

Analisis Faktor Keamanan Kuari D di PT. Indocement Tunggal Prakarsan Tbk. Desa Palimanan, Kecamatan Gempol, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat

Chaerunisa Azzahra^{*}, Yuliadi, Iswandaru

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

^{*}chaerunisaazzahra01@gmail.com, yuliadi@unisba.ac.id, iswandaru@unisba.ac.id

Abstract. PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk (ITP) is a cement producer in West Java with the second largest capacity in Indonesia and the largest integration in the world. In addition to producing cement, Indocement also produces ready-mix concrete, and manages aggregate and trass mines. this company has several Palimanan Quarries, including Kuari D. The condition of the rocks constituent on the slope has different structural conditions and complex geological structures. it is necessary to conduct geotechnical studies to analyze the geometry of the slopes of mine openings that have been planned by the company. Activities that need to be studied is recognize the physical properties, mechanics of rocks and rock mass classes. Data Processing Techniques that have been collected by calculating RQD and RMR on the mass of rocks that make up the slope based on the value of the sturdy position measured in the field for classifying rock mass. Software to determine potential avalanche types and making slope models with references to slope design geometry in the area using the help of software. After being studied, the rocks in the research area in Kuari D are limestone rocks with layer inserts in the form of Claystone Geotechnical mapping results obtained Rock Quality Design (RQD) 90-100%, Geological Strength Index (GSI) 42-55, and Rock Mass Rating (RMR) mapping results have good conditions with a range between 60-77. Stereographic analysis of the results of mapping weak or sturdy fields face of Kuari slope D has the potential in the form of wedge.

Keywords: *Slope Optimization, Slope Stability, Probability Failure.*

Abstrak. PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk (ITP) merupakan salah satu produsen semen di Jawa Barat dengan kapasitas terbesar kedua di Indonesia dan terintegrasi terbesar di dunia. Selain memproduksi semen Indocement juga memproduksi beton siap pakai, serta mengelola tambang agregat dan trass. perusahaan ini memiliki beberapa Kuari Palimanan, diantaranya yaitu Kuari D. Kondisi batuan – batuan penyusun pada lereng memiliki kondisi struktur yang berbeda – beda dan kompleks akan struktur geologi. sehingga perlu dilakukan studi geoteknik untuk menganalisa geometri lereng bukaan tambang yang telah di rencanakan oleh pihak perusahaan. Kegiatan yang perlu dikaji yaitu mengenali sifat fisik, mekanik batuan dan kelas massa batuan. Teknik Pengolahan Data yang telah dikumpulkan yaitu dengan perhitungan RQD dan RMR terhadap massa batuan penyusun lereng berdasarkan nilai kedudukan kekar yang diukur pada lapangan untuk pengkelasan massa batuan. Mengetahui potensi jenis longsoran dan pembuatan model lereng dengan acuan dari geometri desain lereng pada daerah tersebut dengan menggunakan bantuan beberapa perangkat lunak. Setelah dikaji Batuan didaerah penelitian pada Kuari D merupakan batuan batugamping dengan sisipan lapisan berupa Batulempung Hasil pemetaan geoteknik didapatkan Rock Quality Design (RQD) 90 – 100 %, Geological Strength Index (GSI) 42-55, dan Rock Mass Rating (RMR) hasil pemetaan memiliki kondisi baik dengan range antara 60 –77. Analisis stereografis hasil pemetaan bidang lemah atau kekar pada muka lereng Kuari D memiliki potensi berupa longsoran Baji.

Kata Kunci: *Optimalisasi Lereng, Stabilitas Lereng, Probabilitas Kelongsoran.*

A. Pendahuluan

Longsor adalah suatu bencana alam yang sering terjadi pada lereng – lereng alami maupun buatan longsor sering terjadi pada saat tekanan air tanah meningkat yang mengakibatkan penurunan kuat geser tanah (c), dan sudut geser dalam (α) yang menyebabkan kelongsoran.

Kestabilan lereng pada batuan dikontrol oleh beberapa faktor seperti geometri lereng, struktur batuan, sifat fisik dan mekanik batuan serta gaya-gaya luar yang bekerja pada lereng. Faktor-faktor ini sangat penting untuk menentukan seberapa tinggi atau seberapa landai suatu lereng. Stabilitas dari suatu lereng biasanya menjadi masalah yang membutuhkan perhatian lebih bagi kelangsungan operasi penambangan setiap harinya sehingga perlu dipastikan lereng tersebut disebut aman atau stabil.

Pada lokasi penelitian ini sudah terjadi longsor di Kuari A yang diakibatkan adanya kekar pada batuan, jenuhnya material penyusun lereng karena hujan, atau karena kondisi lainnya yang dapat menyebabkan terjadinya longsor, karena adanya kejadian longsor di Kuari A. Dari kejadian ini perusahaan perlu melakukan analisis geoteknik kembali untuk mendapatkan dimensi lereng Kuari D yang optimal, sehingga lereng aman untuk kegiatan penambangan. Kegiatan yang dilakukan yaitu sifat fisik sifat mekanik, klasifikasi massa batuan dan pemodelan dengan analisis Limit Equilibrium Method (LEM) dan Finite Element Method (FEM)

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Bagaimana faktor keamanan di Kuari D untuk optimalisasi geometri lereng?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Menentukan klasifikasi massa batuan kuari D
2. Menentukan input parameter kuari D dan disposal
3. Menentukan dimensi optimal pada lereng Kuari D

B. Metodologi Penelitian

Peneliti menggunakan data primer dan data sekunder, dimana data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung di lapangan, dimana dilakukan dengan cara mengambil data aktual yang ada di lapangan serta wawancara secara langsung melalui tanya jawab dengan beberapa karyawan yang bersangkutan dalam bidangnya masing-masing. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dengan cara mengumpulkan data sekunder dari studi literatur dimana biasanya data ini sebagai pendukung dari data primer.

Data primer yang digunakan pada penelitian ini seperti Pengambilan data di lapangan berupa pemetaan geoteknik, data yang diambil yaitu kedudukan lereng dan dimensi lereng aktual dan pengujian sampel massa batuan penyusun lereng berupa sifat fisik dan mekanik, parameter yang didapat dari setiap pengujian yaitu uji sifat fisik yaitu densitas jenuh dan alami, uji sifat mekanik yaitu uji kuat tekan dan uji kuat geser. Untuk data sekunder yang digunakan seperti Textbooks, Handbooks, Jurnal, KEPMEN 1827 K/30/MEM/2018, Faktor Kegempaan, peta topografi dan peta geologi. serta literatur-literatur dari internet seperti informasi kegempaan dahsyat yang pernah terjadi di wilayah penelitian dan sebagainya.

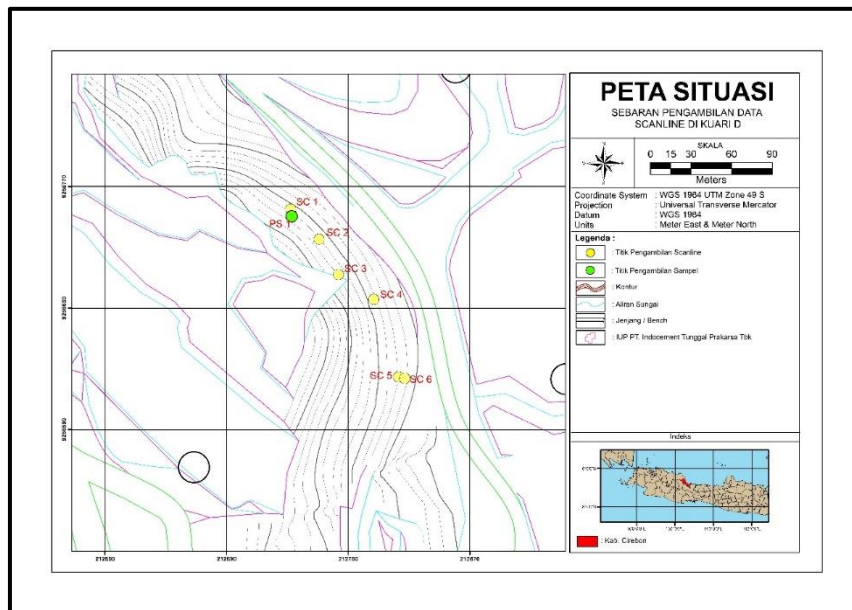
C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengukuran Bidang Lemah

Dalam penelitian geoteknik diperlukan data dari hasil pemetaan geoteknik, dimana data yang dibutuhkan berupa kedudukan kekar (arah orientasi), dimensi lereng, strenght of intact rock, infilling, ground water conditions, discontinuity lenght, separation, weathered conditions dan roughness, dari data yang di dapat bertujuan untuk mengelaskan massa batuan penyusun lereng. Kegiatan pengukuran pada kuari D berikut koordinat lokasi pengukuran scanline dapat dilihat pada Tabel 1 dan peta situasi lokasi pengambilan data scanline, dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Data Koordinat Pengukuran Scanline

Lokasi	Kode Pengamatan	Jarak Scanline (meter)	Easting (mE)	Northing (mN)	Elevasi (mdpl)	Keterangan
Kuari D	SC1	10	212737,47	9256753,15	158	Scanline
	SC2	13	212758,39	9256730,93	156	Scanline
	SC3	9	212772,77	9256704,79	156	Scanline
	SC4	13	212798,91	9256686,49	165	Scanline
	SC5	13	212817,21	9256628,97	164	Scanline
	SC6	10,7	212821,83	9256628	164	Scanline

**Gambar 1.** Peta Situasi Sebaran Pengambilan Data Scanline di Kuari**Kualitas Batuan berdasarkan parameter RQD (Rock Quality Design)**

Parameter RQD (Rock Quality Design) dilakukan untuk penilaian kualitas batuan berdasarkan kerapatan data kekar, nilai RQD digunakan untuk pembobotan dalam parameter RMR (Rock Mass Rating). Berikut hasil perhitungan RQD, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai RQD Dari Hasil Pengukuran Scanline

Kuari	Kode Pengamatan	Arah Lereng (Strike)	Arah Scanline (Strike)	Nilai RQD
D	SC1	N195°E	N 72°E	95,49%
	SC2	N205°E	N 75°E	96,55%
	SC3	N 205°E	N 73°E	95,68%
	SC4	N 210°E	N 82°E	95,72%
	SC5	N 210°E	N 88°E	96,30%
	SC6	N 230°E	N 79°E	93,60%

Hasil rekapitulasi RQD (Rock Quality Design) pada kuari D dapat disimpulkan bahwasanya nilai RQD berada pada range 90 - 100 % dengan kategori memuaskan. Batuan dengan kategori memuaskan diketahui dapat sedikit terpengaruh oleh struktur dimana batuan

berada pada sifat yang baik.

Klasifikasi Massa Batuan berdasarkan parameter RMR (Rock Mass Rating)

RMR (Rock Mass Rating) digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas massa batuan berdasarkan beberapa parameter yaitu Intack Rock Strength, Rock Quality Designation (RQD), Spacing of Discountinuous, Condition of Discountinuous dan Ground Water. Berikut hasil klasifikasi massa batuan di kuari D, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai RMR Setiap Scanline

Kode Pengamatan	Intack Rock Strength	RQD	Spacing of Discountinuous	Condition of Discountinuous					Ground Water	Nilai RMR	Kelas RMR
				Length	Separation	Roughness	Infilling	Weathering			
SC1	4	20	15	1	4	3	4	6	10	67	II
SC2	4	20	15	2	4	3	4	6	10	68	II
SC3	4	20	15	2	5	3	2	3	7	61	II
SC4	4	20	15	2	4	3	6	5	7	66	II
SC5	4	20	15	4	4	3	6	6	15	77	II
SC6	2	20	8	4	4	3	6	3	10	60	III

Analisis Data Berdasarkan Metode GSI (Geological Strength Index)

Analisis data menggunakan metode GSI dengan bantuan perangkat lunak untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut geser dalam berdasarkan hasil pengamatan langsung dilapangan. Berikut hasil analisis data berdasarkan metode GSI (Geological Strength Index) yaitu:

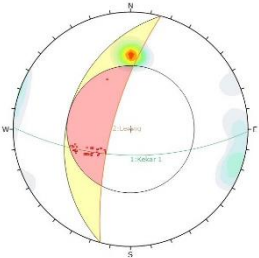
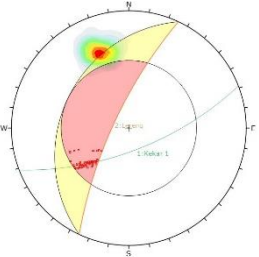
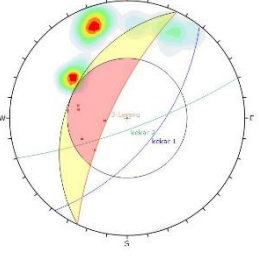
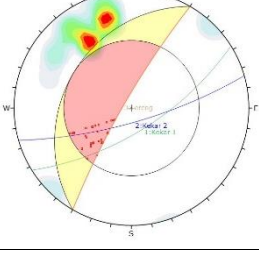
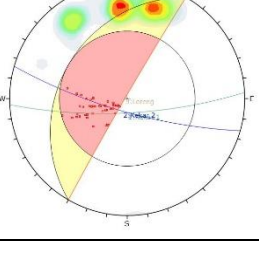
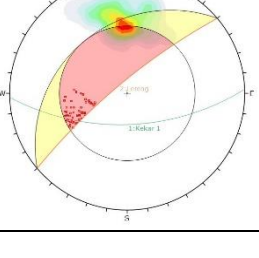
Tabel 4. Rekapitulasi Klasifikasi Batuan Metode GSI

Kuari	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6
Nilai GSI	55	50	42	50	45	43
Kelas	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang

Analisis Kinematik

Analisis kinematik merupakan sebuah upaya mengetahui kestabilan lereng berdasarkan jenis gerakan material lereng tanpa menganalisis gaya penyebab material lereng bergerak (Gurocak, et al., 2008). Analisis kinematika dilakukan untuk mengetahui tipe longsor yang memiliki potensi terjadi lonsor pada lereng batuan yang terkekaran dan terlapukkan secara intensif. Berikut merupakan hasil analisis stereografis pada kuari D, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis Kinematik Kuari D

Kuari	Major Planes Plot	Jenis Potensi Longsor
SC 1		-
SC 2		-
SC 3		Baji
SC 4		Baji
SC 5		Baji
SC 6		-

Dari hasil analisis kinematik, dimana terdapat 3 scanline yang memiliki potensi longsor yaitu scanline 3, 4 dan 5 yang berpotensi mengalami longsoran baji, dikatakan longsoran baji karena terdapat perpotongan antara dua bidang kekar. Pada Scanline 1, 2 dan 6 tidak berpotensi longsor karena arah kemiringan bidang kekar berlawanan dengan arah bidang lereng sehingga tidak terdapat potensi terjadinya longsor. Berikut rekapitulasi hasil analisis stereografi dan kinematik scanline di kuari D dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Analisis Stereografi Kuari D

Kuari	Arah Lereng	Arah Umum Struktur	FK Kinematik	Arah Longsoran
SC 1	N195°E/70°	N91°E/65°	-	-
SC 2	N205°E/75°	N69°E/68°	-	-
SC 3	N205°E/73°	N38°E/60° dan N70°E/79°	1,8897	N58°E
SC 4	N210°E/82°	N58°E/67° dan N74°E/76°	1,7762	N68°E
SC 5	N210°E/88°	N87°E/76° dan N106°E/77°	1,8562	N98°E
SC 6	N230°E/79°	N88°E/60°	-	-

Pengujian Sifat Fisik dan Sifat Mekanik

Kegiatan sampling geoteknik dilakukan untuk mendapatkan sampel batuan di lokasi penelitian untuk diuji di laboratorium. Teknik pengambilan contoh dapat dari pengeboran geoteknik ataupun berupa bongkahan batuan dalam kondisi fresh tidak terlapukan. Sampel geoteknik diambil dari lokasi lereng yang cukup representatif untuk diuji dari setiap Kuari, yang kemudian diuji di laboratorium mekanika batuan Universitas Islam Bandung. Hasil pengujian geoteknik dapat dilihat pada Tabel 7.

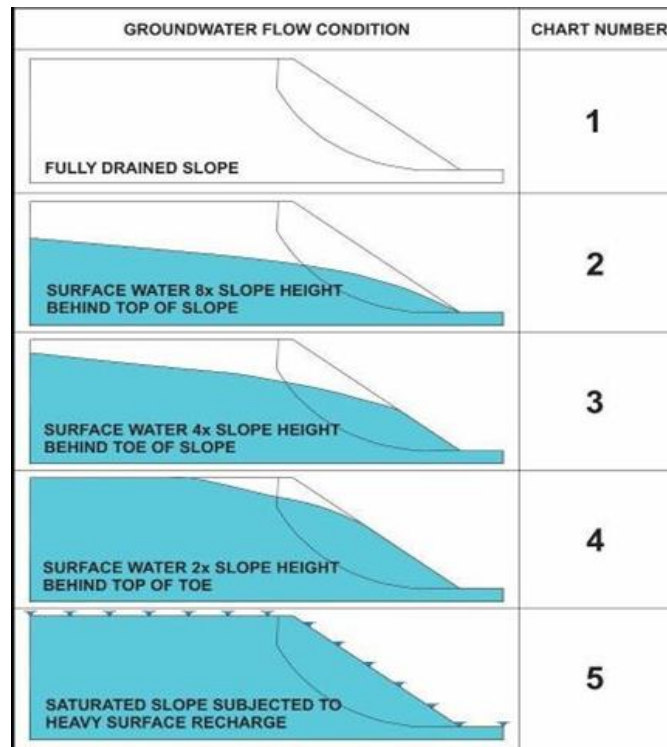
Tabel 7. Hasil Pengujian Sampel Geoteknik

Lithology	Sample Code	Sifat Fisik				UCS		Direct Shear (Residual)	
		pn (gr/cm ³)	ps (gr/cm ³)	pd (gr/cm ³)	σ _c (MPa)	E (MPa)	v	(C) MPa	φ (°)
Limestone	D	1,51	1,71	1,51	2,72	354,13	0,845	0,535	23,55

Pada peta aktual yang dibuat terdapat penarikan 3 garis penampang dari arah timur laut kearah barat daya dengan panjang section DA-DA' 683,7862 m, DB-DB' 683,7862 m dan DC-DC' 683,7862 m, penarikan garis penampang memiliki 5 litologi yaitu High Grade-Limestone, Limestone Rich, Marly Limestone, Clay Rich dan Clay. Penampang dibuat dengan tujuan untuk mengetahui kondisi asli lereng.

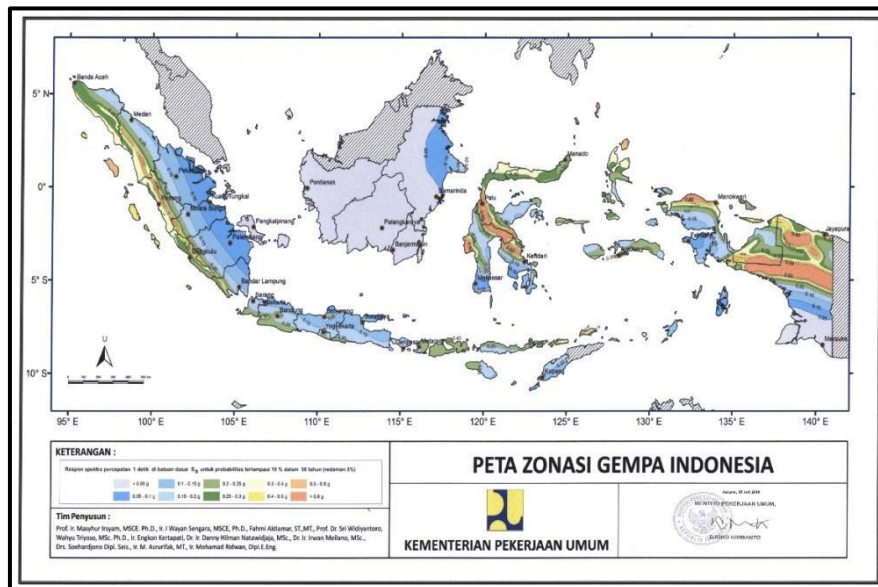
Input Parameter Kestabilan Lereng Kuari D

Dalam mendesain lereng selain menggunakan data hasil di lapangan desain lereng juga perlu menggunakan beberapa parameter pendekatan diantaranya yaitu parameter geoteknik, parameter MAT (Muka Air Tanah), beban dinamik, kriteria kemantapan, serta metode yang digunakan dalam analisis terhadap kemantapan lereng. Pemodelan kuari D menggunakan 2 kondisi yaitu kondisi MAT no.5 dan no.3, Lereng disposal hanya menggunakan kondisi MAT no.5. Asumsi ini digunakan untuk mengantisipasi kondisi lereng yang jenuh karena hujan dengan intensitas tinggi, sedangkan untuk MAT no.3 diasumsikan sudah mengalami dewatering pada lereng atau lereng sudah mengalami pengurangan kadar air.



Gambar 2. Kondisi Muka Air Tanah

Faktor kegempaan menjadi salah satu parameter yang mempengaruhi kestabilan lereng secara langsung, sehingga dalam mendesain lereng perlu diperhatikan juga besar nilai kegempaan. Faktor ini dapat dilihat melalui peta zonasi gempa Kabupaten Cirebon masuk dalam daerah terkena dampak getaran dinamik sebesar 0,05-0,1 g. Sehingga input parameter kegempaan lereng menggunakan 0,05 g.

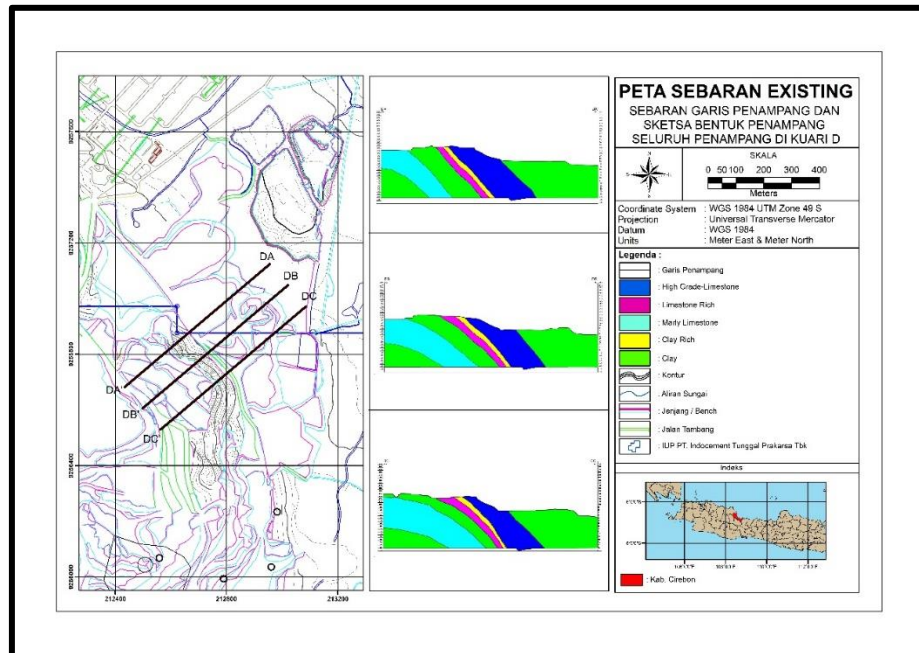


Gambar 3. Peta Zonasi Kegempaan

Analisis Lereng Keseluruhan Kuari D

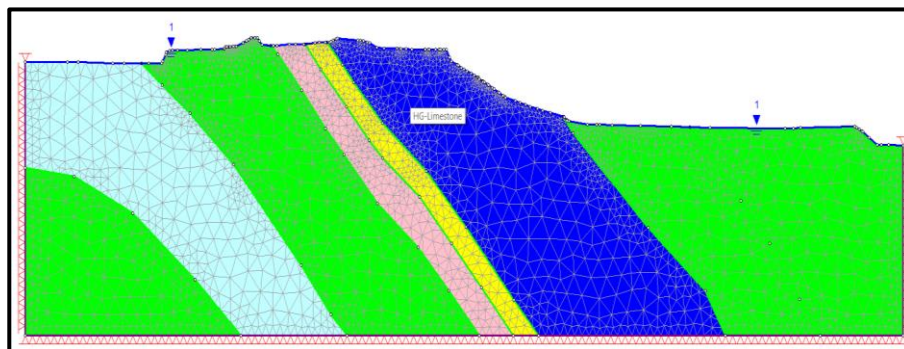
Setelah memasukkan input parameter geoteknik, pemodelan dapat dilakukan hingga mendapatkan desain lereng yang optimum. Pada kondisi aktual kuari D terdapat 3 penampang

lereng yang akan dilakukan optimalisasi desain lereng (kedalaman dan sudut). Analisis awal berdasarkan keadaan aktual Gambar 4 di daerah penelitian yang kemudian di optimasi dengan penambahan kedalaman pada setiap rencana penambangan. Rekapitulasi Optimasi Lereng dapat dilihat pada Tabel 8.

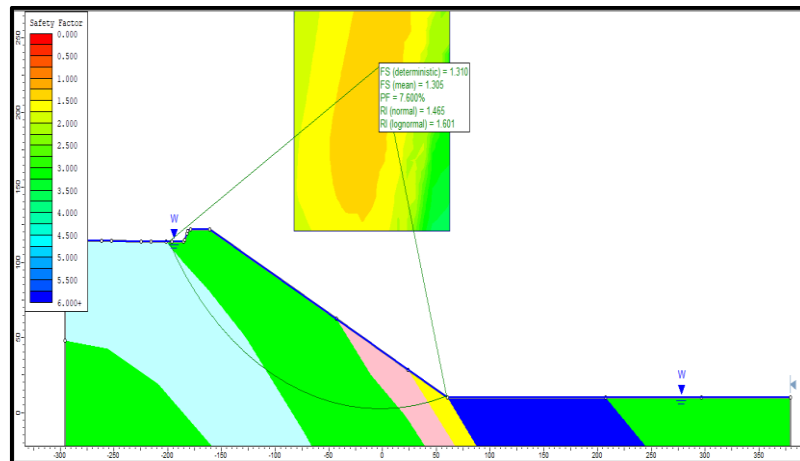


Gambar 4. Peta Aktual dan Garis Penampang

Kondisi aktual lereng D1 yaitu pada elevasi 75 m, tinggi 47,256 m dan sudut 20° didapatkan faktor keamanan (FoS) sebesar 2,028 dan PF 0%, dapat dilihat pada Gambar 5 Lereng aktual D1 dapat di optimasi hingga kedalaman elevasi 10 m, tinggi 112,22 m dan sudut 27° , sehingga didapatkan faktor keamanan (FoS) sebesar 1,305 dan PF 7,6%, dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Model Aktual DA E=75 m, H=47.256 m, S= 20°



Gambar 6. Model Optimasi DA E=10 m, H=112,22 m, S=27°

Tabel 8. Rekapitulasi Nilai FK Aktual dan Optimasi Lereng Kuari D

Kuari	Sec.	Elev(mdpl)	Tinggi (m)	Sudut (°)	FK								SRF	
					MAT 5	PoF (%)	MAT 5 g	PoF (%)	MAT 3	PoF (%)	MAT 3 g	PoF (%)	Static	Dinamic
A	75	47.256	20		2.028	0	1.709	0	2.252	0	1.89	0	2.02	1.7
		57.018	48		1.059	43.4	0.984	49.7	1.52	19.1	1.411	21.7	0.97	0.93
	70	56.27	40		1.218	14.8	1.112	28.5	1.576	0	1.433	1	1.36	1.24
		56.06	35		1.313	8.2	1.196	18.4	1.62	0	1.468	0.7	1.2	1.02
	40	86.139	40		1.095	33.7	0.997	50.6	1.39	1	1.26	6.3	1.05	0.995
		85.326	35		1.178	20.3	1.067	37.3	1.48	0.3	1.335	3.3	1.21	1.06
		87.888	30		1.311	9.9	1.176	22.2	1.592	0.1	1.429	0.9	1.34	1.2
		112.711	30		1.23	25.7	1.108	36	1.517	3.3	1.36	11	1.22	1.07
	10	112.22	27		1.305	7.6	1.16	21.6	1.609	3.3	1.434	9	1.27	1.14
		117.08	25		1.394	2.6	1.235	12	1.807	0.9	1.596	4.8	1.38	1.21
D	75	43.2	25		1.993	0.1	1.733	1.9	2.321	0	2.016	0.1	1.67	1.53
		53.888	41		1.038	44.9	0.959	51.3	1.414	22.2	1.302	28.3	1.05	1
	70	56.893	36		1.324	6.5	1.198	16.4	1.688	13.5	1.54	19.3	1.35	1.21
		83.888	41		1.194	14.4	1.079	33.5	1.479	0.2	1.332	2.5	1.15	1.11
	40	87.398	35		1.265	11.4	1.136	26.5	1.593	0	1.425	1.3	1.3	1.18
		87.66	32		1.313	9.8	1.174	22.4	1.629	0	1.455	0.8	1.37	1.18
		118.407	32		1.103	35.7	0.993	52	1.433	3.7	1.282	11.7	1.13	1.03
		119.119	30		1.155	31.2	1.031	46.9	1.49	3	1.325	10.3	1.16	1.04
	10	122.49	26		1.301	9.6	1.157	26.3	1.669	0.7	1.472	4.5	1.23	1.09
		123.44	25		1.339	6.4	1.187	18.3	1.751	0.2	1.551	3.2	1.29	1.13
C	78	51.206	28		1.635	1.6	1.44	5.7	1.993	0	1.751	0.1	1.65	1.47
		61.906	41		0.991	49.6	0.914	55.5	1.342	27.3	1.236	32.7	1.01	0.93
	70	60.89	36		1.31	7.2	1.195	15.2	1.65	0	1.502	0	1.39	1.34
		89.923	35		1.164	22.1	1.06	39.5	1.497	0.4	1.358	2.9	1.2	1.1
	40	85.922	30		1.326	9.9	1.183	24.2	1.582	0	1.412	2.2	1.38	1.22
		115.842	30		1.079	40.7	0.97	54.7	1.377	10.9	1.233	23.2	1.08	0.97
	10	127.484	25		1.31	4.1	1.163	16.9	1.71	0	1.514	0.2	1.27	1.11

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Klasifikasi massa batuan pada kuari D berdasarkan parameter RMR (Rock Mass Rating) berada pada klasifikasi massa batuan dalam kondisi baik dengan range nilai 60-75.
2. Input parameter yang digunakan pada kuari D adalah nilai sifat fisik dan mekanik massa batuan penyusun lereng yang sudah diuji di laboratorium yaitu natural density yaitu 2,35

gr/cm³, kuat tekan senilai 6,203 MPa, kohesi senilai 0,335 MPa dan sudut geser dalam senilai 36,2°. Sedangkan untuk input parameter lereng disposal menggunakan data sekunder dari perusahaan yaitu perbandingan komposisi jenis material yang akan ditimbun Clayrich dan Clay dengan perbandingan campuran 60%:40%, sehingga dari nilai perbandingan ini didapatkan bobot isi 17,49 kN/m³, Kohesi (C) 79,2 kPa dan sudut geser dalam 19,8°.

3. Rekomendasi dimensi optimal untuk lereng disposal yaitu berada pada tinggi 70 m, sudut 20° nilai FK sebesar 1,366, tinggi 60 m, sudut 22° nilai FK sebesar 1,362, tinggi 50 m, sudut 24° nilai FK sebesar 1,331, dan tinggi 40 m, sudut 26° nilai FK sebesar 1,326.

Acknowledge

1. Dosen dan Staff Prodi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung. kepada Bapak Dr. Ir. Yunus Ashari, M.T. selaku Ketua Program Studi, Bapak Noor Fauzi Isnarno, S.Si., S.Pd., M.T. selaku Sekretaris Program Studi serta Wali Dosen, Bapak Ir. Yuliadi, S.T, M.T., IPM. selaku Pembimbing, Bapak Iswandaru, S.T., M.T. selaku Co Pembimbing, serta seluruh Dosen dan Staf yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi kepada penyusun;
2. Keluarga Penyusun. Terimakasih kepada kedua orang tua yang senantiasa memberikan support baik berupa moril maupun materil demi menyelesaikan studi anakmu ini. Terimakasih juga kepada kedua kaka tercinta Chaerika Puspita Rosliawati dan Chaerul Hafidz Al-Hanif yang selalu menasihati dan memberi semangat kepada adik bungsu kalian ini.
3. Perusahaan Penelitian, Terimakasih kepada PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk yang telah memberikan penyusun kesempatan untuk melakukan penelitian di perusahaan;
4. Tambang 2019. Terimakasih kepada angkatan 2019 terutama kepada Haikal Fatwa Nugraha, Syifa Kharenina N, Mestiya Gusjuliasih dan Viona Nathasya G yang selalu kebersamai setiap proses kehidupan di Teknik pertambangan mulai dari awal hingga sekarang sudah berada di jalannya masing masing. Tetap ingat bahwa dimanapun kita berada kita tetap satu, tambang 2019 sampai mati.

Daftar Pustaka

- [1] Ruslan Loilatu and Iswandaru, "Analisis Kestabilan Lereng Andesit Menggunakan Metode FEM pada PT. X," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 15–23, Jul. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v2i1.782.
- [2] Muhammad Iqbal Abdul Basith, Dono Guntoro, and Novriadi, "Rencana Teknis dan Biaya Reklamasi Tambang Timah Blok Sangau B.3 PT XYZ," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 41–46, Jul. 2023, doi: 10.29313/jrtp.v3i1.2125.
- [3] Arif, Irwandy, & Adisuma Gatot., 2005., "Perencanaan Tambang", Program Studi Teknik Pertambangan., Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [4] Arif, Irwandy, 2016, "Geoteknik Tambang", Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [5] Azizi, Masagus hmad, 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.
- [6] Azizi, Masagus Ahmad, dkk, 2011, "Karakterisasi Parameter Masukan Untuk Analisis Kestabilan Lereng Tunggul (Studi Kasus Di PT Tambang Batubara Bukit Asam TBK Tanjung Enim, Sumatera Selatan), Seminar Nasional AvoER Ke-3", Palembang, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- [7] Hoek, Bray, 1981, "Rock Slope Stability", London.
- [8] Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 1827/K/MEM/2018, tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.
- [9] Kementerian Pekerjaan Umum. 2020. "Peta Zonasi Gempa Indonesia 2017". data.pu.go.id. Diakses tanggal 23 Januari 2023

- [10] Listyawan, nto Budi, 2009 “Analisis Probabilitas Stabilitas Lereng Tanah Lempung Jenuh”, *Dinamika Teknik Sipil*, 13(2), hal. 166-171.
- [11] Wulandari, gusti, 2016, “Analisis Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Rock Mass Rating Dan Slope Mass Rating Pada Tambang Batupasir Di Samarinda Seberang Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur”, *Jurnal Teknologi Miberal FT UNMUL*, 4(1), hal. 8-14.
- [12] Yuliadi. 2021. *Geoteknik Tambang*. Bandung: UPT Publikasi Ilmiah UNISBA
- [13] Z.T. Bieniawski. 1989. “*Engineering Rock Mass Classifications: A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil and Petroleum Engineering*”. ISBN 0-471-60172-1. Canada.