

# Studi Geoteknik Untuk *Redesign* dan Perubahan Arah Penambangan Pada Lereng Quarry A, di PT Indocement Tunggal Prakarsa Palimanan, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat

**Purwa Laksana Putra Pamungkas<sup>\*</sup>, Yuliadi, Zaenal**

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116

\*purwalaksana76@gmail.com

**Abstract.** PT Indocement Tunggal Prakarsa (PT ITP) Palimanan is a mining company that mines limestone as cement material, where the mining method is carried out by means of an open mine using the quarry method, either by the pit type or side hill type method, in quarry A experiences slippage that occurs in section A1, therefore a review is needed in this section with a back analysis to obtain safe geometry for mining activities or changes in mining direction due to the large amount of reserves. Calculating the exact slope geometry will greatly guarantee safe mining activities and efficient, and to realize it requires careful planning so that no accidents occur on the ground, where slope stability is a very important factor in mining activities because it involves work safety for both humans and workers. equipment and the smooth production activities. The collection of geotechnical study data at PT ITP Palimanan's open limestone quarry includes geotechnical mapping and observation of the landslide model that occurred. Data on input parameter results were obtained from laboratory testing results by PT ITP Palimanan. Geotechnical studies carried out were analysis of landslide sections A1 to A3 and analysis of the effects of faults in section A7 to A9. The analytical method used in the analysis of landslides section A1 to A3 is the back analysis method. Reverse analysis is carried out on slopes that experience landslides, because the rock mass values will differ. This back-analysis method is carried out to obtain new rock mass parameter values, namely cohesion value ( $c$ ) and deep friction angle ( $\phi$ ). The  $c$  and  $\phi$  values obtained are assumed to represent the actual rock mass value in the field. From the results of modeling and analysis conducted it can be concluded that, the cause of the landslides is the steep slope, the influence of rainwater / ground water. The results of the analysis behind the landslide section A1 to A3, obtained new rock mass parameters, namely for Limestone lithology ( $c = 155$  kPa,  $\phi = 22^\circ$ ), Lime-rich ( $c = 163$  kPa,  $\phi = 21.5^\circ$ ), Lime-marly ( $c = 192$  kPa,  $\phi = 21^\circ$ ) Clay-rich ( $c = 113$  kPa,  $\phi = 16.5^\circ$ ), and Claystone ( $c = 109$  kPa,  $\phi = 17.5^\circ$ ). Then, to change the direction of mining in A7 to A9 back analysis was carried out with the design changes obtained, namely overall slope  $20^\circ$  for a total height of 72.5 m.

**Keywords:** Slope Stability, Boundary Equilibrium Method, Slides, Reverse Analysis, Limit Equilibrium Method, Cohesion and Deep Friction Angles.

**Abstrak. PT Indocement Tunggal Prakarsa (PT ITP) Palimanan** merupakan perusahaan pertambangan yang menambang batuan gamping sebagai bahan semen, dimana metode penambangannya dilakukan dengan cara tambang terbuka dengan metode *quarry*, baik dengan metode *pit type* ataupun *side hill type*, pada *quarry* A mengalami kelongsoran yang terjadi pada *section* A1, maka dari itu perlu dilakukan peninjauan kembali pada *section* ini dengan dilakukannya *back analysis* agar didapatkan geometri yang aman untuk kegiatan penambangan ataupun dilakukannya perubahan arah penambangan dikarenakan jumlah cadangan yang masih banyak. Perhitungan geometri lereng yang tepat akan sangat menjamin kegiatan penambangan yang aman serta efisien, dan untuk mewujudkannya diperlukan perencanaan yang matang agar tidak terjadinya kecelakaan yang terulang di lapangan, dimana kemantapan lereng adalah suatu faktor yang sangat penting pada kegiatan penambangan karena di dalamnya menyangkut mengenai keselamatan kerja baik untuk manusia maupun peralatan serta kelancaran kegiatan produksi. Pengumpulan data studi geoteknik pada tambang batugamping terbuka PT ITP Palimanan ini meliputi pemetaan geoteknik dan pengamatan model kelongsoran yang terjadi. Data hasil input parameter diperoleh dari hasil pengujian laboratorium oleh PT ITP Palimanan. Studi geoteknik yang dilakukan adalah analisis kelongsoran *section* A1 s.d A3 dan analisis pengaruh patahan di area *section* A7 s.d A9. Metode analisis yang digunakan dalam analisis kelongsoran *section* A1 s.d A3 adalah metode analisis balik. Analisis balik dilakukan pada lereng yang mengalami longsor, karena akan berbeda nilai massa batuan. Metode analisis balik ini dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter massa batuan yang baru, yaitu nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut gesek dalam ( $\phi$ ). Nilai  $c$  dan  $\phi$  yang didapat, diasumsikan mewakili nilai massa batuan yang sebenarnya di lapangan. Dari hasil pemodelan dan analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, penyebab terjadinya kelongsoran adalah kemiringan lereng yang curam, pengaruh air hujan / air tanah. Hasil analisis balik kelongsoran *section* A1 s.d A3, didapat parameter massa batuan baru, yaitu untuk litologi *Limestone* ( $c = 155$  kPa,  $\phi = 22^\circ$ ), *Lime-rich* ( $c = 163$  kPa,  $\phi = 21,5^\circ$ ), *Lime-marly* ( $c = 192$  kPa,  $\phi = 21^\circ$ ) *Clay-rich* ( $c = 113$  kPa,  $\phi = 16,5^\circ$ ), dan *Claystone* ( $c = 109$  kPa,  $\phi = 17,5^\circ$ ). Kemudian, untuk perubahan arah penambangan pada A7 s.d A9 dilakukan analisis balik dengan diperoleh perubahan desain yaitu *overall slope*  $20^\circ$  untuk tinggi total 72,5 m.

**Kata Kunci: Analisis Balik, Limit Equilibrium Method, Kohesi dan Sudut Gesek Dalam.**

## 1. Pendahuluan

PT Indosemen Tunggal Prakarsa Palimanan merupakan perusahaan pertambangan yang menambang batuan gamping sebagai bahan semen, dimana metode penambangannya dilakukan dengan cara tambang terbuka dengan metode *quarry*, baik dengan metode *pit type* ataupun *side hill type*, pada *quarry* A mengalami kelongsoran yang terjadi pada *section* A1, maka dari itu perlu dilakukan peninjauan kembali pada *Section* ini dengan dilakukannya *back analysis* agar didapatkan geometri yang aman untuk kegiatan penambangan ataupun dilakukannya perubahan arah penambangan dikarenakan jumlah cadangan yang masih banyak.

Perhitungan geometri lereng yang tepat akan sangat menjamin kegiatan penambangan yang aman serta efisien, dan untuk mewujudkannya diperlukan perencanaan yang matang agar tidak terjadinya kecelakaan yang terulang di lapangan, dimana kemantapan lereng adalah suatu faktor yang sangat penting pada kegiatan penambangan karena di dalamnya menyangkut

mengenai keselamatan kerja baik untuk manusia maupun peralatan serta kelancaran kegiatan produksi

Maksud dari kegiatan penelitian ini adalah untuk *redesign* geometri lereng tambang terbuka batugamping berdasarkan data yang diperoleh dari hasil *back analysis*. Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui parameter kekuatan batuan berdasarkan analisis balik.
2. Mengetahui geometri lereng yang optimal.
3. Mengetahui rekomendasi desain ulang (*redesign*) pada lereng yang ada (*existing slope*).
4. Mengetahui rekomendasi perubahan arah penambangan untuk menjaga nilai FK yang aman.

## 2. Landasan Teori

Metode kesetimbangan batas merupakan metode yang sangat populer yang digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng tipe gelinciran translasional dan rotasional. Metode ini relatif sederhana, mudah digunakan, serta telah terbukti keandalannya dalam praktek rekayasa selama bertahun-tahun.

Pada metode ini, perhitungan analisis kestabilan lereng hanya menggunakan kondisi kesetimbangan statik dan mengabaikan adanya hubungan tegangan-regangan pada lereng. Asumsi lainnya yaitu geometri dari bidang runtuh harus diketahui dan ditentukan terlebih dahulu.

Kondisi kestabilan lereng dalam metode kesetimbangan batas dinyatakan dalam indeks faktor keamanan. Faktor keamanan dihitung menggunakan kesetimbangan gaya, kesetimbangan momen, atau menggunakan kedua kondisi kesetimbangan tersebut tergantung metode perhitungan yang dipakai.

Suatu massa batuan dapat dianggap kontinu jika masuk pada salah satu kategori berikut (Franklin dan Dusseault, 1989):

1. Massa batuan dari kekar (kekar sangat sedikit dan formasi batuan sangat massif).
2. Kekar yang terdapat pada massa batuan sama kuatnya dengan batuan utuh (*Intactrock*) karena kekar tersebut kasar, tidak kontinu, dan terpisah dengan jarak yang lebar.
3. Kekar yang terdapat pada massa batuan terkuat akibat tekanan yang dipengaruhi oleh kedalaman.
4. Kekar pada massa batuan sangat dekat hingga dapat diuji dalam skala laboratorium yang sangat besar dalam pengujian lapangan.

Stabilitas suatu lereng secara sederhana diindikasikan dengan nilai Faktor Keamanan (FK) yang merupakan rasio antara gaya penahan dan gaya penggerak. Dalam ranah probabilitas, kedua input parameter, baik gaya penahan maupun gaya penggerak, merupakan fungsi dari variabel acak yang berdistribusi probabilitas. Dengan mengombinasikan keduanya, probabilitas kelongsoran akan didapatkan.

Konsep dasar sederhana dari probabilitas (kemungkinan) longsor suatu lereng dengan menggambarkan FK sebagai fungsi variabel acak yang berdistribusi probabilitas. Probabilitas Kelongsoran (PK) dihitung sebagai rasio antara area pada distribusi FK, 1 dibagi dengan total area pada kurva distribusi probabilitas.

SRK Consulting (2010) membuat hubungan sederhana untuk kriteria probabilitas kelongsoran pada lereng tambang (dilihat pada tabel 1)

**Tabel 1** Kriteria PK Pada Lereng Tambang

Jenis Lereng	Dampak Longsoran	FK (min) (Statik)	FK (min) Dinamis	PK <sub>max</sub> P[FK<1]
Tunggal/Jenjang ( <i>bench</i> )	Low – High	1.1	NA	25 – 50%
Multi Jenjang ( <i>Intercamp</i> )	Low	1.15 – 1.2	1	25 %
	Medium	1.2	1	20 %

Keseluruhan ( <i>Overall</i> )	High	1.2 – 1.3	1.1	10 %
	Low	1.2 – 1.3	1	15 -20 %
	Medium	1.3	1.05	5 – 10 %
	High	1.5	1.1	≤ 5%

### 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### 3.1 Input Parameter Aktual

Analisis kemandapan lereng keseluruhan bertujuan untuk menentukan tingkat kemandapan suatu lereng dengan membuat model pada sudut dan tinggi tertentu. Hasil dari analisis ini adalah rekomendasi tinggi lereng maksimum yang diizinkan dalam sudut tertentu. Analisis kemandapan lereng ini menggunakan acuan input parameter sebagai berikut (Dilihat pada tabel 2).

**Tabel 2** Input Parameter Pada Section A1, A2 dan A3

Section 9' (Tenggara)		Berat Jenis (MN/m <sup>3</sup> )	Pick		Kedalaman (m)
Material	Pendekatan		Øp (deg)	Cp (Mpa)	
Claystone	GT04/04	0,0207	26,96	0,156	16,03-16,45
Limestone	GT04/19,21	0,0285	36,88	0,233	93,25-96,6
Lime-Marly	GT01/42	0,0272	34,32	0,269	212-213
Lime-rich	GT03/07,09	0,0286	35,89	0,236	109,4-112,4
Clay-rich	GT04/16,17	0,0214	29,74	0,151	76,7-77,45

#### 3.2 FK Lereng Existing Section A1, A2 dan A3

Berdasarkan hasil analisis kemandapan lereng yang dilakukan di atas pada *section* A1 s.d A3 dengan 3 kondisi MAT 5, MAT 3 dan aktual didapatkan hasil rekapitulasi (dapat dilihat pada tabel 3).

**Tabel 3** Rekapitulasi FK Lereng Existing Section A1,A2 dan A3

Section	Tinggi Lereng	Sudut Lereng	MAT 5	MAT 3	MAT Aktual
A1	107 m	19	1,532	1,82	1,829
A2	76 m	19	1,96	2,23	2,243
A3	53 m	14	3,08	3,232	3,35

#### 3.3 Interval Kohesi dan Sudut Gesek Dalam Untuk Back Analysis

Pertama, melakukan rekonstruksi geometri lereng ke kondisi sebelum terjadinya longsor (lereng desain) yang selanjutnya dilakukan analisis balik (*back analysis*) dengan input parameter lama. Melakukan analisis balik dengan input parameter bobot isi, kohesi dan sudut gesek dalam. Kemudian mensimulasikannya sebanyak 1000 kali dengan interval kohesi dan sudut gesek dalam, seperti tabel berikut ini (dilihat pada tabel 4).

**Tabel 4** Interval Kohesi dan Sudut Gesek Dalam Untuk *Back Analysis*

Material	Kohesi (Kpa)	Standar Deviasi	Sudut Gesek Dalam (°)	Standar Deviasi
----------	--------------	-----------------	-----------------------	-----------------

	Rel Min	Rel Max	Kohesi	Rel Min	Rel Max	Sudut Gesek Dalam
Limestone	120	240	50,4	17	38	9
ALC Limestone Rich	128	245	49	16,5	37	8,7
Marly Limestone	147	280	55,2	16	36	8,5
ALC Claystone Rich	78	175	40,1	9,5	28	7,6
Clay	70	170	41,2	8	31	8

### 3.4 Rekapitulasi FK Optimasi Hasil Redesign

Dari hasil *redesign* yang dilakukan berdasarkan input parameter hasil analisis balik didapatkan data optimasi lereng dengan penurunan OAS (*Overall Angle Slope*) pada *section* A1, A2 dan A3 hingga memiliki nilai FK yang aman (dapat dilihat pada tabel 5).

**Tabel 5** Rekapitulasi FK Optimasi Hasil Redesign

Section	Sudut	Tinggi (m)	FK	PK (%)
A1	19	106	0,975	51
	18	102	1,066	36,3
	17	106	1,092	30,4
	16	106	1,134	25,7
	15	106	1,165	23,9
	14	106	1,202	20,5
	13	106	1,262	14,8
	12	106	1,359	8,4
Section	Sudut	Tinggi (m)	FK	PK (%)
A2	19	74	1,216	8
	18	74	1,263	6
	17	76	1,31	4,3
	16	76	1,356	2
A3	23	65	1,247	7,7
	22	65	1,303	4,7
	21	65	1,343	4,6
	20	65	1,373	4,4
	19	65	1,399	3,3
	18	65	1,435	2,4
	17	65	1,472	1,9
	16	65	1,506	1,4
15	65	1,549	1,2	
14	53,5	1,893	0	

Keterangan    : Rekomendasi

### 3.5 Rekomendasi Geometri Pit Limit Perubahan Arah Penambangan

Analisis untuk perubahan arah penambangan dimaksudkan untuk mengambil bahan galian yang tidak terambil pada *section* A1 s.d A3 maka dilakukan perubahan pada *Section* A7 s.d

A9 dengan jarak 100 m.

Dengan menggunakan geometri lereng aktual dan input parameter menggunakan hasil dari *back analysis*, MAT jenuh, dengan beberapa simulasi yang dilakukan maka direkomendasikan untuk perubahan arah penambangan pada *section* A7,A8 dan A9 digunakan rekomendasi *pit limit* sebagai berikut (dilihat pada tabel 6).

**Tabel 6** Rekomendasi Geometri Pit Limit Perubahan Arah Penambangan

Ketinggian	Sudut	A7		A8		A9	
		FK	PK (%)	FK	PK (%)	FK	PK (%)
65	20	1,424	0,6	1,603	0,5	1,396	0,8
67,5	20	1,393	1,2	1,569	0,6	1,392	1
70	20	1,341	2,5	1,546	0,6	1,384	1,6
72,5	20	1,284	4,7	1,462	1,1	1,374	2,1
75	20	1,238	9,8	1,4	1,6	1,365	2,3
77,5	20	1,190	13,2	1,343	2,6	1,358	2,8
80	14	1,257	16,6	1,4	1,3	1,78	0,2
80	15	1,230	18,6	1,379	1,9	1,689	0,3
80	16	1,205	20,3	1,353	2,4	1,608	0,5
80	17	1,185	22,8	1,335	2,6	1,533	0,8
80	18	1,176	23,5	1,315	3	1,467	1,3
80	19	1,158	24,5	1,307	3,5	1,408	2
80	20	1,139	25,9	1,294	3,9	1,347	3,3
Keterangan :			Rekomendasi				

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Input parameter yang digunakan pada *Back Analysis* pada *Section A* dengan nilai FK 0,975 dengan probabilitas kelongsoran 52,8% didapatkan nilai kohesi dan sudut gesek dalam untuk litologi *Limestone* adalah  $c = 155$  kPa,  $\phi = 22^\circ$ , *Lime-rich* adalah  $c = 163$  kPa,  $\phi = 21,5^\circ$ , *Lime-marly* adalah  $c = 192$  kPa,  $\phi = 21^\circ$ , *Clay-rich* adalah  $c = 113$  kPa,  $\phi = 16,5^\circ$  dan *Claystone* adalah  $c = 109$  kPa,  $\phi = 17,5^\circ$ .
2. Berdasarkan hasil pemodelan lereng *existing* dengan kondisi MAT 5 didapatkan data pada *section A1* dengan tinggi 107 m, sudut  $19^\circ$  dan FK sebesar 1,532, *section A2* dengan tinggi 76 m, sudut  $19^\circ$  dan FK sebesar 1,96, dan pada *section A3* dengan tinggi 53 m, sudut  $14^\circ$  dan FK sebesar 3,08.
3. Dari Hasil *Back Analysis* yang digunakan pada *section A1* dan *A2* yang kemungkinan mengalami longsor karena nilai FK kurang dari 1,25 didapatkan geometri hasil *redesign A1* dengan tinggi 106 m, sudut  $13^\circ$  dan FK sebesar 1,262, untuk *section A2* dengan tinggi 74 m, sudut  $18^\circ$  dan FK sebesar 1,263, dan untuk *A3* dilakukan optimasi dengan membuat kedalaman 65 m dengan sudut  $22^\circ$  didapatkan FK 1,303.
4. Perubahan arah penambangan yang dilakukan pada *Section A7*, *A8* dan *A9* didapatkan rekomendasi lereng dengan *Overall Slope Angle*  $20^\circ$ , ketinggian lereng 72,5 meter dengan FK terkecil 1,384 dengan probabilitas kelongsoran 4,7%.

#### 5. Saran

1. Input parameter yang paling berpengaruh pada lereng yaitu litologi clay dengan sudut gesek dalam yang paling berpengaruh maka dalam pembentukan lereng tidak dianjurkan untuk dibuat menjadi jenjang.

2. Pada hasil *redisgn* lereng *section* A1 dianjurkan untuk hanya mengubah sudut penambangan itupun dengan menarik toe sepanjang  $\pm 150$  m maka tidak dianjurkan meneruskan penambangan yang ada dan juga memperdalam karena pada kedalaman 110 meter ini sudut menjadi pit limit.
3. Pada perubahan arah penambangan disarankan dibuat penampang lagi dibawah *section* A9 dengan jarak 100 meter seperti jarak sebelumnya agar didapat lereng perubahan yang lebih baru.

### Daftar Pustaka

- [1] Anonym, "Slide ver. 6.0 Software", Rockscience.
- [2] Arif Irwandy, 2016 "Geoteknik Tambang", Bandung, Institut Teknologi Bandung
- [3] Bienawski Z.T., 1989, "Engineering Rock Mass Classification", Newyork,
- [4] Ganang N.M.A, Sulistiano B, Karian T, "Analisis Longsoran Bidang Studi Kasus Pada Lereng Pit Hakam PT KBK di Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah", jurnal Geomine Vol 6 No 3: Desember 2018
- [5] Giani, G. P., 1992, "Rock Slope Stability Analysis", Rotterdam, Belkema
- [6] Hoek, Bray, 1981. "Rock Slope Stability", London.
- [7] qbal, Fauzan Arif M., STUDI GEOTEKNIK PADA LERENG LOW WALL PIT LISAT PT TEGUH SINAR ABADI DI DESA MUARA BUNYUT KECAMATAN MELAK, KABUPATEN KUTAI BARAT, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR". Universitas Islam Bandung
- [8] Krahn, J, 2004. "Stability Modelling with Slope/W", 1st Edition GEOSLOPE/W International, ltd. Canada
- [9] Syarifah, Muhsabah., "STUDI GEOTEKNIK UNTUK REDESIGN GEOMETRI LERENG LOW-WALL PADA TAMBANG BATUBARA DI PT ANTANG GUNUNG MERATUS, KABUPATEN TAPIN, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN". Universitas Islam Bandung
- [10] Rai M.A, Karmadibrata S, Wattimena R.K, "Mekanika Batuan", Bandung, Institut Teknologi Bandung
- [11] Suratha, G., 1994, "Kemantapan Lereng", Direktorat Jendral Pertambangan Umum Pusat Pengembangan Tenaga Pertambangan, Bandung