

**PENERAPAN METODE KRITERIA RUNTUH *HOEK & BROWN* DALAM
MENENTUKAN FAKTOR KEAMANAN PADA ANALISIS KESTABILAN
LERENG DI LOOP 2 PT. KALTIM BATU MANUNGGAL
KALIMANTAN TIMUR**

Oleh:

Yasmina Amalia

Program Studi Teknik Pertambangan UPN “Veteran” Yogyakarta

ABSTRAK

PT. Kaltim Batu Manunggal merupakan perusahaan tambang batubara di Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Kegiatan Penambangan dilakukan dengan membuat lereng berjenjang. Pembuatan lereng di perusahaan tersebut tidak didasarkan pada kajian geoteknik, sehingga geometri lereng dibuat sama tanpa memperhatikan perbedaan karakterisasi massa batuan di lokasi penelitian. Perlakuan yang sama mempunyai tingkat keyakinan terhadap kestabilan lereng yang rendah.

Penelitian dilakukan untuk mengklasifikasi massa batuan dengan sistem *rock mass rating (RMR)* dan *geological strength index (GSI)*. RMR yang didapatkan pada loop 2 = 63. Nilai GSI merupakan nilai pengurangan 8 dari nilai RMR (Saptono, 2012), sehingga didapat GSI = 55. Untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut gesek dalam digunakan pendekatan kriteria runtuh Hoek and Brown (2002). Nilai kohesi dan sudut gesek dalam pada loop 2 adalah 35 kN/m^2 dan $26,99^\circ$.

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa penentuan GSI untuk loop 2 adalah dengan tinggi 6 m dengan sudut kemiringan 35° . Untuk geometri lereng keseluruhan dengan tinggi 42 m dan lebar jenjang 5 m.

Keyword : Lereng, *Hoek&Brown*

PENDAHULUAN

PT. Kaltim Batu Manunggal (KBM) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak pada tambang batubara. Sistem penambangan batubara yang diterapkan adalah tambang terbuka dengan cara membuat lereng-lereng. Adanya kegiatan pembongkaran lapisan tanah penutup pada lereng akan menyebabkan terjadinya perubahan gaya pada lereng. Perubahan gaya mengakibatkan terjadi

perbedaan distribusi tegangan sehingga kekuatan massa batuan ikut berubah. Kondisi ini menyebabkan kesetimbangan lereng terganggu dan selanjutnya massa batuan akan mencari kesetimbangan baru dengan cara melepaskan beban dapat dalam bentuk longsoran. Longsoran bisa dalam bentuk rayapan dan runtuh. Kelongsoran akan terjadi apabila gaya penahan lebih kecil dari gaya penggerak.

Salah satu cara mengetahui kondisi lereng stabil atau tidak dengan menggunakan kriteria faktor keamanan. Metode untuk menentukan faktor keamanan dengan menggunakan metode kesetimbangan batas. Perhitungan faktor keamanan dengan metode kesetimbangan batas dengan cara membagi massa bidang gelincir menjadi irisan-irisan kecil. Gaya-gaya geser yang bekerja pada irisan diasumsikan mewakili seluruh bagian yang sama dari kuat geser batuan atau tanah dimana gaya-gaya geser ini bekerja.

PT. KBM menerapkan geometri lereng tunggal dengan dimensi tinggi 10 m, lebar 5 m, dan kemiringan 60° . Untuk menghindari terjadinya kelongsoran pada PT. KBM, peneliti mengkaji kembali kekuatan massa batuan pada lereng tunggal yang berlokasi di loop 2.

Klasifikasi massa batuan merupakan salah satu metode untuk mengetahui kekuatan massa batuan. Klasifikasi kekuatan massa batuan dapat diketahui dengan melakukan karakterisasi massa batuan, kegiatan ini dapat dilakukan di permukaan lereng. Masalah yang terjadi pada perancangan lereng penambangan di PT. KBM adalah belum dilakukan penelitian geoteknik berdasarkan karakterisasi massa batuan, sehingga perlu diadakannya kajian khusus untuk penelitian geoteknik berdasarkan karakterisasi massa batuan.

Di dalam penelitian ini untuk menentukan kekuatan massa batuan menggunakan kriteria runtuh Hoek & Brown (2002), dikarenakan kriteria runtuh Hoek & Brown dapat digunakan untuk memperkirakan kekuatan, kohesi, dan sudut gesek

dalam massa batuan. Kohesi dan sudut gesek dalam merupakan parameter untuk mengetahui faktor keamanan dalam metode keseimbangan batas.

Hasil dari kajian ini diharapkan dapat memberikan solusi terhadap beberapa masalah yang dihadapi berkaitan dengan masalah geoteknik dalam kegiatan penambangan batubara di PT. KBM.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Merevisi geometri lereng pada lokasi daerah penelitian.
2. Menentukan tindakan penunjang kestabilan lereng.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode langsung dan tidak langsung. Metode langsung dilakukan dengan mengadakan pengukuran-pengukuran secara langsung dilapangan sedangkan metode tidak langsung diperoleh dari literatur-literatur. Adapun urutan pekerjaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur
Tahap ini dilakukan dengan studi literatur atau sumber lain yang berhubungan dengan geoteknik.
2. Penelitian di lapangan
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang dianggap berguna dalam menyelesaikan permasalahan. Data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi:
 - a. Data Primer
Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari hasil pengamatan di lapangan. Data primer yang didapatkan pada saat penelitian adalah:

1. Geometri, arah dan kemiringan lereng.
 2. Orientasi bidang diskontinu.
 3. Kondisi bidang diskontinu.
 4. Nilai kuat tekan batuan berdasarkan hasil identifikasi di lapangan dengan palu geologi.
- b. Data Sekunder
- Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung. Data sekunder yang didapatkan pada saat penelitian adalah :
1. Peta lokasi penambangan.
 2. Peta stratigrafi.
 3. Data iklim dan curah hujan.
 4. Data kualitas batubara.
3. Pengolahan Data
- Data yang diperoleh baik dari data primer maupun data sekunder selanjutnya diolah di Laboratorium Simulasi dan Komputasi Teknik Pertambangan UPN Veteran Yogyakarta dengan metode keseimbangan batas menggunakan bantuan *Software*. Adapun pengolahan dan analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:
- a. Menentukan arah umum dari setiap famili bidang diskontinu dengan proyeksi stereografis.
 - b. Melakukan analisis metode kriteria runtuh *Hook & Brown* dalam menentukan kekuatan massa batuan.
 - c. Memasukkan parameter masukan material dan parameter geser massa batuan untuk mendapatkan nilai Faktor Keamanan.
 - d. Mensimulasi geometri lereng sebagai upaya optimasi perancangan lereng.
4. Kesimpulan

Hasil yang diharapkan dari pengolahan data selanjutnya ditarik kesimpulan yang kemudian disajikan dalam bentuk suatu karya ilmiah.

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pembobotan Parameter *Rock Mass Rating*

Pada tahap ini hasil pengukuran di lapangan terhadap parameter-parameter RMR seperti kuat tekan batuan utuh, *rock quality designation* (RQD), spasi bidang diskontinu, kondisi bidang diskontinu, dan kondisi umum air tanah pada bidang diskontinu. Pengamatan dan pengukuran parameter tersebut akan diberikan bobot sesuai dengan klasifikasi massa batuan *rock mass rating system* (Bieniawski, 1989) seperti yang telah disebutkan pada Tabel 1.

Kuat Tekan Batuan Utuh

Penentuan nilai kuat tekan batuan utuh pada penelitian kali ini tidak menggunakan Uji Kuat Tekan Uniaksial. Penentuan nilai kuat tekan batuan utuh menggunakan bantuan palu geologi dan kuku yang mendasarkan pada *Index Classification of Rock Material* (ISRM, 1981) yang telah disebutkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengamatan Langsung Kuat Tekan Batuan di Lokasi Penelitian

Lokasi	Jenis Batuan	Identifikasi kasi Lapangan (ISRM, 1981)	UCS (Mpa)	Bobot RMR
Loop 2	Batu lempung	Batu terurai pecah dengan pukulan mantap dengan palu goelogi, bisa digores dengan pisau lipat (R1).	1-5	1

Rock Quality Designation (RQD)

Berdasarkan pengukuran kerapatan bidang diskontinu yang diukur pada muka lereng, nilai RQD dapat dihitung dengan persamaan yang dikenalkan oleh Priest dan Hudson (1976). Lihat Tabel 2.

Didapatkan jarak rata-rata spasi kekar rata-rata sebenarnya di Loop 2 adalah 0,107299, sehingga:

$$\lambda = \frac{1}{0,106025} = 9,431705 \text{ kekar/meter}$$

$$RQD = 100e^{-0,1\lambda} x (0,1\lambda + 1)$$

$$RQD = 100e^{-0,1x9,431705} x (0,1x9,431705 + 1)$$

$$RQD = 76 \%$$

Lokasi	Jumlah Kekar	Panjang Scanline (meter)	Spasi Kekar Rata-Rata (meter)	RQD (%)	Kualitas Batuan	Bobot RMR
Loop 2	139	10,5	0,11	76	Baik	17

Spasi Bidang Diskontinu

Jarak spasi antar bidang diskontinu yang didapatkan dari pengukuran di lapangan kemudian dikoreksi menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Kramadibrata (1996) untuk mendapatkan jarak rata-rata spasi antar bidang dikontinu sebenarnya. Sebagai contoh perhitungan jarak rata-rata spasi antar bidang sebenarnya adalah sebagai berikut:

Didapatkan jarak rata-rata spasi bidang diskontinu sebenarnya famili A, B, C, dan D di Loop 2 adalah 0,103154 m, 0,108247 m, 0,112407 m, dan 0,100294 m, sehingga :

$$= \frac{\text{Jumlah jarak rata-rata antar spasi bidang dikontinu}}{\text{Jumlah famili}}$$

$$= \frac{0,103154 + 0,108247 + 0,100294 + 0,106025}{4}$$

$$= 0,106025 \text{ m}$$

Hasil perhitungan jarak spasi rata-rata spasi antar bidang diskontinu dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Rock Quality Designation (RQD)


Tabel 3 Hasil Perhitungan Spasi Rata-Rata Antar Bidang Diskontinu

Lokasi	Spasi Rata-Rata Bidang Diskontinu (meter)	Deskripsi	Kondisi Massa Batuan	Bobot RMR
Loop 2	0,11	Rapat	Pecah	8

Kondisi Bidang Diskontinu

Hasil pengamatan kondisi bidang diskontinu kemudian diberikan pembobotan untuk mendapatkan bobot RMR. Hasil Pembobotan kondisi bidang diskontinu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Pengamatan Kondisi Bidang Diskontinu

Lokasi	Parameter	Ket	Bobot RMR
	1.Kemenerusan	< 1 meter	6
	2.Lebar bukaan	< 0,1 mm	5
	3.Kekasaran	Kasar	5
	4.Pengisi celah	None	6
	5.Pelapukan	Pelapukan sedikit	5
	Bobot Total		

Kondisi Air Tanah Pada Bidang Diskontinu

Pengamatan kondisi air tanah pada bidang diskontinu dilakukan dengan memperhatikan kondisi umum dengan kategori kering (*dry*), basah (*wet*), lembab (*damp*), menetes (*dripping*), dan mengalir (*flowing*).

Hasil pengamatan terhadap kondisi air tanah pada bidang diskontinu di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengamatan Kondisi Air Tanah pada Bidang Diskontinu

Lokasi	Kondisi Air	Bobot RMR
Loop 2	Lembab	10

Pembobotan Klasifikasi Massa Batuan

Dari hasil perhitungan dan pembobotan parameter RMR, selanjutnya dilakukan pembobotan atau penilaian untuk mendapatkan klasifikasi massa batuan RMR untuk setiap lokasi penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Klasifikasi *Rock Mass Rating*

Parameter	Bobot RMR	Kondisi	Lokasi Penelitian
			Loop 2
Kuat Tekan Batuan Utuh	6	Kekar	Nilai (Mpa)
			Bobot
Rock Quality Designation (RQD)	5	Kekar	Nilai (%)
			Bobot
Jarak	5	Kekar	Nilai (m)
			Bobot
Kondisi Kekar	5	Kekar	Kemenerusan <1 m, lebar bukaan 1-5 mm, halus, dan tingkat pelapukan sedang.
			Bobot
Air Tanah			Kondisi

	umum	
	Bobot	10
RMR	Bobot	63
	Kelas	III
	Deskripsi	Batuan Sedang

Perhitungan GSI Saptono

Perhitungan GSI menurut Saptono, 2012. Hasil perhitungan GSI pada setiap lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Perhitungan Nilai GSI menurut Saptono (2012)

Lokasi	Saptono (2012)	
	Nilai RMR	Nilai GSI
Loop 2	63	55

Penentuan Nilai Kohesi (c) dan Sudut Gesek Dalam (ϕ)

Untuk menganalisis kestabilan lereng di daerah PT. KBM, didasarkan pada kriteria keruntuhan Hoek&Brown. Adapun parameter untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut gesek dalam yaitu nilai GSI, mi, Kuat Tekan Uniaksial, dan nilai D (Tabel 8).

Tabel 8 Nilai Kuat Tekan, GSI, mi, dan D

Lokasi	σ_c	GSI Saptono, 2012	mi	D
	(MPa)			
Loop 2	1	55	4	0

Penambangan di daerah penelitian dilakukan dengan metode gali bebas maka faktor terganggunya batuan (D) adalah nol (0). Nilai mi untuk batulempung 4. Berdasarkan kriteria runtuh Hoek & Brown untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut

gesek dalam menggunakan parameter nilai GSI, mi, Kuat Tekan Uniaksial, dan nilai D, dengan menggunakan parameter tersebut maka didapat nilai mb, s, dan a yang kemudian digunakan untuk mendapatkan nilai kohesi sudut gesek dalam.

Nilai GSI menurut Hoek & Brown, 2002 adalah 55, nilai mi 4, kuat tekan uniaksial 1 MPa, dan nilai D = 0.

Mendapatkan nilai kohesi dan sudut gesek dalam terlebih dahulu harus mendapatkan nilai mb, s, dan a. (Tabel 9)

$$m_b = m_i \exp \left[\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right]$$

$$m_b = 4 \exp \left[\frac{55 - 100}{28 - 14 \times 0} \right]$$

$$m_b = 0,8$$

$$s = \exp \left[\frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right]$$

$$s = \exp \left[\frac{55 - 100}{9 - 3 \times 0} \right]$$

$$s = 0,007$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left[e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right]$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left[e^{-55/15} - e^{-20/3} \right]$$

$$a = 0,5$$

$$\sigma'_{cm} = \sigma_{ci} \cdot \frac{(m_b + 4s - a(m_b - 8s)) \left(\frac{m_b}{4} + s \right)^{a-1}}{2(1+a)(2+a)}$$

$$\sigma'_{cm} = 1 \cdot \frac{(0,8 + 4 \times 0,007 - 0,5(0,8 - 8 \times 0,007)) \left(\frac{0,8}{4} + 0,007 \right)^{0,5-1}}{2(1+0,5)(2+0,5)}$$

$$\sigma'_{cm} = 0,1 \text{ Mpa}$$

$$\frac{\sigma'_{3max}}{\sigma'_{cm}} = 0,72 \left(\frac{\sigma'_{cm}}{\gamma H} \right)^{-0,91}$$

$$\frac{\sigma'_{3max}}{0,1} = 0,72 \left(\frac{0,1}{0,026 \times 10} \right)^{-0,91}$$

$$\sigma'_{3max} = 0,18 \text{ Mpa}$$

$$\sigma'_{3n} = \sigma'_{3max} / \sigma_{ci}$$

$$\sigma'_{3n} = 0,18 / 1$$

$$\sigma'_{3n} = 0,18$$

$$\Phi' = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b (s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b (s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1}} \right]$$

$$\Phi' = \sin^{-1} \left[\frac{6 \times 0,5 \times 0,8 (0,007 + 0,8 \times 0,18)^{0,5-1}}{2(1+0,5)(2+0,5) + 6 \times 0,5 \times 0,8 (0,007 + 0,56 \times 0,18)^{0,5-1}} \right]$$

$$\Phi' = 26,99^\circ$$

$$c' =$$

$$\frac{\sigma_{ci} [(1+2a)s + (1-a)m_b \sigma_{3n}'] (s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + (6am_b (s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1}) / ((1+a)(2+a))}}$$

$$c' = \frac{1[(1+2 \times 0,5) 0,007 + (1-0,5) 0,8 \times 0,18] (0,007 + 0,8 \times 0,18)^{0,5-1}}{(1+0,5)(2+0,5) \sqrt{1 + 6 \times 0,5 \times 0,8 (0,007 + 0,8 \times 0,18)^{0,5-1} / ((1+0,5)(2+0,5))}}$$

$$c' = 0,035 \text{ MPa}$$

Tabel 9 Nilai Kohesi dan Sudut Gesek Dalam

Lokasi	Litologi	GSI Saptono (2012)	
		Kohesi (c) (KPa)	Sudut Gesek Dalam (φ) (°)
Loop 2	Batu lempung	35	26,99

Analisis Lereng Tunggal

Analisis Kestabilan untuk lereng tunggal di PT. KBM dilakukan dengan pendekatan sebagai berikut:

- Lereng tunggal yang akan dianalisis berupa lereng penggalian tanah penutup.
- Dimensi lereng tunggal yang akan disimulasikan dengan variasi tinggi 6m, 8m, dan 10m dengan sudut kemiringan lereng 35°, 40°, 45°, 50°, 55° dan 60°.
- FK yang dijadikan dasar bahwa lereng dalam kondisi mantap adalah $FK \geq 1,35$

Perhitungan menggunakan software *slide v5* akan didapat nilai FK untuk setiap loop dengan geometri yang telah ditentukan berdasarkan kriteria runtuh Hoek & Brown (Lihat Tabel 10)

Tabel 10 Nilai Faktor Keamanan Lereng Tunggal Dengan Nilai Kohesi dan Sudut Gesek Dalam Berdasarkan Kriteria Runtuh Hoek & Brown

Tinggi (m)	Sudut (°)	Faktor Keamanan
		Loop 2 (Batu Lempung)
6	35	2,173
	40	2,014
	45	1,864
	50	1,737
	55	1,600
	60	1,413
8	35	1,818
	40	1,645
	45	1,520
	50	1,401
	55	1,280
	60	1,160
10	35	1,564
	40	1,408
	45	1,384
	50	1,296
	55	1,073
	60	0,968

Analisis Lereng Keseluruhan

Pendekatan untuk melakukan analisis lereng keseluruhan di PT. KBM dengan tujuan untuk menyederhanakan berbagai macam parameter adalah sebagai berikut.

- Nilai FK yang dijadikan dasar bahwa lereng dalam kondisi mantap adalah $FK \geq 1,50$
- Karakteristik batuan pembentuk lereng keseluruhan sama seperti

karakteristik pembentuk lereng tunggal.

- Analisis dan rekomendasi diberikan pada kondisi air jenuh pada batuan.

Pada analisis kestabilan lereng untuk keseluruhan nilai karakteristik batuan pembentuk lereng keseluruhan didapat dari hasil perhitungan kriteria keruntuhan Hoek & Brown. Nilai-nilai parameter yaitu nilai kohesi, sudut gesek dalam, dan densitas.

Hasil analisis dari pemodelan lereng keseluruhan dengan metode kesetimbangan batas untuk mendapatkan nilai faktor keamanan berdasarkan kriteria runtuh Hoek & Brown ada pada Tabel 11.

Tabel 11 Hasil Simulasi Kestabilan Lereng Massa Batuan dengan tinggi lereng tunggal 6m

Tinggi Lereng	Sudut Lereng	FK Loop 2	Tinggi Lereng	Sudut Lereng	FK Loop 2	Tinggi Lereng	Sudut Lereng	FK Loop 2
18	27	1,846	30	26	1,788	42	25	1,605
	30	1,698		28	1,622		28	1,450
	33	1,572		31	1,468		30	1,324
	36	1,457		34	1,343		33	1,210
	39	1,347		36	1,234		35	1,009
	41	1,264		39	1,132		38	1,001

Analisis Kestabilan Lereng

Analisis kestabilan lereng adalah analisis kestabilan terhadap lereng desain dari PT. KBM. Lereng di desain dengan ketinggian jenjang 10m, lebar 5m, kemiringan lereng tunggal 60°. Berdasarkan Tabel 11 dapat dilihat bahwa lereng desain jenuh berada dalam keadaan tidak aman dengan faktor keamanan 0,9 untuk batulempung.

Analisis kestabilan lereng revisi adalah analisis kestabilan lereng

terhadap geometri lereng hasil revisi. Dimensi lereng tunggal yang akan disimulasi dengan variasi tinggi 10m, 8m, dan 6m dengan sudut 35°, 40°, 45°, 50°, dan 55°. Pemilihan dimensi lereng ini berdasarkan pada kemampuan operasional peralatan penambangan (jangkauan alat gali muat) dan sudut lapisan batubara.

Hasil Analisis kestabilan lereng tunggal berdasarkan kriteria runtuh Hoek & Brown untuk material batulempung dengan geometri lereng tinggi 6m dengan sudut 35° dapat dikatakan aman karena memiliki nilai $FK \geq 1,35$. Selain itu juga mempertimbangkan sudut overall, tinggi lereng keseluruhan dan *striiping ratio* pada proses penambangan.

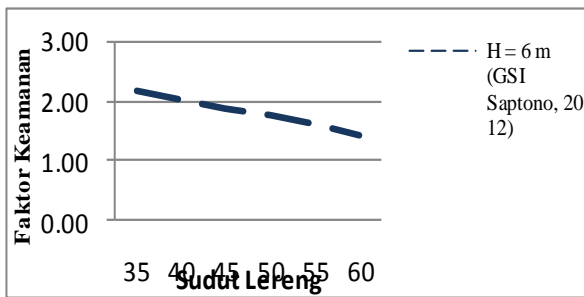
Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa geometri lereng hasil revisi desain dengan kemiringan semakin landai berada dalam kondisi aman dengan $FK \geq 1,35$.

Tindakan Penunjang Kestabilan Lereng

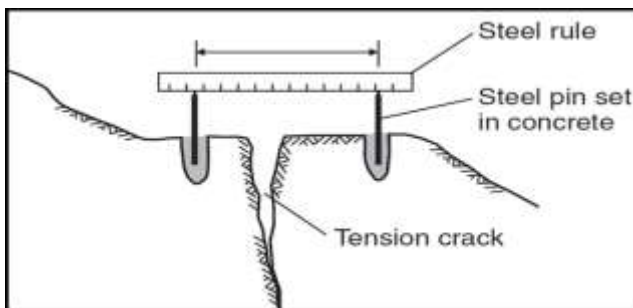
Perancangan lereng pada batuan umumnya disederhanakan dan juga dalam perhitungan analisis kestabilan lereng dilakukan penyederhanaan pada pendekatan parameter masukan. Adanya penyederhanaan dalam memodelkan kondisi sebenarnya di lapangan maka diperlukan suatu pemantauan agar dapat memastikan kondisi sebenarnya di lapangan.

Kegiatan pemantauan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi suatu lereng itu aman atau tidak. Kegiatan pemantauan terhadap lereng pada lokasi penelitian dapat dilakukan dengan cara memantau pergerakan lereng yaitu dengan mengukur

pergerakan lereng (*displacement*). Pengukuran pergerakan lereng (*displacement*) tersebut dapat dilakukan dengan cara memasang pasak baja (*steel pin*) pada kedua sisi dari rekahan tarik (*tension crack*) seperti terlihat pada Gambar 2 Jarak antara kedua pasak dapat diukur dengan menggunakan penggaris baja (*steel rule*). Kegiatan tersebut akan lebih baik jika dilakukan dengan frekuensi yang lebih sering, misalnya dilakukan setiap tiga kali dalam seminggu atau empat kali dalam seminggu sehingga pergerakan lereng dapat terpantau dengan baik.



Gambar 1 Hubungan antara sudut lereng pada batulempung terhadap FK untuk tinggi lereng tunggal 6m



Gambar 2 Pengukuran Rekahan dengan Media Pasak Baja

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng penambangan pada daerah penelitian, maka geometri lereng untuk lereng tunggal Loop 2 adalah dengan tinggi 6 m dan sudut kemiringan lereng 35°. Untuk geometri lereng keseluruhan, Loop 2 tinggi jenjang keseluruhan 42 m dengan sudut kemiringan 35° dan lebar jenjang 5 m.
2. Kegiatan-kegiatan untuk menjaga kestabilan lereng pada daerah penelitian adalah dengan sistem pemantauan (*monitoring*) dan pengendalian kondisi air.

Saran

1. Perlu diadakannya penelitian geoteknik secara
2. Perlu dilakukan perbaikan geometri lereng pada lokasi
3. Perlunya pemantauan pergerakan lereng lebih teliti dan intensif, pemantauan dapat dilakukan dengan bantuan alat seperti menggunakan pasak baja (*steel pin*) dan penggaris baja (*steel rule*).
4. Perlunya penanganan terhadap tingginya muka air yang mencapai permukaan dengan cara melakukan pemasangan pipa penyaliran untuk mengendalikan air permukaan air tanah dengan cara pengeboran horizontal pada badan lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- Bishop A.W, 1955, "The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes", Geotechnique, Great Britain.
- Brown E.T., 1981, "*Rock characterization testing and monitoring*", ISRM Suggested Methods, Royal School of Mines, London.
- Eric Eberhardt, 2010, "Review : GSI and Hoek-Brown Procedure".
- Hoek, E. And Bray, J.W, 1981, Rock Slope Engineering Revised 3rd Edition, The Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Hoek, E. And Brown, 1980, Underground Excavation In Rock, The Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Hoek, E. Torres, C. And Corkum, B., 2002, "Hoek-Brown Failure Criterion – 2002 edition", Vancouver, Canada.
- Priest, S.D. Hudson, J.A, 1976, "Discontinuity Spacings in Rock, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics.
- Singgih Saptono, 2012, "*Pengembangan Metode Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Karakterisasi Batuan di Tambang Terbuka Batubara*", Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Tim PT. Kaltim Batu Manunggal, 2013, "Laporan Kegiatan Penambangan Pada PT. Kaltim Batu Manunggal", Kalimantan Timur, Indonesia.