh beberapa faktor, antara lain geometri lereng, kondisi geologi (sifat fisik material penyusun lereng, struktur geologi), kondisi hidrogeologi, dan sifat keteknikan material penyusun lereng. Kestabilan lereng yang tersusun oleh massa batuan yang terkekarkan secara intensif terutama dikontrol oleh orientasi kekar dan kekuatan bidang kekar. Tipe longsor yang berpotensi terjadi pada lereng batuan yang terkekarkan dapat ditentukan melalui analisis kinematika. Untuk membuat desain lereng yang aman dan juga ekonomis. Perlu dibuat sudut kemiringan lereng securam mungkin, namun masih tetap dalam batas aman, maka untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan suatu analisis kemantapan lereng menggunakan metode analisis kinematika guna mengetahui keadaan lereng pengamatan tersebut dalam kondisi stabil atau tidak stabil. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh penulis, diperoleh bahwa setelah melakukan uji sifat fisik batuan, didapatkan densitas rata-rata pada lereng pengamatan yaitu 2,22 gr/cc. Uji sifat mekanik dan hasil pengolahan perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan data berupa nilai kohesi batuan pada lereng pengamatan yaitu 0,1575 MPa atau 16,06 ton/m² dengan sudut geser dalam yaitu 14,7°. Dan berdasarkan hasil pengamatan yang terdapat pada proyeksi stereografis, potensi longsor yang akan terjadi adalah longsoran baji. Serta nilai faktor keamanan yaitu 6,39 menunjukkan lereng tersebut dalam keadaan aman.

Kata kunci: Uji Sifat Fisik Batuan, Uji Sifat Mekanik Batuan, Potensi Longsoran, Faktor Keamanan Lereng

Abstract

Slope stability is one of the most important things in work related to the excavation and stockpiling of land, rocks and minerals, because it involves issues of human safety (workers), equipment security and smooth production. In general, slope stability is controlled by several factors, including slope geometry, geological conditions (physical properties of slope constituent material, geological structure), hydrogeological conditions, and engineering properties of slope constituent materials. Slope stability that is composed of rock masses that are intensively stretched is mainly controlled by the strength orientation and strength of the burly field. The type of landslide that has the potential to occur on a restricted rock slope can be determined through kinematics analysis. To create a safe and economical slope design, it is necessary to make the slope angle as steep as possible, but still within safe limits, then to overcome these problems a slope stability analysis is required using kinematics analysis method to determine the state of the observation slope in a stable or unstable condition. From the results of research conducted by the author, it was found that after testing the physical properties of rocks, the average density on the observation slope was 2.22 gr / cc. Tests for the mechanical properties and results of processing calculations that have been carried out resulted in data in the the observation slope is 0.1575 MPa or 16.06 tons / m² with a deep shear angle of 14.7 °. And based on observations found in stereographic projections, the potential for landslides that will occur is a wedge avalanche. As well as the value of the safety factor, which is 6.39, the slope is safe.

Keywords: physical tests of rocks, mechanical tests of rocks, landslide potential, slope's safety factor

PENDAHULUAN

Kemantapan (stabilitas) lereng merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah, batuan dan bahan galian, karena

menyangkut persoalan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan serta kelancaran produksi.

Secara umum, kestabilan lereng dikontrol oleh beberapa faktor, antara lain geometri lereng, kondisi geologi (sifat fisik material penyusun lereng,

struktur geologi), kondisi hidrogeologi, dan sifat keteknikan material penyusun lereng. Kestabilan lereng yang tersusun oleh massa batuan yang terkekarkan secara intensif terutama dikontrol oleh orientasi kekar dan kekuatan bidang kekar. Tipe longsor yang berpotensi terjadi pada lereng batuan yang terkekarkan dapat ditentukan melalui analisis kinematika.

Analisis kinematika merupakan analisis rekonstruksi dari pergerakan yang terjadi pada saat proses deformasi batuan yang terjadi di semua skala. Analisis kinematika menggunakan parameter orientasi struktur geologi, orientasi lereng dan sudut geser batuan yang diproyeksikan dalam analisis stereografis sehingga dapat diketahui tipe dan arah longsoran. Berbagai jenis longsoran berhubungan dengan struktur-struktur geologi yang mengakibatkan adanya suatu diskontinuitas pada massa batuan. Salah satu metode yang sering kali digunakan untuk melakukan identifikasi dan karakteristik bidang diskontinuitas pada singkapan lereng batuan yaitu metode *scanline sampling*.

Dalam dunia Pertambangan, analisis kemantapan lereng sangat dibutuhkan untuk membuat desain lereng yang aman dan juga ekonomis. Untuk itu perlu membuat sudut kemiringan lereng seaman mungkin, namun masih tetap dalam batas aman. Atas dasar latar belakang masalah tersebut maka diperlukan suatu analisis kemantapan lereng menggunakan metode analisis kinematika guna mengetahui keadaan lereng pengamatan tersebut dalam kondisi stabil atau tidak stabil.

Uji Sifat Fisik Batuan menurut Arif (2012) menyatakan bahwa sifat fisik batuan yang ditentukan untuk kepentingan penelitian geoteknik antara lain bobot isi asli (*natural density*), bobot isi kering (*dry density*), bobot isi jenuh (*saturated density*), berat jenis semu (*apparent specific gravity*), berat jenis sejati (*true specific*), kadar air asli (*natural water content*), kadar air jenuh (*absorption*), derajat kejenuhan, porositas (*n*), dan *void ratio* (*e*). Uji sifat fisik berguna sebagai data pendukung dari batuan yang akan diuji. Apabila hasil dari uji sifat fisik batuan yang diuji menunjukkan tidak seragam, hal ini menjadi indikasi tidak meratanya kekuatan batuan, atau dengan kata lain batuan yang diuji sangat bervariasi. Adapun perhitungan sifat fisik batuan adalah sebagai berikut :

1. *Natural density* (γ_n) = $\frac{W_n}{W_w - W_s}$ (2.1)
2. *Dry density* (γ_d) = $\frac{W_o}{W_w - W_s}$ (2.2)
3. *Saturated density* (γ_s) = $\frac{W_w}{W_w - W_s}$ (2.3)
4. *Apparent specific gravity* (GSA) = $\frac{W_o}{W_w - W_s}$ / bobot isi air (2.4)

5. *True specific gravity* (GST) = $\frac{W_o}{W_o - W_s}$ / bobot isi air (2.5)
6. *Natural water content* (ω_n) = $\frac{W_n - W_o}{W_o} \times 100\%$ (2.6)
7. *Saturated water content* (ω_s) = $\frac{W_w - W_o}{W_o} \times 100\%$ (2.7)
8. *Degree of saturation* (S) = $\frac{W_n - W_o}{W_w - W_o} \times 100\%$ (2.8)
9. *Porosity* = $\frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \times 100$ (2.9)
10. *Void ratio* (*e*) = $\frac{n}{1-n}$ (2.10)

Dengan :

- W_n = bobot percontohan Asli (gr)
- W_w = bobot percontohan jenuh (gr)
- W_s = bobot percontohan didalam air (gr)
- W_o = bobot percontohan kering (gr)

Uji Sifat Mekanik Batuan menurut Rai dkk (2013) menyatakan bahwa Semua massa batuan memiliki bidang-bidang diskontinu, seperti kekar, bidang perlapisan, dan sesar. Pada kedalaman yang dangkal ketika tegangan-tegangan yang bekerja sangat rendah atau dapat diabaikan, deformasi ataupun runtuh yang terjadi pada batuan utuh (*intack rock*) dan massa batuan lebih banyak dikendalikan oleh lunturnan pada bidang diskontinu dan sifat fisik butiran batuan utuh (*intack rock*) diantar bidang lunturnan atau gesernya.

Salah satu contoh kasus ini adalah pembuatan lereng-lereng pada kegiatan tambang terbuka. Oleh karena itu, sebelum mendesain lereng tambang, perlu diketahui parameter-parameter kuat geser batuan, yaitu kohesi (C) dan sudut geser dalam (ϕ) yang diperoleh dengan melakukan uji geser langsung di laboratorium.

Kuat geser batuan sangat berguna sebagai parameter rancangan kestabilan lereng. Kriteria keruntuhan geser yang paling banyak digunakan adalah kriteria Mohr-Coulumb (C) yang ditulis dalam persamaan

$$\tau = C + \mu \sigma \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

- τ = tegangan geser
- C = kohesi
- μ = koefisien geser dalam dari batuan = $\tan \phi$
- σ = tegangan normal

Hasil pengujian ini untuk mengetahui kuat geser batuan pada tegangan normal tertentu. Dari hasil pengujian dapat ditentukan kurva intrinsik, Kuat geser, tegangan normal, kohesi.

Proyeksi stereografis menurut Dunchan & Christopher (2004) proyeksi stereografi merupakan metode pendeskripsian geometri yang mampu menunjukkan hubungan antara ‘besar sudut’ dan ‘kedudukan’ dari garis atau bidang. Masing-masing dari proyeksi stereografis ini memiliki ciri dan hasil

proyeksi yang berbeda-beda, salah satunya yaitu *Equal area projection*. Proyeksi ini lebih umum digunakan dalam analisis data statistik karena kerapatan hasil plotting menunjukkan keadaan yang sebenarnya. Proyeksi *equal area* merupakan proyeksi yang akan menghasilkan jarak titik pada bidang proyeksi yang sama dan sebanding dengan sebenarnya. Hasil dari *equal area projection* adalah suatu stereogram yang disebut dengan *Schmidt Net*. Pengkontoran tiap kutub dengan menggunakan *kalsbeek counting net*.

Struktur geologi menurut Balfas (2014) struktur geologi adalah struktur perubahan lapisan batuan sedimen akibat kerja kekuatan tektonik. Kekuatan tektonik yang membentuk struktur geologi itu berupa tegangan (*stress*). Berdasarkan keseragaman kekuatannya, *stress* dapat dibagi menjadi 2 yaitu *Uniform stress (confining stress)*, yaitu tegangan yang menekan atau menarik dengan kekuatan yang sama dari atau ke semua arah. *Differential stress* yaitu tegangan yang menekan atau menarik dari atau kesatu arah saja dan bisa juga dari atau ke segala arah, tetapi salah satu arah kekuatannya ada yang lebih dominan.

Menurut Djauhari (2009) kekar adalah struktur rekahan/retakan terbentuk pada batuan akibat suatu gaya yang bekerja pada batuan tersebut dan belum mengalami pergeseran. Secara umum, kekar terdiri atas kekar tektonik dan kekar non tektonik. Kekar yang terbentuk karena gaya tektonik berasosiasi dengan lipatan (*fold*) atau sesar (*fault*).

Analisis Kinematika menurut Arif (2016), Analisis kinematika merupakan analisis rekonstruksi dari pergerakan yang terjadi pada saat proses deformasi batuan yang terjadi di semua skala. Analisis kinematika menggunakan parameter orientasi struktur geologi, orientasi lereng dan sudut geser batuan yang diproyeksikan dalam analisis stereografis sehingga dapat diketahui tipe dan arah longsoran. Berbagai jenis longsoran berhubungan dengan struktur-struktur geologi yang mengakibatkan adanya suatu diskontinuitas pada massa batuan.

Untuk menyatakan tingkat kestabilan suatu lereng, dikenal istilah Faktor keamanan (*safety factor*). Faktor keamanan diperlukan untuk mengetahui kemantapan suatu lereng untuk mencegah bahaya longsoran di waktu-waktu yang akan datang.

Berbagai jenis longsoran (*slope failure*) berhubungan dengan struktur-struktur geologi yang mengakibatkan adanya suatu diskontinuitas pada suatu massa batuan. Salah satu metode yang sering kali digunakan untuk melakukan identifikasi dan karakteristik bidang diskontinuitas pada singkapan lereng batuan yaitu metode *scanline sampling*. Salah satunya yaitu longsoran baji. Potensi longsoran baji akan dibentuk oleh dua bidang diskontinu dengan arah tertentu yang berpotongan sedemikian rupa

sehingga membentuk baji pada lereng dan dapat meluncur di sepanjang garis perpotongan tersebut. Bidang diskontinu yang berpotensi membentuk longsoran baji pada suatu lereng merupakan bidang diskontinu dengan *trend* dari arah normalnya terletak pada range tertentu dari arah normal lereng. *Range* yang digunakan pada analisis ini adalah 90° atau 45° dari kedua sisi dari arah normal lereng.

Tabel 1. Kisaran Faktor Keamanan (Ward, 1978)

Faktor keamanan (Fs)	Kerentanan gerakan tanah
$\leq 1,2$	Tinggi : Gerakan tanah sering terjadi
$1,2 < Fs \leq 1,7$	Menengah : Gerakan tanah dapat terjadi
$1,7 < Fs \leq 2,0$	Rendah : Gerakan tanah jarang terjadi
$> 2,0$	Sangat rendah : Gerakan tanah sangat jarang terjadi

Syarat terjadinya longsoran baji adalah sebagai berikut :

1. Longsoran baji ini terjadi bila dua buah jurus bidang diskontinunya saling berpotongan pada muka lereng
2. Sudut lereng lebih besar daripada sudut garis potong kedua bidang diskontinuitas
3. Longsoran terjadi menurut garis potong kedua bidang tersebut.

METODOLOGI

Adapun penelitian kali ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Mineral Universitas Mulawarman. Metode Penelitian yang digunakan adalah Metode langsung (*primer*) dan tidak langsung (*sekunder*). Metode tersebut dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu tahap pra lapangan, tahap lapangan, dan tahap pasca lapangan.

Metode Pengumpulan Data

Pada tahap pra lapangan, kegiatan yang dilakukan yaitu studi literatur dan pengamatan lapangan. Studi literatur dilakukan dengan mencari referensi dan literatur yang terkait dengan penelitian ini. Pengamatan lapangan dilakukan dengan mengobservasi lokasi yang akan diamati.

Pada tahap lapangan, kegiatan yang dilakukan yaitu pengukuran kedudukan lereng (*Slope Face*), kedudukan kekar, dimensi lereng dan pengambilan sampel batuan. pengukuran kedudukan lereng, dan kedudukan kekar diukur dengan menggunakan kompas geologi dengan dikur *strike/dip* (jurus/kemiringan) setiap parameter dan dinotasikan dengan N (*strike*) $^\circ$ E/(*dip*). Pengambilan sampel batuan dilakukan secukupnya dengan asumsi sampel tersebut representatif. Pengukuran dimensi lereng dilakukan menggunakan *roll meter*.

Metode Analisis Data

Pada tahap pasca lapangan, kegiatan yang dilakukan yaitu proyeksi stereografis, uji sifat fisik dan uji sifat mekanik batuan, analisis faktor keamanan dan penyimpulan hasil penelitian. Proyeksi stereografis dilakukan dengan melakukan

plot data kekar dan lereng menggunakan *schmidt net* dibantu dengan *kalsbeek counting net* yang mana proyeksi tersebut akan digunakan untuk mencari parameter-parameter dalam perhitungan faktor keamanan. Uji sifat fisik dilakukan menurut standard ISRM untuk mengetahui densitas dan kadar air batuan. Uji sifat mekanik berupa uji kuat geser dilakukan untuk mengetahui kohesi dan sudut geser dalam dari batuan. Analisis faktor keamanan dilakukan dengan menginput parameter-parameter yang diperlukan dan dihitung sehingga diketahui nilai faktor keamanan beserta deskripsi dari nilai tersebut menggunakan metode analisis kinematika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan dibagi dua tahapan, pada tahap lapangan dilakukan pengambilan data kedudukan slop face, kekar, dimensi lereng dan pengambilan sampel. Data yang diukur adalah arah kemenerusan (*strike*), kemiringan (*dip*) kekar dan lereng. Sedangkan pada pasca lapangan data diolah sehingga mendapatkan peta stereografis, Pengamatan dan pencatatan terhadap orientasi diskontinuitas dilakukan dengan cara sistematis dengan menggunakan metode *scanline*. Pengamatan di laboratorium dilakukan penelitian uji sifat fisik dan sifat mekanik. Uji sifat fisik dilakukan untuk mengetahui densitas dan kadar air batuan. Uji sifat mekanik berupa uji kuat geser dilakukan untuk mengetahui kohesi dan sudut geser dalam dari batuan. Dari data data tersebut maka akan dapat diketahui jenis longsoran dan faktor keamanan lereng.

Keadaan lereng dan kekar lokasi penelitian. Pengamatan pada lokasi dengan menggunakan *GPS* untuk mendapatkan letak lokasi yaitu 117°6'43" BT, 0°33'24,5" LS, elevasi 10m. Setelah itu dilakukan penelitian dengan kompas geologi untuk mengambil nilai *strike* dan *dip* di lapangan, tercatat nilai arah garis pengukuran lereng (*strike*) N318°E serta arah kemiringan lereng 37°. Scan line yang terbentang pada lereng yaitu 22,3 m dengan ketinggian 13,05 m. Pada lereng tersebut didapatkan 24 kekar yang terkumpul dalam 2 *joint Set*. *Joint Set 1* N240°E/50° dan *Joint Set 2* N57°E/35°.

Tabel 1. Data Kekar Lapangan

No	Strike N..°E	Dip °
1	160	72
2	20	29
3	226	46
4	154	51
5	173	54
6	223	44
7	240	30
8	225	60

9	64	41
10	42	37
11	128	38
12	10	59
13	226	53
14	202	61
15	250	73
16	226	64
17	280	70
18	235	64
19	242	53
20	236	49
21	245	44
22	235	17
23	244	41
24	260	31

Berdasarkan pada pengujian sifat fisik batuan yang telah dilakukan diperoleh hasil sampel berjumlah 3 (tiga) sampel yang akan di uji masing-masing memiliki kode cawan yaitu A3, B11, B13. Kode cawan merupakan sampel 1 (satu), kode cawan B11 merupakan sampel 2 (dua), kode cawan B13 merupakan sampel 3 (tiga). Pengujian sifat fisik batuan bertujuan untuk mengetahui parameter yang berpengaruh terhadap kekuatan batuan, seperti *density*, porositas, dan lain-lain. Nilai-nilai tersebut didapatkan dari hasil perhitungan nilai *natural density* (γ_n), *dry density* (γ_d), *saturated density* (γ_s), *natural water content* (ω_n), *saturated water content* (ω_s), *degree of saturation* (S), *porosity* (n), dan *void ratio* (e) yang menjadi pendukung terhadap tingkat kekuatan suatu batuan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Batuan

Sampel	1	2	3
Kode Cawan	A31	A32	B22
Berat <i>Natural</i> (Wn)(gr)	120	95	175
Berat jenuh Tergantung (Ws)(gr)	85.2	50	116
Berat Jenuh (Ww)(gr)	135	100	190
Berat Kering(Wo)(gr)	110	83	165

Berdasarkan hasil uji laboratorium pada Tabel 3, maka dapat dilakukan perhitungan selanjutnya

Tabel 3. Hasil Uji Sifat Fisik Batuan

Kode	Jenis Batuan	γ_n	γ_d	γ_s	ω_n
		gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	%
1	Sandstone	2.36	2.23	2.57	6.06

2	Sandstone	2.41	2.21	2.71	9.09
3	Sandstone	1.90	1.66	2.00	14.46
Rata-rata		2.22	2.03	2.43	9.87

Tabel 4. Tabel Lanjutan Hasil Uji Sifat Fisik Batuan

Kode	Jenis Batuan	ω_s	S	n	e
		%	%	%	
1	Sandstone	15.15	40.00	33.78	0.51
2	Sandstone	22.73	40.00	50.20	1.01
3	Sandstone	20.48	70.59	34.00	0.52
Rata-rata		19.45	50.20	39.33	0.68

Berdasarkan hasil perhitungan sifat fisik batuan pada Tabel 3 bahwa *natural density* (γ_n) rata-rata adalah 2,22 gr/cm³, *dry density* (γ_d) rata-rata adalah 2,03 gr/cm³, *saturated density* (γ_s) rata-rata adalah 2.43 gr/cm³, *natural water content* (ω_n) rata-rata adalah 9,87%, *saturated water content* (ω_s) rata-rata adalah 19,45%, *degree of saturation* (S) rata-rata adalah 50,20%, *porosity* (N) rata-rata adalah 39,33% dan *void ratio* (e) rata-rata adalah 0,68. Hasil ini akan berpengaruh dalam tahap selanjutnya, akan dibutuhkan dalam perhitungan faktor keamanan dari lereng tersebut. Densitas yang digunakan dalam perhitungan selanjutnya yaitu densitas normal sebesar 2,22 gr/cm³

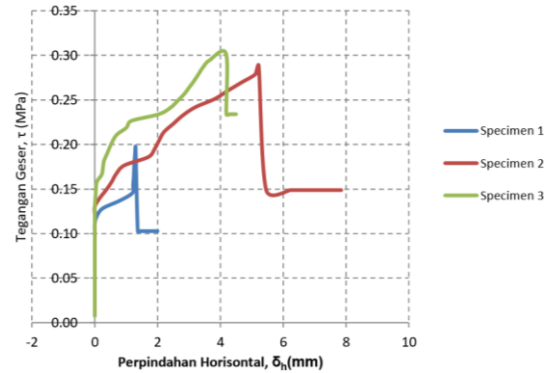
Pada uji sifat mekanik, nilai-nilai yang terdapat dalam pengujian mekanika batuan, dapat kita tentukan melalui pengujian kuat geser batuan. Pengujian kuat geser batuan bertujuan untuk mengetahui nilai parameter yang berpengaruh teradap batuan seperti tegangan normal (σ_n), tegangan geser (τ), kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Dalam pengujian ini terdapat 3 (tiga) sampel batuan yang diuji dan diberi beban yang berbeda-beda dan dapat dilihat tegangan normal (σ_n) puncak, tegangan geser (τ) puncak, tegangan normal (σ_n) sisa, dan tegangan geser (τ) sisa. Data hasil uji sifat mekanik terlampir. Dalam penelitian ini, peneliti mengasumsikan bahwa kohesi dan sudut geser dalam untuk semua bidang diskontinu adalah sama, sehingga didapatkan hasil uji kuat geser kohesi puncak adalah 0.1575 MPa; kohesi sisa adalah 0.0307 MPa ; sudut geser dalam puncak adalah 14.7° ; dan sudut geser dalam sisa adalah 18.2°.

Tabel 5. Hasil Uji Kohesi Dan Sudut Geser Dalam

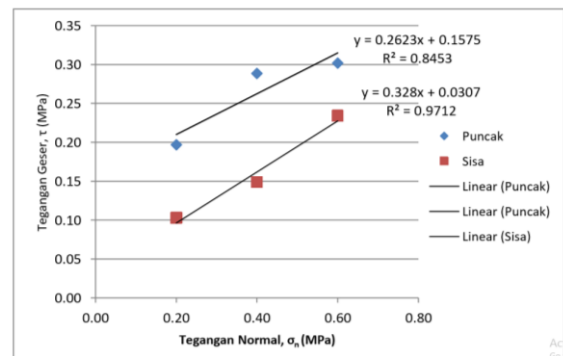
Kurva	Kohesi (MPa)	Sudut Geser Dalam (°)
Puncak	0.1575	14.7
Sisa	0.0307	18.2

Tabel 6. Tegangan Normal dan Tegangan Geser Pada Pengujian Kuat Geser Batuan

Kode	F shear (kN)		σ_n Normal (Mpa)	τ (MPa)	
	Puncak	Sisa		Puncak	Sisa
1.	0.58	0.30	0.20	0.20	0.10
2.	0.65	0.40	0.40	0.29	0.15
3.	1.00	0.78	0.60	0.30	0.23

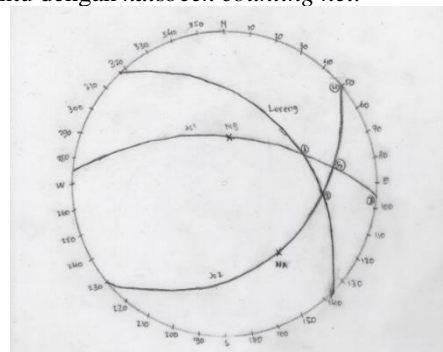


Gambar 1. Grafik perpindahan Horizontal



Gambar 2. Grafik perpindahan Horizontal

Proyeksi stereografis dapat dilakukan ketika data *strike* dan *dip* kekar dan lereng telah diketahui. Dari proyeksi stereografis tersebut dapat ditentukan jenis longoran yang terdapat pada lokasi penelitian sesuai dengan syarat-syarat jenis longoran tersebut. Proyeksi Stereografis yang digunakan menggunakan metode manual yang menggunakan *Schmidt net* dibantu dengan *kalsbeek counting net*.



Gambar 3. Proyeksi Stereografis

Berdasarkan hasil pengamatan yang terdapat pada proyeksi stereografis, terdapat dua buah jurus bidang diskontinyu yang saling berpotongan, *Joint Set 1* N240°E/50° dan *Joint Set 2* N°57E/35°. Pengukuran lereng yaitu N318°E serta arah kemiringan lereng 37°. Perhitungan faktor keamanan dilakukan untuk mengetahui nilai keamanan dari lereng tersebut, perhitungan kali ini menggunakan data yang bersumber dari kohesi bidang lemah, sudut geser dalam bidang lemah, bobot isi batuan, tinggi lereng dan beberapa hasil lainnya. Dari hasil proyeksi stereografis, didapatkan parameter-parameter input untuk analisis faktor keamanan longsor baji sebagai berikut :

Tabel 7. Tabel Data Stereografis

No.	Data Stereografis	
1	θ_{13}	40°
2	θ_{24}	24°
3	θ_{35}	22°
4	θ_{45}	36°
5	θ_{2Na}	41°
6	θ_{1Nb}	50°
7	$\theta_{Na.Nb}$	88°
8	ψ_A	31°
9	ψ_B	56°
10	ψ_5	18°

Perhitungan Faktor Keamanan

$$\frac{3}{\gamma H}(c_a x + c_b y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} X) \tan \phi_a + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} Y) \tan \phi_b$$

Nilai faktor keamanan pada longsor baji setelah dilakukan pengolahan data adalah 6,39. Apabila nilai faktor keamanan < 1 (kurang dari satu) dinyatakan tidak aman, nilai faktor keamanan > 1 (lebih dari satu) dinyatakan aman, nilai faktor keamanan = 1 (sama dengan satu) dinyatakan dalam keadaan seimbang. Maka dari itu, nilai faktor keamanan longsor baji bernilai aman

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian berupa pengolahan data yang diperoleh di lapangan maupun data pengujian di laboratorium, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah melakukan uji sifat fisik batuan, didapatkan densitas rata-rata pada lereng pengamatan yaitu 2,22 gr/cc.
2. Uji sifat mekanik dan hasil pengolahan perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan data berupa nilai kohesi batuan pada lereng

pengamatan yaitu 0,1575 MPa atau 16,06 ton/m² dengan sudut geser dalam yaitu 14,7°.

3. Berdasarkan hasil pengamatan yang terdapat pada proyeksi stereografis, potensi longsor yang akan terjadi adalah longsor baji.
4. Nilai faktor keamanan yaitu 6,39 menunjukkan lereng tersebut dalam keadaan aman.

Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya :

1. Sebaiknya dilakukan perlakuan sampel yang baik seperti menjaga sampel tetap dalam keadaan kering dan tidak terkontaminasi dengan udara luar maupun dengan zat-zat pengotor lainnya untuk menjaga kualitas sampel batu pasir yang nantinya dapat mempengaruhi kualitas dari sampel pasir tersebut.
2. Sebaiknya jarak waktu antara pengambilan sampel dengan pengujian sifat fisik dan sifat mekanik dilakukan secepatnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief. 2016. Geoteknik Tambang, Jakarta : Gramedia
- Balfas, M.D. 2014, *Geologi Untuk Pertambangan Umum*, Yogyakarta : Graha Ilmu
- Djauhari, N. 2012. *Pengantar Geologi*, Universitas Pakuan Bogor
- Evon S.K., Shalaho D.D., Tommy, T., 2019, Analisis Kestabilan Lereng Lowwall Pit7 Selatan Blok AM yang dipengaruhi Airtanah Di PT.Alamjaya Bara Pratama, Kecamatan Loakulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, Jurnal Teknologi Mineral FT Unmul, Vol. 7, No.1, Samarinda
- Grady, B.H.G & Brown, E.T. 2004. *Rock Mechanics*, USA
- Kliche, C.A. 1999. *Rock Slope Stability*. Colorado : Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc
- Rai, M. A., Kramadibrata, S., dan Watimena, R, K. 2013. *Mekanika Batuan*. Bandung: ITB Press.
- Standar Nasional Indonesia, 2005 (SNI 13-7124-2005) Penyusunan peta zona kerentanan gerakan tanah
- Supriatna, Sukardi., dan Rustandi, E. 1995. *Peta Geologi Regional Samarinda, Kalimantan*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- Van der Plujim, Ben A., 2004. *Earth Structure 2nd Edition*. USA
- Wyllie, D.C., Mah, C.W. 2004. *Rock Slope Engineering 4th Edition*. London : Spon Press.