

Kajian Stabilitas Lereng dan Probabilitas Kelongsoran pada Kuari B dan D di PT Indocement Tunggal Prakarsa Kecamatan Palimanan, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat

Dewi Luckyta Kusuma Negara*, Yuliadi, Indra Karna Wijaksana

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*dewiluckytakusumanegara@yahoo.com

Abstract, Based on 2018 experience of quarry A and C, landslides were resolved due to rock solid and saturated rock mass. Causing weaknesses in nature and mechanics Based on these events, the B and D quarries to be mined need to be examined about the physical and mechanical properties, mass class, maximum seismicity factor, and also considerations of MAT saturation on the slopes before optimizing the mining slopes. Optimization is carried out on existing slopes for single or overall slopes, to determine the value of the slope probability and stability of the slope. The valuation methods used are the finite element method, boundary equilibrium and probabilistic methods. Obtained from the results to be achieved which consists of optimal slope geometry with the value of the Safety Factor and the Probability of an Accordance that matches the reference standard. After reviewing, based on the RMR analysis the rocks making up the slope are categorized into a strong rock class (R5). Estimated to reach a single peak can be made with a level of 4-10 m with an angle of 45°-60°. Meanwhile, the overall safe slope design on Q B is an angle made between 25°-30° and 79-111 m high with FK_{static} 1.35-1.65 and $FK_{dimanis}$ 1.25-1.53 and PK 0%. While for Q Dari, the angle is made from 30°-35°, height 111-126 m, produces FK_{static} 1.32-1.56 and Fkd_{inamis} 1.14-1.25 and PK 0%.

Keywords: slope optimization, slope probability, slope stability, faktor keamanan.

Abstrak, Berdasarkan riwayat tahun 2018 kuari A dan C, mengalami longsor yang diakibatkan oleh kekar dan jenuhnya massa batuan. Sehingga menyebabkan sifat fisik dan mekanik batuan menjadi lemah. Berdasarkan kejadian tersebut, kuari B dan D yang akan ditambang ini perlu dikaji secara menyeluruh mengenai sifat fisik dan mekanik, kelas massa batuan, faktor kegempaan maksimum, serta asumsi jenuhnya MAT pada lereng sebelum dilakukan optimalisasi lereng penambangan. Optimasi dilakukan pada lereng *existing* untuk lereng tunggal maupun keseluruhan, untuk mengetahui nilai probabilitas kelongsoran maupun kestabilan lerengnya. Metode pendekatan yang digunakan yaitu metode elemen hingga, kesetimbangan batas dan metode probabilistik. Sehingga dengan pendekatan tersebut didapatkan hasil dari tujuan yang ingin dicapai yaitu berupa geometri lereng yang optimum disertai dengan nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran yang sesuai dengan

acuan standar. Setelah dikaji, berdasarkan analisis RMR batuan penyusun lereng ini terkategori ke dalam kelas batuan yg kuat (R5). Sehingga dapat direkomendasikan bahwa untuk lereng tunggal dapat dibuat tinggi jenjang sebesar 4-10 m dengan sudut 45° - 60° . Sedangkan rekomendasi desain lereng keseluruhan yang aman pada Kuari B adalah sudut dibuat antara 25° - 30° dan tinggi 79-111 m dengan FK_{statis} 1,35-1,65 dan $FK_{dinamis}$ 1,25-1,53 serta PK 0%. Sedangkan untuk Kuari D sudut dibuat 30° - 35° , tinggi 111-126 m, menghasilkan FK_{statis} 1,32-1,56 dan $FK_{dinamis}$ 1,14-1,25 serta PK 0%.

Kata kunci : optimalisasi lereng, probabilitas kelongsoran, stabilitas lereng, faktor keamanan.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

PT Indocement Tunggal Prakarsa merupakan salah satu perusahaan pemasok semen di Indonesia yang mengeskplotasi bahan galian berupa batugamping yang kemudian diolah menjadi bahan baku industri berupa semen. Perusahaan ini memiliki beberapa kuari bagian yaitu kuari A dan C yang sudah aktif ditambang dan kuari B dan D yang belum aktif ditambang. Sementara itu, kondisi batuan-batuan penyusun lereng di lokasi penelitian memiliki kondisi yang berbeda-beda dan kompleks akan struktur geologi, seperti di kuari B dan D. Bahkan pada lokasi kuari lainnya yaitu kuari A dan C telah terjadi kelongsoran yang diakibatkan oleh beberapa penyebab. Adanya kekar pada batuan, jenuhnya material penyusun lereng akibat hujan, dan kondisi lainnya seperti beban dan getaran dari alat berat maupun yang ditimbulkan oleh kegiatan peledakan, merupakan penyebab terjadinya longsor pada kuari A dan C tersebut.

Meninjau dari adanya musibah pada lokasi tersebut, kuari B dan D yang akan ditambang perlu dikaji lereng *existingnya* dan selanjutnya dioptimalisasi. Hal-hal yang perlu dikaji adalah mengenai sifat fisik dan mekanik batuan, kelas massa batuan dan faktor kegempaan wilayah penelitian. Setelah mengkaji hal tersebut, geometri lereng tunggal maupun keseluruhannya dapat dioptimalisasi hingga mendapatkan nilai faktor keamanan yang sesuai standar.

Menurut KEPMEN 1827 K/30/MEM/2018 saat ini, setiap perekomendasi lereng geoteknik diwajibkan untuk mencantumkan nilai faktor keamanan (FK) dan probabilitas kelongsoran (PK). FK yang ditetapkan untuk lereng keseluruhan (*overall slope*) dengan tingkat keparahan longsor menengah sebesar 1,3 untuk keadaan statis dan 1,05 untuk keadaan dinamis. Untuk lereng tunggal (*single slope*) dengan keparahan longsor rendah-tinggi FK minimal yang ditetapkan adalah sebesar 1,1 untuk keadaan statis dan tidak ada batasan untuk FK dengan keadaan dinamis. Sementara itu, nilai PK yang ditetapkan untuk lereng keseluruhan (*overall slope*) dengan tingkat keparahan longsor menengah yaitu minimal sebesar 10%. Sedangkan untuk lereng tunggal (*single slope*) dengan tingkat keparahan longsor menengah sebesar 25-50%. Untuk itu selain faktor keamanan, probabilitas kelongsoran lereng juga perlu dikaji.

1.2 Tujuan Penelitian

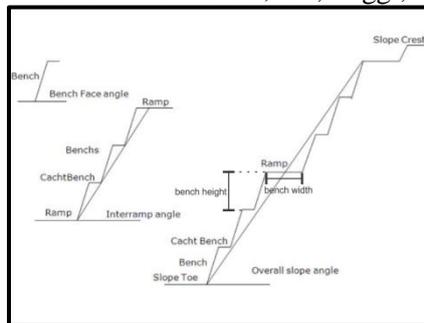
1. Mengetahui kelas massa batuan penyusun lereng meninjau dari hasil kondisi struktur geologi yang ada pada lereng penelitian.
2. Mengetahui nilai FK lereng kuari B dan D hasil optimalisasi dari lereng *existing*.
3. Mengetahui nilai PK lereng kuari B dan D hasil optimalisasi dari lereng *existing*.
4. Mengetahui nilai faktor kegempaan yang digunakan berdasarkan dari riwayat skala gempa terbesar di wilayah penelitian

2. Landasan Teori

Untuk menganalisis kemungkinan pergerakan material penyusun lereng (stabilitas lereng), ada dikenal istilah faktor keamanan lereng (FK) atau safety factor (SF). Faktor keamanan ini dinyatakan dengan sebuah nilai, dimana nilai ini nantinya didapatkan dari hasil perbandingan antara seberapa besar nilai gaya yang menahan lereng dari gaya penggerak yang muncul dari sebagian atau seluruh material lereng itu sendiri yang bergerak ke bawah menuju bidang bebas (Arif, 2016). Sedangkan probabilitas kelongsoran (PK) merupakan suatu nilai variabel acak yang berdistribusi probabilitas (Arif, 2016).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi nilai FK yaitu :

1. Sifat Fisik.
Sifat fisik yang berpengaruh untuk input parameter pemodelan adalah densitas alami batuan.
2. Sifat Mekanik
Sifat mekanik diantaranya kohesi, sudut gesek dalam, nisbah poisson dan modulus elastisitas. Nilai modulus elastisitas ini didapatkan dari kemiringan kurva tegangan-regangan pada bagian yang linier (Wijaksana, 2017)
3. Geometri Lereng.
Geometri lereng harus terdiri dari *crest*, *toe*, tinggi, sudut, *berm* dan *ramp*.



Gambar 1 Unsur-Unsur Geometri Lereng

4. Keadaan Muka Air tanah
Menurut Hoek & Bray (1981), keadaann MAT dapat dilihat sebagai berikut:

GROUNDWATER FLOW CONDITION	CHART NUMBER
FULLY DRAINED SLOPE	1
SURFACE WATER 8x SLOPE HEIGHT BEHIND TOP OF SLOPE	2
SURFACE WATER 4x SLOPE HEIGHT BEHIND TOE OF SLOPE	3
SURFACE WATER 2x SLOPE HEIGHT BEHIND TOP OF TOE	4
SATURATED SLOPE SUBJECTED TO HEAVY SURFACE RECHARGE	5

Gambar 2 Keadaan MAT

5. Bidang Diskontinuitas atau Struktur dalam Massa Batuan
6. Faktor kegempaan
Faktor kegempaan dapat disebabkan oleh alat berat, kegiatan peledakan dan gempa alami. Nilai kegempaan alami dapat dilihat pada Peta Zonasi Kegempaan yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.



Gambar 3 Peta Zonasi Kegempaan

Adapun acuan nilai FK dan PK standar untuk pemodelan geoteknik adalah diacu dari KEPMEN 1827K/MEM/30/2018, seperti dibawah ini :

Tabel 1 Nilai FK dan PK Menurut KEPMEN 1827K/30/MEM/2018

Jenis Lereng	Keparahan Longsor	Kriteria Yang Dapat Diterima		
		FK Statis (Min)	FK Dinamis (Min)	PK (FK≤1) (Maks)
Lereng Tunggal	Rendah S/D Tinggi	1,1	Tidak Ada	25-50%
Inter-Ramp (Multi Jenjang)	Rendah	1,15-1,2	1	25%
	Menengah	1,2-1,3	1	20%
	Tinggi	1,2-1,3	1,1	10%
Lereng Keseluruhan	Rendah	1,2-1,3	1	15-20%
	Menengah	1,3	1,05	10%
	Tinggi	1,3-1,5	1,1	5%

Untuk menganalisis lereng geoteknik, dipakai metode elemen hingga, dimana metode ini pada prinsipnya membagi suatu benda menjadi beberapa bentuk atau elemen yang terhubung satu sama lain dengan simpul (Arif, 2016). Sehingga tegangan yang ada pada bentukan itu dapat dihitung sebagai akibat dari regangan. Salah satu *software* yang mengaplikasikan metode ini adalah Phase2.

Sebelum mengetahui nilai probabilitas kelongsoran, distribusi data yang akan dijadikan input parameter harus diuji dengan uji normalitas. Hal ini berguna untuk mengetahui distribusi data apakah normal atau tidak, karena data yang didapatkan dari lapangan sangatlah tidak tentu dan bervariasi. Metode perhitungan uji normalitas seperti Shapiro-Wilk dan Liliefors mensyaratkan berdistribusi normal jika, nilai signifikansi data > 0,05 dan grafik yang dihasilkan membentuk lonceng (Arif, 2016).

Metode probabilitistik merupakan metode yang digunakan untuk memperkuat keyakinan adanya kemungkinan longsor atau tidak. Dengan menggunakan metode monte carlo, varietas distribusi probabilitas kelongsoran dapat dimodelkan dan dikorelasikan (Arif, 2016).

Adapun untuk mengetahui nilai massa batuan diperlukan data nilai hasil pengujian sifat mekanik batuan seperti UCS, pendeskripsian batuan dari hasil pemboran atau coring

(Rock Quality Designation, RQD), spasi-spasi bidang diskontinu beserta kondisinya dan kondisi air tanah. Setelah pengkelasan, bobot yang didapatkan dapat dikalkulasikan.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Klasifikasi Massa Batuan (Rock Mass Rating, RMR)

Berdasarkan hasil penilaian, kelas batuan untuk kuari B dan D tergolongkan kedalam jenis batuan yang baik, dimana nilai RMR pada kuari B sebesar 76 dan kuari D sebesar 69. Contoh penilaian dapat dilihat seperti Tabel 2.

Tabel 2 Penilaian RMR Massa Batuan Kuari B

Parameter		Code Value	Rating	Parameter	Code/Value	Rating	GS1 (1)
GEOTECHNICAL MAPPING							
Rock Type		Name of Project : Mapping RMR - PT.ITP					
Sediment		Location : Palimanan, Cirebon					
Bench		Conducted by : Dewi Luckyta K.N		Date : 09/04/2019			
		Checked by : Yuliadi, S.T., M.T.		Date : 09/04/2019			
Low Wall		No. of Photograph : B-1					
		Slope Orientation (DD/D) : N 346 E/58					
1. Strength of Intact Rock		RS	12	2. RQD		G	17
3. Spacing of Discontinuities		M	10	5. Groundwater Condition		CD	15
A. RATING (1+2+3+5) =		54		B. RATING (1+2+3)+15=		54	
4. Condition of Discontinuities							
Joint Set		SET 1 (*)		SET 2		SET 3	
Parameter		Code/Value	Rating	Code/Value	Rating	Code/Value	Rating
a. Length (Persistence)		L	4	-	-	-	-
b. Separation (Aperture)		N	6	-	-	-	-
c. Roughness		R	5	-	-	-	-
d. Infilling (Gauge)		S1	2	-	-	-	-
e. Weathering		SW	5	-	-	-	-
Joint Orientation (DD/D)		22		0		0	
C. RATING (a+b+c+d+e)		22		0		0	
RMR and GSI Calculation							
D. Basic RMR '89 = A + C		76					
E. Basic RMR '89 (Dry) = B + C		76					
F. GSI (2) = E + I-5		71					
* SET 1 is Joint with the highest fracture frequency							
RMR VALUE		76					
CLASS		GOOD					

3.2 Input Parameter Untuk Kestabilan Lereng Keseluruhan Maupun Tunggal

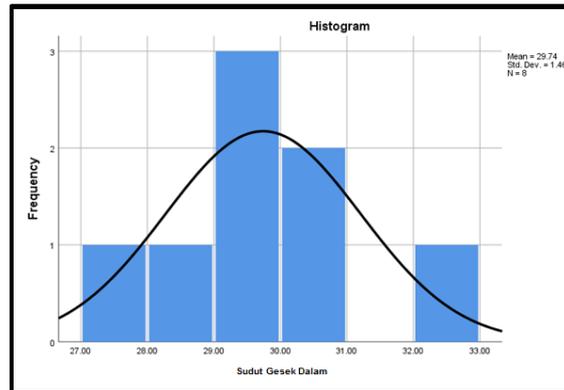
Untuk analisis kemandapan lereng, pertama membuat geometri lereng. Untuk lereng keseluruhan, hal yang dilakukan adalah optimasi lereng *existing* (aktual) berupa tinggi (kedalaman) dan sudutnya yang variatif tiap kuari nya agar dapat merekomendasikan lereng paling optimal dengan FK dan PK optimal. Setelah itu memasukan input parameter pada *software* penunjang (Phase 2) diantaranya *natural density*, kohesi (*peak*), sudut gesek dalam, nisbah poisson, modulus young. Untuk MAT yang dipilih yaitu MAT 5 atau asumsi MAT jenuh (menurut Hoek & Bray, 1981). Sedangkan nilai kegempaan, dipakai 0,1 g, yang merupakan nilai kegempaan maksimum di Wilayah Cirebon (menurut Peta Zonasi Kegempaan KPUPR).

3.3 Input Parameter Untuk Probabilitas Kelongsoran

Sementara itu untuk input parameter probabilitas kelongsoran adalah nilai standar deviasi, mean, relatif minimum dan maksimum dari *natural density*, kohesi (*peak*), sudut gesek dalam. Nilai-nilai dari *natural density*, kohesi (*peak*), sudut gesek dalam ini sebelum diinput sudah diuji normalitas distribusi datanya (menggunakan SPSS) dengan nilai signifikansi >0,05 dan hasil histogram yang berbentuk lonceng seperti contoh seperti Gambar 1 dan Tabel 2.

Tabel 2 contoh hasil nilai signifikansi pada *high grade limestone*

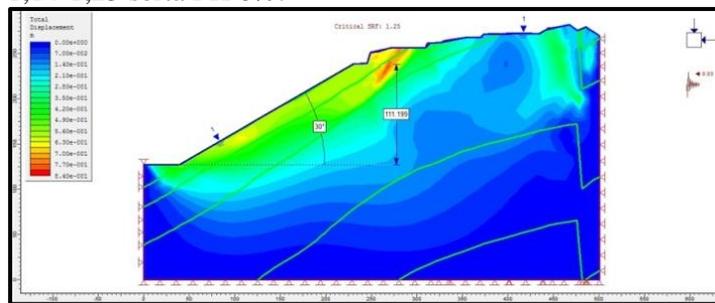
Limestone				
Parameter	Sig.		Syarat	Distibusi
	Liliefors	Saphiro Wilk		
Kohesi	0,200	0,759	>0,05	Normal
Sudut Gesek Dalam	0,200	0,830		Normal
<i>Nat. Density</i>	0,200	0,988		Normal



Gambar 1 Contoh Histogram Nilai Data Natural Density Alternating Clay-Rich

3.4 Rekomendasi Lereng Keseluruhan Dan Tunggal

Setelah dilakukan penginputan parameter-parameter didapatkan berbagai pilihan pemodelan dengan nilai FK dan PK yang bervariasi. Adapun rekomendasi untuk lereng tunggal adalah dengan variasi tinggi jenjang sebesar 4-10 m dengan sudut 45° - 60° untuk *clay*, *alternating-limerich*, *alternating-clayrich*, *marly limestone* dan *highgrade limestone*. Sehingga didapatkan hasil FK_{statis} 20,97-1,5 dengan PK 0% dan $FK_{dinamis}$ 17,79-1,5 dengan PK 0%. Sedangkan rekomendasi desain lereng keseluruhan yang aman pada Kuari B adalah sudut dibuat antara 25° - 30° dan tinggi 79-111 m dengan FK_{statis} 1,35-1,65 dan $FK_{dinamis}$ 1,25-1,53 serta PK 0%. Sedangkan untuk Kuari D sudut dibuat 30° - 35° , tinggi 111-126 m, menghasilkan FK_{statis} 1,32-1,56 dan $FK_{dinamis}$ 1,14-1,25 serta PK 0%.



Gambar 2 Contoh kuari B3 FK : 1,25, S : 30° , P : 111,199m, MAT 5, g:0,1 g, PK 0%

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kelas massa batuan pembentuk lereng pada kuari B maupun kuari D adalah *good* atau baik. Dimana kuari B memiliki nilai RMR sebesar 76. Sedangkan untuk kuari D1 maupun kuari D2 memiliki nilai RMR sebesar 69.
2. Nilai FK untuk kuari B yang dihasilkan dari optimasi pemodelan lereng *existing* pada *section 1* didapat FK_{statis} sebesar 1,65 dan $FK_{dinamis}$ 1,53. Untuk *section 2* didapat FK_{statis} sebesar 1,55 dan $FK_{dinamis}$ 1,44. Untuk *section 3* didapat FK_{statis} sebesar 1,35 dan $FK_{dinamis}$ 1,25. Sedangkan untuk kuari D, untuk *section 1* didapatkan nilai FK_{statis} sebesar 1,33 dan $FK_{dinamis}$ sebesar 1,25. Untuk *section 2* FK_{statis} yang didapat sebesar 1,56 dan 1,41 untuk $FK_{dinamis}$. Dan untuk *section 3* FK_{statis} nya 1,32 serta 1,23 untuk $FK_{dinamis}$ nya.
3. Nilai PK yang didapatkan dari hasil pemodelan untuk kuari B pada *section 1-3* adalah 0%. Sedangkan nilai PK yang dihasilkan oleh pemodelan lereng pada kuari D1 dan D2 untuk masing-masing ketiga *section*nya adalah sebesar 0%.

4. Nilai faktor kegempaan yang digunakan berdasarkan dari riwayat skala gempa terbesar di wilayah penelitian adalah sebesar 0,05-0,1 g.

5. Saran

Untuk lebih berhati-hati dan memilih cara yang tepat guna saat pembuatan lereng tunggal seperti menentukan arah antara arah penggalian yang tepat dan terukur dengan arah dipping batuan agar tidak terjadi longsor seperti kuari lainnya.

Daftar Pustaka

- [1]Afan. 2012. Analisa Kestabilan Lereng (Online). afanmining10.blogspot.co.id (Diakses Pada Tanggal 18 Desember 2019).
- [2]Ardhi, Hafidh A, dkk, 2017, “ Perbandingan Analisis Stabilitas Lereng Metode Kesetimbangan Batas Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Pendekatan Probabilistik, Proceeding Seminar Nasional Geomekanika IV”, Hal. 179-186, Padang, Teknik Pertambangan Trisakti dan UPN.
- [3]Arif, Irwandy, 2016, “Geoteknik Tambang”, Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- [4]Azhary, 2013. Kekar, Joint, Fracture, Rekahan (Online). tambangunp.blogspot.com (Diakses Pada Tanggal 18 Desember 2019).
- [5]Azhary, 2013. Rock Quality Design (RQD) (Online). tambangunp.blogspot.com (Diakses Pada Tanggal 18 Desember 2019).
- [6]Azizi, Masagus Ahmad, dkk, 2012, “Analisis Risiko Kestabilan Lereng Tambang Terbuka (Studi Kasus Tambang Mineral X), Prosiding Simposium dan Seminar Geomekanika ke-1 Tahun 2012”, Teknik Pertambangan ITB dan Trisakti, Teknil Sipil ITB dan Geotechnical Superintendent PT Newmont Nusa Tenggara.
- [7]Azizi, Masagus Ahmad, dkk, 2011, “Karakterisasi Parameter Massukan Untuk Analisis Kestabilan Lereng Tunggal (Studi Kasus Di PT Tambang Batubara Bukit Asam TBK Tanjung Enim, Sumatera Selatan), Seminar Nasional AvoER Ke-3”, Palembang, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- [8]Hidayat, Anwar, 2013. Pengertian dan Rumus Uji Saphiro Wilk – Cara Menghitung (Online). statistikian.com (Diakses Pada Tanggal 16 Desember 2019).
- [9]Hidayat, Anwar, 2013. Penjelasan Rumus Liliefors Dengan Contoh dan Cara Baca (Online). statistikian.com (Diakses Pada Tanggal 16 Desember 2019).
- [10]Hidayat, Anwar, 2013. Tutorial Uji Normalitas Dengan SPSS Lengkap (Online). statistikian.com (Diakses Pada Tanggal 16 Desember 2019).
- [11]Hoek, Bray, 1981, “Rock Slope Stability”, London.
- [12]Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 1827/K/MEM/2018, tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.
- [13]Listyawan, Anto Budi, 2009 “Analisis Probabilitas Stabilitas Lereng Tanah Lempung Jenuh”, *Dinamika Teknik Sipil*, 13(2), hal. 166-171.
- [14]Wijaksana, Indra K., 2017, “ Analisis Hubungan Kosntitutif pada Batuan Anisotrop “, *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 13(2), hal. 91-98.
- [15]Wulandari, Agusti, 2016, “Analisis Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Rock Mass Rating Dan Slope Mass Rating Pada Tambang Batupasir Di Samarida Seberang Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur”, *Jurnal Teknologi Miberal FT UNMUL*, 4(1), hal. 8-14.