

# Kajian Geoteknik Perancangan Penambangan Batugamping di Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat

**Rahmat Fauzan Ramadhan, Zaenal, Iswandaru**

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

rahmat.fauzanramadhan@gmail.com

**Abstract.** There are several factors in designing a location for mining activities that are key so that a location that will be used as a place for the mining process is safe, namely starting from the process of digging, loading and transporting. One of the technical studies that must be carried out in support of mine design activities is a geotechnical study, which is a study to determine a stable slope design, so that mining activities can be carried out safely. The purpose of this research is to know the physical and mechanical characteristics of limestone, to know the types of landslides that can occur, to know the geometry of the slope singly and as a whole, as well as to recommend the slope design at the research location and to determine the volume of limestone mining per year. The methodology used in this study is to use laboratory test data, including data on physical properties and mechanical properties of limestone. This data is used to analyze slope stability. The method used is to use the Finite Element Method accompanied by the use of stereographic analysis to analyze the landslides that occur at the research location. Based on the research results, it can be seen that the rock mass characteristics are classified as good rock. The structures on the observed slopes of P1, P2 and P3 have the potential for landslides, from the stereographic results that are formed in the form of wedge and plane landslides in the mining area. The numerical modeling results show a single slope design with a recommended slope height of 10 m with a slope angle of  $70^\circ$ , with a FK 1.3. The overall safe slope geometry is based on 4 sampling locations for section A, namely  $H = 75.90$  m and  $\theta = 45^\circ$ . For section B, namely  $H = 142.05$  m and  $\theta = 38^\circ$ . Cross section C is  $H = 129.88$  m and  $\theta = 40^\circ$ . The cross section D is  $H = 118.25$  m and  $\theta = 40^\circ$ . For the mining volume in the first year is 80,155.54 tons, the second year is 81,610.82 tons, the 3rd year is 80,465.37 tonnes, year 4 is 81,800.49 tonnes, year 5 is 80,009.49 tonnes, year 6 is 80,169.63 tonnes, year 7 is 80,244.92 tonnes, year 8 is 80,126.08 tons, the 9th year of 82,342.28 tons, the 10th year of 80,609.46 tons, the 11th year of 81,468.93 tons, the 12th year of 83,423.16 tons, and the 13th year of 82,208, 84 tons. The suggestions given are to monitor slope movement to detect symptoms of landslides as early as possible, conduct visual inspections that are carried out periodically to detect potential landslides, update structural data to overcome unsafe conditions or potential landslides at any mine progress.

**Keywords :** Geotechnical, Slope Stability, Slope Geometry, Landslides, Stereographic Analysis.

**Abstrak.** Kegiatan perancangan suatu lokasi kegiatan penambangan terdapat beberapa faktor yang menjadi kunci agar suatu lokasi yang akan dijadikan

tempat proses penambangan tersebut aman, yaitu mulai dari proses menggali, memuat dan mengangkut. Salah satu kajian teknis yang harus dilakukan dalam mendukung kegiatan perancangan tambang adalah kajian geoteknik, yaitu kajian untuk menentukan desain lereng yang stabil, sehingga kegiatan penambangan dapat dilakukan dengan aman. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik batugamping, mengetahui jenis longsoran yang dapat terjadi, mengetahui geometri lereng secara tunggal dan keseluruhan, serta rekomendasi desain lereng pada lokasi penelitian dan mengetahui volume penambangan batugamping per tahun. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan data hasil pengujian laboratorium, meliputi data sifat fisik dan sifat mekanik batugamping. Data tersebut digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng. Adapun metoda yang digunakan adalah menggunakan Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*) disertai dengan penggunaan analisis stereografis untuk menganalisis kelongsoran yang terjadi pada lokasi penelitian. Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui bahwa karakteristik massa batuan tergolong *good rock*. Struktur pada lereng pengamatan P1, P2 dan P3 terdapat potensi longsoran. Hasil stereografis yang terbentuk berupa longsoran baji dan bidang di area penambangan. Hasil permodelan numerik menunjukkan desain lereng tunggal dengan rekomendasi tinggi lereng 10 m dengan sudut kemiringan  $70^\circ$  dengan FK 2,45. Geometri lereng keseluruhan yang aman berdasarkan 4 lokasi pengambilan sampel untuk penampang A yaitu  $H = 75,90$  m dan  $\theta = 45^\circ$ . Untuk penampang B yaitu  $H = 142,05$  m dan  $\theta = 38^\circ$ . Penampang C yaitu  $H = 129,88$  m dan  $\theta = 40^\circ$ . Penampang D yaitu  $H = 118,25$  m dan  $\theta = 40^\circ$ . Jumlah volume penambangan pada tahun ke-1 sebesar 80.155,54 ton, tahun ke-2 sebesar 81.610,82 ton, tahun ke-3 sebesar 80.465,37 ton, tahun ke-4 sebesar 81.800,49 ton, tahun ke-5 sebesar 80.009,49 ton, tahun ke-6 sebesar 80.169,63 ton, tahun ke-7 sebesar 80.244,92 ton, tahun ke-8 sebesar 80.126,08 ton, tahun ke-9 sebesar 82.342,28 ton, tahun ke-10 sebesar 80.609,46 ton, tahun ke-11 sebesar 81.468,93 ton, tahun ke-12 sebesar 83.423,16 ton dan tahun ke-13 sebesar 82.208,84 ton. Adapun saran yang diberikan adalah melakukan kegiatan *monitoring* pergerakan lereng serta *visual inspection* untuk mendeteksi gejala-gejala longsoran, melakukan pembaharuan data struktur untuk mengatasi kondisi tidak aman atau potensi kelongsoran setiap kemajuan tambang.

**Kata Kunci: Geoteknik, Kestabilan Lereng, Geometri Lereng, Longsoran, Analisis Stereografis.**

## 1. Pendahuluan

Kegiatan perancangan suatu lokasi kegiatan penambangan terdapat beberapa faktor yang menjadi kunci agar suatu lokasi yang akan dijadikan tempat proses penambangan tersebut aman, yaitu mulai dari proses menggali, memuat dan mengangkut. Salah satu kajian teknis yang harus dilakukan dalam mendukung kegiatan perancangan tambang adalah kajian geoteknik, yaitu kajian untuk menentukan desain lereng yang stabil, sehingga kegiatan penambangan dapat dilakukan dengan aman. Sebelum melakukan kegiatan tersebut pemilik Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi memerlukan sebuah kajian untuk menilai kemantapan dari lereng yang ada di lokasi, sehingga aman untuk ditambang. Maka dari itu diperlukan kajian geoteknik untuk dapat menunjang kegiatan perancangan kegiatan penambangan untuk memperoleh desain lereng yang optimal serta aman.

Mengacu terhadap kaidah ilmu penambangan, prinsip dasar yang harus dianut dalam

kegiatan perancangan tambang adalah geometri lereng. Bukaan tambang yang harus dibuat berdasarkan geometri lereng bukaan tambang yang optimal, dengan kata lain geometri lereng tersebut cukup stabil. Catatan bahwa sudut kemiringan yang diambil yaitu sudut kemiringan maksimal yang dapat dibuat untuk meminimalkan potensi terjadinya longsoran pada lereng. Juga hal tersebut dijadikan dasar untuk penentuan desain lereng bukaan tambang yang optimal, yaitu didasarkan pada hasil dari kajian geoteknik berupa permodelan dan analisis *slope stability* yang didukung dengan data dari pengujian sifat fisik dan mekanik massa batuan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Bagaimana sifat fisik dan mekanik batuan pada lokasi penelitian?,” “Bagaimana jenis longsoran yang dapat terjadi pada lokasi penelitian?,” “Bagaimana rekomendasi untuk geometri lereng secara keseluruhan dengan nilai FK yang optimal pada lokasi penelitian?,” “Bagaimana rekomendasi untuk geometri lereng secara tunggal dengan nilai FK yang optimal pada lokasi penelitian?,” “Bagaimana desain blok penambangan pada lokasi penelitian?,” “Berapa volume penambangan per tahun yang dilakukan pada lokasi penelitian?” Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini, yaitu:

Mengetahui sifat fisik dan mekanik batuan pada lokasi penelitian.

Mengetahui jenis longsoran yang dapat terjadi pada lokasi penelitian.

Mengetahui rekomendasi untuk geometri lereng secara keseluruhan dengan nilai FK yang optimal pada lokasi penelitian.

Mengetahui rekomendasi untuk geometri lereng secara tunggal dengan nilai FK yang optimal pada lokasi penelitian.

Mengetahui desain blok penambangan pada lokasi penelitian.

Mengetahui volume penambangan per tahun yang dilakukan pada lokasi penelitian.

## 2. Landasan Teori

Pemodelan lereng adalah representasi alamiah lereng bukaan tambang yang akan dianalisis dengan memasukkan faktor-faktor geometri, jenis batuan, batas dan bidang diskontinuitas, sifat fisik dan mekanik batuan, tegangan insitu, pembebanan dan kondisi batas, sehingga dapat menggambarkan dan mewakili keadaan lereng bukaan tambang mendekati keadaan sebenarnya di lapangan

Pemetaan geoteknik merupakan salah satu metode pengumpulan data yang selanjutnya digunakan untuk menganalisa kemandapan lereng tambang. Pemetaan ini bertujuan untuk mengklasifikasikan massa batuan dan menginventarisasi struktur massa batuan pada suatu lereng di lokasi pertambangan. Massa batuan yang terdiri dari kenampakan struktur geologi atau bidang diskontinuitas atau bidang perlapisan atau kekar dapat diklasifikasikan menurut tiga karakteristik utama yaitu :

1. Orientasi bidang diskontinuitas
2. Jarak antar bidang diskontinuitas, frekuensi bidang diskontinuitas, RQD (*Rock Quality Design*) dan ukuran blok bidang diskontinuitas.
3. Kondisi bidang diskontinuitas terdiri dari beberapa karakteristik, seperti :
  - a. Persisten atau kemenerusan bidang diskontinuitas
  - b. Kekasaran (*roughness*)
  - c. Apertur atau bukaan bidang diskontinuitas
  - d. Isian bidang diskontinuitas (*filling material*)
  - e. Luahan (*seepage*)
  - f. Kekuatan (*strength*)

Pada metode elemen hingga, domain dari daerah yang akan dianalisis dibagi kedalam jumlah zona yang lebih kecil yang dinamakan elemen. Elemen-elemen tersebut dianggap saling berkaitan pada sejumlah titik simpul. Perpindahan pada titik simpul dihitung terlebih dahulu, kemudian dengan sejumlah fungsi diinterpolasi yang diasumsikan perpindahan pada sembarang titik dapat dihitung berdasarkan nilai perpindahan pada titik-titik simpul, selanjutnya regangan yang terjadi pada setia elemen dihitung berdasarkan besarnya perpindahan pada masing-masing titik simpul. Berdasarkan nilai regangan tersebut dapat dihitung tegangan yang bekerja pada

setiap elemen.

Analisis kemantapan lereng bertujuan untuk menentukan tingkat kemantapan suatu lereng dengan membuat model pada sudut dan tinggi tertentu<sup>(10)</sup>. Hasil dari analisis ini adalah rekomendasi lereng maksimum yang diizinkan pada sudut tertentu. Analisis lereng ini menggunakan acuan dan pendekatan sebagai berikut :

1. Geometri Lereng

Model disimulasikan sesuai dengan desain lereng saat ini, kemiringan sebesar dan ketinggian lereng disesuaikan dengan desain lereng pada lokasi penelitian.

2. Input Parameter

Input parameter geoteknik (sifat fisik dan mekanik) batuan untuk semua batuan pembentuk lereng model, ditentukan berdasarkan karakteristik massa batuan hasil dari uji laboratorium geoteknik.

3. Asumsi Muka Air Tanah

Muka air tanah diasumsikan mengikuti topografi dan muka lereng (MAT 5) dan menggunakan *dewatering* dengan asumsi air tanah keluar 4 kali tinggi lereng dibelakang *toe* (MAT 3). Asumsi ini digunakan untuk mengantisipasi kondisi lereng yang jenuh karena hujan dengan intensitas tinggi.

4. Beban Dinamik

Daerah penyelidikan termasuk daerah terkena dampak getaran dinamik yang disebabkan oleh gempa, sehingga model disimulasikan dengan memperhitungkan faktor gempa di lokasi penyelidikan sebesar 0,1 g.

5. Kriteria Kemantapan

Analisis ini akan menggunakan  $FK \geq 1,3$  untuk menyatakan bahwa lereng dalam keadaan mantap. Jika hasil simulasi mempunyai  $FK < 1,3$  kondisi statis  $FK < 1,05$  untuk kondisi dinamis maka lereng dinyatakan belum stabil atau sesuai dengan Kepmen 1827 ESDM terkait Nilai Faktor Keamanan Lereng Tambang yang tertera pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai Faktor Keamanan Lereng Tambang

Jenis Lereng	Keparahan Longsor	Kriteria dapat diterima	
		Faktor Keamanan Statis (min)	Faktor Keamanan Dinamis (min)
Lereng Tunggal	Rendah s.d. Tinggi	1,1	Tidak ada
Inter-ramp	Rendah	1,15-1,2	1,0
	Menengah	1,2-1,3	1,0
	Tinggi	1,2-1,3	1,1
Lereng Keseluruhan	Rendah	1,2-1,3	1,0
	Menengah	1,3	1,05
	Tinggi	1,3-1,5	1,1

Sumber : Kepmen ESDM Nomor 1827/K/30/MEM/2018<sup>(1)</sup>

6. Metode Analisis

Jenis-jenis korosi yaitu korosi merata, korosi erosi, korosi sumuran, korosi celah, korosi galvanik, korosi temperatur tinggi, *stress corrosion cracking*, dan *corrosion fatigue*. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju korosi yaitu faktor metalurgi dan faktor lingkungan. Metoda pengendalian korosi yaitu *coating*, *wrapping*, proteksi katodik, dan inhibitor.

Perancangan tambang merupakan bagian dari perencanaan tambang yang dimaksud sebagai kegiatan untuk merencanakan dan merancang suatu tambang berdasarkan studi kelayakan dan hasil akhir dari eksplorasi endapan bahan galian. Didalamnya termasuk perancangan batas akhir penambangan, tahapan, urutan penambangan tahunan/bulanan, penjadwalan produksi dan *waste dump*.

### 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Berdasarkan hasil permodelan numerik model desain lereng tunggal di lokasi penelitian, berikut Hasil Rekapitulasi Simulasi Lereng Tunggal pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Hasil Rekapitulasi Simulasi Lereng Tunggal

Material	Tinggi (H;m)	Sudut (°)	Faktor Keamanan	
			MAT 5	MAT 5 g
Limestone	10	50	1,98	1,76
		60	1,33	1,2
		70	1,12	1,02

Catatan :

: Sudut dan dimensi yang direkomendasikan Hasil simulasi lereng tunggal menunjukkan hingga ketinggian 10 dengan sudut 70° dapat digunakan sebagai acuan mendesain lereng tunggal di area penambangan.

Simulasi pada setiap penampang dilakukan optimisasi dengan mealiukan pelandaian untuk mendapatkan lereng dalam keadaan stabil. Hasil rekapitulasi seluruh penampang A hingga D dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 2 Rekomendasi Geometri Lereng Keseluruhan Penampang A-D

Penampang	Elevasi (m)	Tinggi (m)	Sudut (°)	Faktor Keamanan (FK)			
				MAT 5	MAT 5 g	MAT 3	MAT 3 g
A	660	75,909	45	1,35	1,17	1,91	1,63
B	620	142,052	38	1,31	1,1	1,35	1,13
C	710	129,886	40	1,3	1,09	1,75	1,46
D	680	118,257	40	1,31	1,09	1,56	1,3

Untuk desain blok penambangan pada lokasi penambangan adalah sebagai berikut :

- a. Tinggi lereng = 10 meter
- b. Kemiringan lereng = 70°
- c. Lebar lereng (*berm*) = 4-5 meter

Volume penambangan per tahun yang dilakukan pada lokasi penelitian sampai tahun ke-13 dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rekapitulasi Rencana Penambangan sampai Tahun Ke-13

Tahun Ke-	Limestone (Ton)	Request Level (mdpl)	Area (Ha)
1	80.155,54	665	0,579
2	81.610,82	655	0,580
3	80.465,37	650	0,243
4	81.800,49	645	0,285
5	80.009,02	715	0,394
6	80.169,63	705	0,473
7	80.244,92	695	0,414
8	80.126,08	685	0,265
9	82.342,28	675	0,232
10	80.609,46	665	0,364
11	81.468,93	635	0,476
12	83.423,16	635	0,366
13	82.208,84	625	0,416
<b>Total</b>	<b>1.054.634,53</b>		

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian geoteknik yang telah dilakukan di lokasi penelitian yang berada di Desa Cirawamekar, Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa

Barat dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pemetaan geoteknik, karakteristik massa batuan tergolong *good rock*. Pada beberapa lokasi di bagian Barat batuan batu gamping banyak yang mengalami pelapukan
2. Berdasarkan hasil pemetaan struktur pada lereng pengamtan P1, P2 dan P3 terdapat potensi longsor hasil stereografis yang terbentuk berupa longsor baji dan bidang di area penambangan.
3. Hasil permodelan numerik menunjukkan desain lereng tunggal dengan rekomendasi hingga tinggi lereng 10 m dengan sudut kemiringan 70°, hasil simulasi menyatakan lereng aman dengan FK 1,12.
4. Hasil pemodelan lereng keseluruhan yang terbagi menjadi 4 penampang berdasarkan 4 lokasi pengambilan sampel didapatkan rekomendasi sebagai berikut yang tertera pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Rekomendasi Lereng Keseluruhan

Penampang	Elevasi (m)	Tinggi (m)	Sudut (°)	Faktor Keamanan (FK)			
				MAT 5	MAT 5 g	MAT 3	MAT 3 g
A	660	75.909	45	1,35	1,17	1,91	1,63
B	620	142.052	38	1,31	1,10	1,35	1,13
C	710	129.886	40	1,30	1,09	1,75	1,46
D	680	118.257	40	1,31	1,09	1,56	1,30

5. Untuk desain blok penambangan pada lokasi penambangan adalah sebagai berikut :
  - a. Tinggi lereng = 10 meter
  - b. Kemiringan lereng = 70°
  - c. Lebar lereng (*berm*) = 4-5 meter
6. Volume penambangan per tahun yang dilakukan pada lokasi penelitian sampai tahun ke-13 dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Rekapitulasi Rencana Penambangan sampai Tahun Ke-13

Tahun Ke-	Limestone (Ton)	Request Level (mdpl)	Area (Ha)
1	80.155,54	665	0,579
2	81.610,82	655	0,580
3	80.465,37	650	0,243
4	81.800,49	645	0,285
5	80.009,02	715	0,394
6	80.169,63	705	0,473
7	80.244,92	695	0,414
8	80.126,08	685	0,265
9	82.342,28	675	0,232
10	80.609,46	665	0,364
11	81.468,93	635	0,476
12	83.423,16	635	0,366
13	82.208,84	625	0,416
<b>Total</b>	<b>1.054.634,53</b>		

## 5. Saran

Dalam penelitian ini ada beberapa saran yang diberikan, yaitu :

1. Kegiatan monitoring pergerakan lereng untuk mendeteksi sedini mungkin gejala-gejala longsor.
2. Melakukan *visual inspection* yang dilakukan secara berkala (harian, mingguan, dan bulanan) untuk mendekteksi adanya potensi-potensi longsor.
3. Melakukan pembaharuan data struktur untuk mengatasi kondisi tidak aman atau potensi kelongsoran setiap kemajuan tambang.
4. Melakukan pembersihan bongkahan batuan yang menggantung pada *crest* lereng, karena membahayakan aktivitas pekerjaan di bawah lereng.
5. Pengendalian air, agar air tidak masuk dan membasahi muka lereng karena berpotensi melemahkan kekuatan massa batuan pembentuk lereng.
6. Disarankan juga melakukan pengukuran getaran hasil peledakan atau hasil *breaker* ataupun getaran yang berasal dari alat mekanis, agar dapat dianalisa pengaruh getaran pada kestabilan lereng dan struktur bangunan perumahan warga di sekitar lokasi penambangan.

## Daftar Pustaka

- Anonim, 2018, “Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik”, Kepmen 1827K/30/MEM/2018, Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral.
- Arif, Irwandy, 2016 “Geoteknik Tambang”, Bandung, Institut Teknologi Bandung.
- Bieniawski Z.T.,1989, “Engineering Rock Mass Classification”, New York.
- Bishop, A. W., 1955, “The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slopes”, Geotechnique, Vol 5., London.
- Giani, G. P., 1992, “Rock Slope Stability Analysis”, Rotterdam, Belkema.
- Hoek, E., Bray, J. W., 1981, “Rock Slope Engineering”, Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Hoek, E., Bray, J. W., 1987, “Factor of Safety and Probability of Failure, Chapter 8 – Rock Engineering King, H. 1982, “A Guide to the Understanding of Ore Reserve Estimation”, Australian Institute of Mining and Metallurgy, Australia.
- Rai, M.A, Karmadibrata, S., Wattimena, R.K, “Mekanika Batuan”, Bandung, Institut Teknologi Bandung.
- Ratman, N., 1994, “Peta Geologi Lembar Cianjur”, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Suratha, G., 1994, “Kemantapan Lereng”, Direktorat Jendral Pertambangan Umum Pusat Pengembangan Tenaga Pertambangan, Bandung.