

Kestabilan Geometri Lereng Bukaan Tambang Batubara di PT. Pasifik Global Utama Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan

¹Zulkifli Yadi

¹Prodi Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,

Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116

email: ¹Yadi_virus@yahoo.com, ²zulkifliyadi@gmail.com

Abstrak. Dalam perencanaan tambang terbuka, di samping cadangan bahan galian, teknis penambangan, ekonomi, dan lingkungan, Terkait faktor keamanan yang penting dalam operasi penambangan terbuka yaitu kestabilan lereng. PT. Pasifik Global Utama Melakukan kajian geoteknik untuk mendukung rencana penambangan batubara dengan memaksimalkan kemiringan dan ketinggian lereng untuk optimalisasi penambangan yang diperkirakan masih aman. Penentuan desain lereng bukaan tambang didasarkan atas hasil kajian geoteknik, yang difokuskan pada pemodelan dan analisis kemantapan lereng menggunakan metode keseimbangan batas. Analisis kemantapan lereng dilakukan pada lereng keseluruhan, lereng tunggal dan lereng timbunan. Hasil analisis pada kemantapan lereng akhir rencana section X-31 dengan sudut 40 derajat dengan elevasi +50m, tinggi lereng maksimum 50m, dan FK=1,5, lereng akhir section X-25 dengan sudut 50 derajat dengan elevasi +60m, tinggi lereng maksimum 45m, dan FK=1,5, tinggi lereng X-19 dengan sudut 50 derajat dengan elevasi +40m, tinggi lereng maksimum 47m, dan FK=1,5, lereng akhir section X-28 dengan sudut 40 derajat dengan elevasi +30m, tinggi lereng maksimum 59m, dan FK=1,5, lereng akhir section X-23 dengan sudut 50 derajat dengan elevasi +60m, tinggi lereng maksimum 50m, dan FK=1,5. Hasil analisis pada lereng tunggal Sudut (α)=70⁰, tinggi jenjang maksimum (H) =10m dengan FK = Diatas kriteria stabilitas (1,3). hasil analisis pada lereng timbunan sudut (α)=15⁰, tinggi maksimum (H)=40m, dan FK=1,94, Sudut (α)=20⁰, tinggi maksimum (H)=30m, dan FK=1,68, Sudut (α)=25⁰, tinggi maksimum (H)=30m, dan FK=1,53, Sudut (α)=30⁰, tinggi maksimum (H)=20m, dan FK=2,01, Sudut (α)=35⁰, tinggi maksimum (H)=20m, dan FK=1,96, Sudut (α)=40⁰, tinggi maksimum (H)=20m, dan FK=1,9.

Kata Kunci : Geoteknik

A. Pendahuluan

1. Latar Belakang

PT. PACIFIC GLOBAL UTAMA (PT. PGU) bermaksud untuk membuka tambang batubara baru di Desa Pulau Panggung dan Desa Tanjung Lalang, Kecamatan Tanjung Agung Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan.

Sebelum melakukan kegiatan eksploitasi PT. PGU memerlukan sebuah kajian untuk menilai apakah cadangan yang ditemukan layak untuk ditambang. Salah satu kajian teknis yang harus dimiliki oleh perusahaan dalam mendukung desain penambangan adalah Kajian Geoteknik, yaitu sebuah kajian untuk menentukan desain (kemiringan dan tinggi lereng) yang diperkirakan akan stabil sampai kegiatan penambangan selesai.

Mengacu kepada kaidah dalam ilmu pertambangan, prinsip dasar yang harus dianut dalam mendesain bukaan tambang adalah kemiringan bukaan tambang dibuat

atas dasar sudut lereng bukaan tambang optimal, dalam arti cukup stabil untuk waktu minimal seumur tambang dengan sudut kemiringan maksimal yang dapat dibuat untuk meminimalkan jumlah penggalian *waste*.

Penentuan desain lereng bukaan tambang yang optimal, didasarkan atas hasil dari studi geoteknik yang difokuskan pada pemodelan dan analisis *slope-stability*, yang didukung data memadai dan representatif, terutama data sifat fisik dan mekanik massa batuan dari lapisan batuan paling atas (*top*) sampai dengan lapisan di bawah lapisan batubara terbawah yang akan ditambang.

2. Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari studi ini adalah melakukan analisis kemantapan lereng untuk mendukung rencana penambangan batubara tambang terbuka berdasarkan data hasil uji laboratorium dari contoh geoteknik yang telah diambil pada 7 titik bor geoteknik agar dapat direkomendasikan desain sudut dan kedalaman lereng akhir bukaan tambang. Selain rekomendasi lereng akhir, dalam studi ini akan dimuat pula rekomendasi hasil analisis lereng tunggal dan lereng timbunan.

B. Landasan Teori

1. Geoteknik

Geoteknik adalah salah satu dari banyak alat dalam perencanaan atau design tambang, data geoteknik harus digunakan secara benar dengan kewaspadaan dan dengan asumsi-asumsi serta batasan-batasan yang ada untuk dapat mencapai hasil seperti yang diinginkan.

Dalam penambangan secara tambang terbuka (*open pit*), sudut kemiringan adalah satu faktor utama yang mempengaruhi bentuk dari *final pit* dan lokasi dari dinding-dindingnya. Dikarenakan dari perbedaan dari keadaan geologinya, maka kemiringan optimum dapat beragam diantara berbagai pit dan bahkan dapat beragam pula dalam satu pit yang sama. Sudut pit pada umumnya dapat dikatakan sebagai sejumlah *waste* yang harus dipindahkan untuk menambang bijih.

2. Lereng alami

Secara umum lereng dapat diartikan sebagai “permukaan yang bentuknya miring terhadap bidang horizontal”. Lereng dapat dibedakan menjadi lereng alam dan lereng buatan. Lereng Alam merupakan lereng yang terbentuk karena proses demodasi dalam hal ini misalkan lereng suatu bukit atau gunung.

3. Lereng buatan

Lereng buatan adalah lereng yang terbentuk akibat aktivitas manusia misalnya pada penggalian suatu tambang atau konstruksi galian pada pekerjaan teknik sipil. Pada pembahasan ini dibatasi pada pengertian lereng untuk suatu galian tambang.

Beberapa jenis lereng bukaan tambang terdiri atas beberapa geometri sebagai berikut:

- *Single slope*, lereng tunggal yang terbentuk dari satu jenjang *bench* yang terdiri dari tinggi lereng (sama dengan tinggi *bench*), sudut lereng, kaki lereng *Toe*, dan siku lereng *Crest*.

- *Inter-ramp slope*, lereng yang terbentuk antar jalan tambang, dapat terbentuk dari beberapa jenjang *benches*.
- Lereng keseluruhan *Overall Pit Slope*, lereng yang terbentuk dari *Crest* teratas dan *Toe* terbawah, dengan tinggi total lereng sama dengan kedalaman bukaan tambang.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Geometri model bukaan tambang meliputi kedalaman dan kemiringan lereng *overall* yang akan menentukan banyaknya cadangan batubara tertambang (*mineable reserves*) dan *waste* yang harus digali, ini dikenal dengan istilah *waste-coal ratio* atau *stripping ratio (SR)*.

Dalam studi geoteknik ini, pemodelan dan analisis kemandapan lereng akan menggunakan pemodelan numerik metode kesetimbangan batas. Tahapan proses dalam pemodelan ini meliputi tahapan sebagai berikut :

- Mempersiapkan geometri lereng dan input parameter,
- Memasukkan input parameter,
- Mengeksekusi model,
- Menginterpretasi hasil pemodelan.

Analisis kemandapan lereng bertujuan untuk mengetahui kondisi stabilitas lereng bukaan tambang yang akan terbentuk sesuai dengan rencana penambangan (*pit plan*) yang dibuat. Kemandapan suatu lereng tergantung dari beberapa faktor sebagai berikut :

- Geometri lereng
- Kekuatan massa batuan/tanah penyusun lereng
- Orientasi umum arah struktur bidang lemah (diskontinuitas)
- Kondisi air tanah (terutama tinggi level air)
- Beban luar yang berkerja (beban statik maupun dinamik)

1. Sampling dan Hasil Uji Geoteknik

Kegiatan sampling geoteknik bertujuan untuk mendapatkan sampel tidak terganggu (*undisturbed sample*) untuk diuji di laboratorium. Pemboran geoteknik telah dilakukan di 7 (tujuh) titik dengan lokasi yang telah ditentukan. Sampel geoteknik yang diambil dari 7 titik lokasi bor yang cukup representatif untuk diuji adalah sebanyak 83 paket sampel yang kemudian diuji di laboratorium mekanika batuan Universitas Islam Bandung (UNISBA). Jenis uji dan hasilnya disajikan dalam Tabel 4.2 s/d 4.8 di bawah ini. Pengujian contoh geoteknik, meliputi uji kuat tekan (σ_c , E), kuat tarik, uji geser langsung (c_r , Φ_r), dan sifat-sifat fisik dasar.

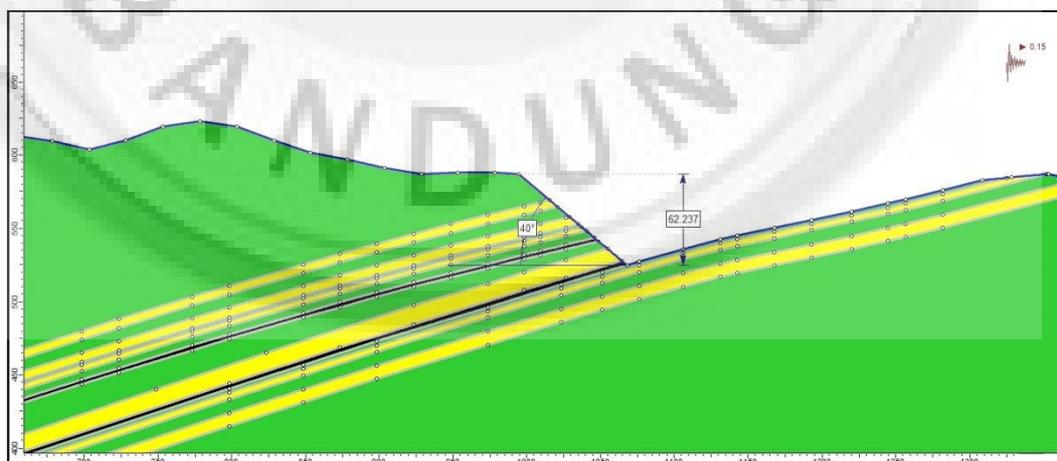
No	Sample Code	Lithology	Cohesion (Mpa)	Internal Friction Angle (°)	density natural (gr/cc)	density jenuh (gr/cc)	Kuat Tekan (Mpa)	Modulus Young (Mpa)	Poisson ratio
1	GT-01 (1)	Claystone	0.200	11.30	2.09	2.278	1.195	733.33	0.333
2	GT-01 (2)	Sandstone	0.225	16.32	2.083	2.279	1.258	183.333	0.400
3	GT-01 (3)	Sandstone	0.225	16.32	2.083	2.279	1.258	183.333	0.400
4	GT-01 (4)	Claystone	0.280	10.36	2.034	2.261	1.324	511.111	0.182
5	GT-01 (5)	Claystone	0.290	6.19	2.069	2.296	1.382	457.143	0.364
6	GT-01 (6)	Coal	0.325	13.26	1.207	1.368	2.411	145.714	0.222
7	GT-01 (7)	Claystone	0.400	11.30	2.073	2.338	1.385	433.333	0.400
8	GT-01 (8)	Sandstone	0.485	8.05	2.073	2.338	1.301	120.000	0.400
9	GT-01 (9)	Coal	0.325	13.26	1.207	1.368	2.750	179.3478	0.238
10	GT-01 (10)	Claystone	0.485	8.05	2.031	2.293	1.204	184.211	0.400
11	GT-01 (11)	Sandstone	0.338	6.31	2.067	2.248	1.264	219.048	0.293
12	GT-01 (12)	Sandstone	0.500	7.33	2.051	2.244	1.321	258.333	0.400

2. Analisis kemantapan lereng keseluruhan (*overall pit slope*)

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

- **Geometri lereng**

Model disimulasikan pada variasi sudut 30^0 , 40^0 , dan 50^0 . Posisi kaki lereng (TOE) lereng divariasikan untuk setiap penurunan/kenaikan elevasi 10m. Adapun tinggi lereng menyesuaikan mengikuti perubahan sudut, elevasi kaki lereng, dan topografi. Skema pemodelan disajikan sebagaimana pada Gambar dibawah ini.



- **Input parameter**

Input parameter geoteknik (sifat fisik dan mekanik) batuan untuk semua lapisan pembentuk lereng model ditentukan berdasarkan karakterisasi massa batuan hasil dari

hasil uji laboratorium geoteknik, database hasil uji yang pernah dilakukan dengan beberapa penyesuaian.

No	Material	Bobot Isi (kN/m ³)	Kohesi (kN/m ²)	Sudut Geser Dalam (...°)
1	Claystone	19,95	255	7.57
2	Sandstone	20,89	290	7.2
3	Claystone	19,95	255	7.57
4	Sandstone	21,61	225	11.67
5	Claystone	20,05	255	7.57
6	coal	13,50	280	13.54
7	Claystone	19,83	255	7.57
8	Sandstone	2.17	215	8.37
9	coal	13,08	300	13.41
10	Claystone	20,4	250	7.69
11	Sandstone	21,70	215	8.37
12	Claystone	20,03	240	10.65
13	Sandstone	21,70	215	8.37
14	Claystone	20,06	290	6.19

- **Asumsi muka air tanah**

Muka air tanah diasumsikan mengikuti topografi dan muka lereng. Asumsi ini digunakan untuk mengantisipasi kondisi lereng yang jenuh karena hujan dengan intensitas tinggi. Selain itu di lokasi penyelidikan terdapat sungai besar yang memungkinkan kondisi lereng dalam kondisi jenuh air.

- **Beban dinamik**

Daerah penyelidikan termasuk daerah berkemungkinan terkena dampak getaran dinamik yang disebabkan oleh gempa, sehingga model disimulasikan dengan memperhitungkan faktor gempa di lokasi penyelidikan sebesar 0,15g, sebagaimana ditampilkan pada Gambar dibawah ini.

- **Kriteria Stabilitas**

Stabilitas lereng, yang dinyatakan dengan faktor keamanan lereng (FK), adalah angka perbandingan kekuatan geser (*shear strength*) massa batuan yang dapat dikerahkan untuk menahan lereng tidak longsor dengan tegangan geser (*shear stress*) yang berkerja pada bidang longsor (bidang gelincir) karena gaya beratnya untuk mendorong lereng itu longsor. Secara teoritis $FK > 1,0$ adalah stabil dan $FK < 1,0$ adalah longsor dan tepat $FK = 1,0$ kondisi kritis. Namun, dengan mempertimbangkan banyak faktor ketidak-pastian yang terjadi dalam membuat model lereng, input parameter geoteknik dan lain sebagainya, serta resiko yang akan dihadapi jika terjadi

kelongsoran lereng, maka kriteria stabilitas yang umumnya digunakan pada tambang terbuka **FK = 1,2 – 1,5**. Untuk lereng keseluruhan (overall pit slope) untuk tambang yang berskala besar, rekomendasi dari pengawas (regulator) adalah **FK = 1,5**. Dalam kondisi yang sangat ketat dari aspek keekonomian, jika ketersediaan data sangat komprehensif, representatif, dan dikung analisis yang cermat oleh tenaga ahli profesional, **FK = 1,2** masih bisa diterima.

- **Metode analisis**

Model yang telah disiapkan akan dioperasikan dengan sebuah paket program yang menggunakan metode kesetimbangan batas, dengan asumsi longsoran yang digunakan berbentuk sirkular.

Dengan menggunakan acuan dan pendekatan tersebut di atas, selanjutnya model dieksekusi satu per satu. Berdasarkan variasi sudut dan tinggi lereng yang telah ditetapkan, maka model yang akan dianalisis sebanyak 150 buah dengan rekapitulasi hasil simulasi, Model disimulasikan untuk dua kondisi yaitu dengan kondisi pembebanan dinamik akibat gempa ($f = 0,15 g$) dan tanpa beban gempa ($f = 0 g$).

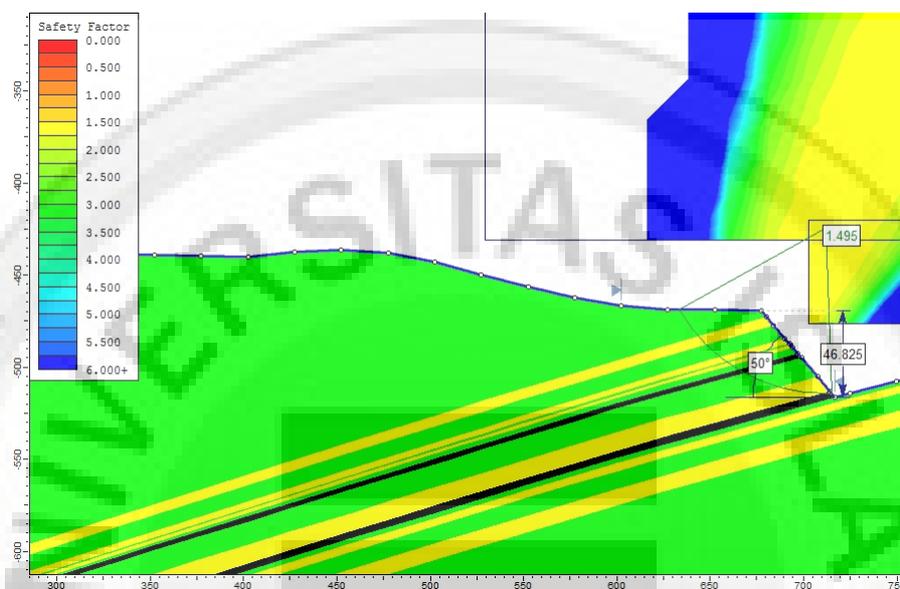
Rekapitulasi Hasil Analisis Kemantapan Lereng

SUDUT (... ^o)	ELEVASI (m)	TINGGI (m)	FK	
			f = 0,15 g	f = 0 g
30	0	117	0,9	1,2
	10	108	0,9	1,3
	20	98	1,0	1,4
	30	67	1,1	1,6
	40	47	1,6	2,4
40	0	119	0,8	1,0
	10	107	0,8	1,1
	20	81	0,9	1,3
	30	59	1,2	1,7
	40	47	1,6	2,2
50	0	118	0,7	0,9
	10	95	0,7	1,0
	20	73	0,9	1,2
	30	57	1,2	1,5
	40	47	1,5	1,9

Keterangan :

-  = Dibawah kriteria stabilitas
-  = Masuk dalam kriteria stabilitas
-  = Rekomendasi

Section ini terletak di bagian selatan Pit E. Berdasarkan rencana desain PIT per Juli 2014, di *Section* ini direncanakan kedalaman tambang berada pada elevasi +20m dengan sudut lereng 40^0 , tinggi lereng ± 61 meter. Hasil simulasi untuk kondisi pembebanan dinamik menunjukkan bahwa desain tersebut tidak stabil dengan $FK = 0,9$ (Tabel 4.16). Oleh sebab itu, desain PIT tersebut sebaiknya direvisi menjadi 50 derajat dengan elevasi penambangan dinaikan ke elevasi +40m, dan tinggi lereng maksimum 47m.



Output model ($\alpha = 50^0$, Elev=+40m, H = 47m, FK=1,5)

D. Kesimpulan

Dari studi geoteknik yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- 1) Rekomendasi untuk desain lereng keseluruhan pit penambangan (*Overall pit-slope*) penambangan PIT E :
 - *Section* X-31, Sudut (α)= 40^0 , tinggi maksimum (H)=50m, FK=1,5, dengan rencana alat gali menggunakan PC 200
 - *Section* X-25, Sudut (α)= 50^0 , tinggi maksimum (H)=45m, FK=1,5, dengan rencana alat gali menggunakan PC 200
 - *Section* X-19, Sudut (α)= 50^0 , tinggi maksimum (H)=47m, FK=1,5, dengan rencana alat gali menggunakan PC 200
- 2) Rekomendasi untuk desain lereng keseluruhan pit penambangan (*Overall pit-slope*) penambangan PIT J:
 - *Section* X-28, Sudut (α)= 40^0 , tinggi maksimum (H)=59m, FK=1,5, dengan rencana alat gali menggunakan PC 200
 - *Section* X-23, Sudut (α)= 50^0 , tinggi maksimum (H)=60m, FK=1,5, dengan rencana alat gali menggunakan PC 200
- 3) Rekomendasi untuk lereng tunggal pit penambangan (*single slope*) yaitu : Sudut (α)= 70^0 , tinggi jenjang maksimum (H) =10m, dengan rencana alat gali menggunakan PC 200
- 4) Rekomendasi lereng keseluruhan timbunan (*overall waste-dump slope*), yaitu :

- Sudut (α)=15⁰, tinggi maksimum (H)=40m, FK=1,94
- Sudut (α)=20⁰, tinggi maksimum (H)=30m, FK=1,68
- Sudut (α)=25⁰, tinggi maksimum (H)=30m, FK=1,53
- Sudut (α)=30⁰, tinggi maksimum (H)=20m, FK=2,01
- Sudut (α)=35⁰, tinggi maksimum (H)=20m, FK=1,96
- Sudut (α)=40⁰, tinggi maksimum (H)=20m, FK=1,9

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2008, **Diktat Penuntun Pratikum Mekanika Tanah**, Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung, Bandung.
- Anonim, 2004A, **Peta Administrasi Sumatera Selatan**, Sumatera.
- Anonim, 2004B, **Peta Topografi Citra SRTM Sumatera Selatan**, Sumatera.
- Bieniawski, Z. T., 1984, **Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling**, A. A. Balkema, Rotterdam.
- Bishop, A.W. 1955, **The Use the Slip Circle in the Stability Analisis of Slopes**, Geotechnique, Vol 5, No. 1, hal 7-17.
- Hoek, E. & J. W. Bray, 1981, **Rock Slope Engineering**, Revised Third Edition, The Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Kliche, Charles. A. 1999, **Rock Slope Stability**, The Society for Mining, Metallurgy, London, England
- Maryanto, 2008, **“Geoteknika Tambang”**, Diktat Kuliah, Jurusan Teknik Pertambangan UNISBA, Bandung.
- Partanto P. dan Zaenal. 2007, **Buku Ajar Tambang Terbuka**, Universitas Islam Bandung, Bandung.
- S. Gafoer, T. Cobrie dan J. Purnomo, 1986, **Buku Lampiran Peta Geologi Lembar Lahat**, Stratigrafi daerah penelitian cekungan sumatera selatan, Indonesia.
- Sulistijo, Budi, 2002, **Analisis Kemantapan Lereng Batuan**, Khursus Singkat, Geoteknik Terapan Untuk Tambang Terbuka, departemen Teknik Pertambangan ITB, Bandung
- Yuliadi, 2006, **Geoteknik Tambang**, Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung, Bandung.