

## Studi Geoteknik untuk *Redesign* Geometri Lereng *Low-Wall* pada Tambang Batubara di PT Antang Gunung Meratus, Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan

<sup>1</sup>Muhsabah Syarifah, <sup>2</sup>Maryanto, <sup>3</sup>Yuliadi

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,  
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116  
Email: <sup>1</sup>muhsabahsy@gmail.com

**Abstract.** PT Antang Gunung Meratus (PT AGM) is one of the coal mine open corporations in Tapin Regency, South Kalimantan Province. The landslides of low-wall slopes frequently happen in the mining site of PT AGM. The initial hypothesis assumed that the landslides happened because of the slopes geometry that was not in accordance with the initial design in the panel of 13 to 17. The data collection techniques of this geotechnical study upon the coal mine at PT AGM included geotechnical mapping, observation of the landslide model that happened in the site, and boulder sampling for point load test in the laboratory. The data resulted from the parameter input were obtained from the result of the laboratory test by PT AGM. The geotechnical study that was done was the landslide analysis in the panel of 13 to 17, the fault effect analysis in the panel area of 22 to 32, the thin layer of IB L6/L7 analysis, as well as the waste dump slope analysis. The analysis method applied to the landslide analysis in the panel of 13 to 17 as well as the waste dump slope analysis was back analysis method. This analysis was applied to the slopes with landslides since the rock mass value would be different. This back analysis method was also applied to get new rock mass parameter values; they were cohesion value ( $c$ ) and friction angle ( $\phi$ ). The values of  $c$  and  $\phi$  obtained were assumed to represent the actual rock mass values in the site. The landslide back analysis was counted based on the formula developed from the limit equilibrium method (LEM) with the help of Slide version 6.0 software by entering the rock mass parameter until it was got  $FK \sim 1$ . Next, the actual and design slopes were reanalyzed by using the new parameters so that it was got a new  $FK$  value. The slopes condition was made into the saturated condition since there were groundwater seepage in panel 13 at the level of  $\pm 21$  masl so that it was assumed at the worst condition; that was saturated condition. The results of the modeling and analysis showed that the causes of the landslides were because of the slopes' steep inclination, the rain water/groundwater, and the existence of thin interburden layers in some actual slopes which were not in accordance with the design. The landslide back analysis in the panel of 13 to 17 presented new rock mass parameters: clay stone lithology claystone ( $c = 224,4$  kPa,  $\phi = 23,96^\circ$ ), sandstone ( $c = 176,5$  kPa,  $\phi = 22,19^\circ$ ), and coal ( $c = 246,9$  kPa,  $\phi = 24,88^\circ$ ). Furthermore, the back analysis for the waste dump slope landslide in panel 23 showed the design changes: overall slope of  $13^\circ$  for the total waste dump height of 45 m or 50 m and overall slope of  $11^\circ$  for the waste dump slope height of 55 m as it was planned.

**Keywords:** Low-Wall, Landslide, Slope Geometry, Back Analysis, LEM, Cohesion, Friction Angle

**Abstrak.** PT Antang Gunung Meratus (PT AGM) adalah salah satu perusahaan tambang batubara terbuka di Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan. Di lokasi penambangan PT AGM sering terjadi kelongsoran lereng *low wall*. Hipotesa awal diasumsikan kelongsoran terjadi karena geometri lereng yang tidak sesuai dengan desain awal pada Panel 13 s.d 17. Pengumpulan data studi geoteknik pada tambang batubara terbuka PT AGM ini meliputi pemetaan geoteknik, pengamatan model kelongsoran yang terjadi, dan *sampling boulder* untuk uji *point load* di laboratorium. Data hasil input parameter diperoleh dari hasil pengujian lab oleh PT AGM. Studi geoteknik yang dilakukan adalah analisis kelongsoran panel 13 s.d 17, analisis pengaruh patahan di area panel 22 s.d 32, analisis lapisan tipis IB L6/L7, dan analisis *waste dump slope*. Metode analisis yang digunakan dalam analisis kelongsoran panel 13 s.d 17 dan analisis *waste dump slope* 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. Analisis balik longsor dihitung berdasarkan rumus yang dikembangkan dari metode kesetimbangan batas (LEM) dengan bantuan *software Slide* versi 6.0, yaitu dengan cara memasukkan parameter massa batuan hingga mendapatkan  $FK \sim 1$ . Selanjutnya menganalisis kembali lereng desain dan aktual dengan menggunakan parameter baru sehingga didapat nilai  $FK$  yang baru. Kondisi lereng dibuat dalam kondisi jenuh, karena terdapat rembesan air tanah di panel 13 pada level  $\pm 21$  mdpl, sehingga diasumsikan ke dalam kondisi terburuk, yaitu kondisi jenuh. Dari hasil pemodelan dan analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, penyebab terjadinya kelongsoran

diantaranya karena kemiringan lereng yang curam, pengaruh air hujan / air tanah, adanya lapisan interburden yang tipis dan terdapat beberapa lereng aktual yang tidak sesuai dengan desain. Hasil analisis balik kelongsoran panel 13 s.d 17 didapat parameter massa batuan baru, yaitu untuk litologi *claystone* ( $c = 224,4$  kPa,  $\phi = 23,96^\circ$ ), *sandstone* ( $c = 176,5$  kPa,  $\phi = 22,19^\circ$ ), dan *coal* ( $c = 246,9$  kPa,  $\phi = 24,88^\circ$ ). Kemudian, untuk kelongsoran lereng *waste dump* pada panel 23 dilakukan analisis balik dengan diperoleh perubahan desain yaitu *overall slope*  $13^\circ$  untuk tinggi total *waste dump* 45 m atau 50 m, dan *overall slope*  $11^\circ$  untuk tinggi *waste dump slope* 55 m sesuai rencana.

**Kata Kunci:** Low Wall, Kelongsoran, Geometri Lereng, Analisis Balik, LEM, Kohesi, Sudut Gesek Dalam

## A. Pendahuluan

### Latar Belakang

Salah satu masalah yang terkait adalah bahaya kelongsoran lereng tambang akibat lereng yang tidak stabil. Apabila lereng tidak stabil, maka akan mengganggu kegiatan produksi. Perhitungan geometri lereng yang tepat akan menjamin kegiatan penambangan yang aman dan efisien bagi suatu perusahaan tambang. Untuk mewujudkannya, diperlukan perencanaan yang matang agar tidak terjadi kecelakaan kerja di lapangan. PT AGM adalah salah satu perusahaan tambang batubara terbuka di Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan. Di lokasi penambangan PT AGM sering terjadi kelongsoran lereng *low wall* akibat geometri lereng dan perlapisan batuan. Kelongsoran lereng yang cukup besar juga terjadi di panel 13 sampai dengan panel 17 yang diakibatkan oleh geometri lereng, bidang lemah perlapisan batuan, kondisi air tanah, dan lain – lain.

### Tujuan Penelitian

1. Mengetahui penyebab kelongsoran lereng *low-wall* panel 13 s.d 17;
2. Melakukan analisis balik pada lereng panel 13 s.d 17 (*redesign*)
3. Mengetahui pengaruh patahan terhadap stabilitas lereng *low-wall* panel 22 s.d 32;
4. Mengetahui stabilitas lapisan tipis ib 16/17 di lereng *low-wall*;
5. Mengetahui stabilitas lereng timbunan (*waste dump*).

## B. Landasan Teori

Geoteknik merupakan bagian dari rekayasa perencanaan tambang (*mine plan*) yang didasarkan pada pengetahuan yang terkumpul selama sejarah penambangan. Geoteknik sendiri merupakan cabang ilmu geologi yang mempelajari tentang sifat dan karakteristik suatu material (tanah dan batuan). Seorang *mine plan* yang merancang terowongan, jalan raya, bendungan atau yang lainnya memerlukan suatu estimasi bagaimana tanah dan batuan akan merespon tegangan, sehingga dalam hal ini penyelidikan geoteknik merupakan bagian dari uji lokasi yang merupakan dasar untuk pemilihan suatu lokasi. Bagian dari ilmu geoteknik yang berhubungan dengan respon material alami terhadap gejala deformasi disebut dengan geomekanika.

Sebelum melakukan analisis terhadap suatu lereng bukaan tambang, baik untuk mendukung desain maupun dalam rangka mengevaluasi existing slope, terlebih dahulu harus menentukan kemungkinan bentuk longsor yang akan terjadi. Secara umum bentuk longsor dapat dibedakan dalam bentuk circular, longsor bidang, kombinasi keduanya, dan kompleks. Faktor yang berpengaruh terhadap stabilitas atau kelongsoran lereng dapat dikelompokkan menjadi 5 faktor utama (**Gde Suratha**), yaitu sebagai berikut.

1. Geometri lereng, yaitu tinggi dan kemiringan lereng.

2. Sifat fisik-mekanik, kekuatan (terutama kuat geser) dan bobot isi massa batuan pembentuk lereng.
3. Orientasi umum struktur diskontinuitas massa batuan lereng terhadap orientasi muka lereng bukaan tambang.
4. Adanya air tanah di dalam massa batuan lereng
5. Faktor luar sistem lereng, berupa beban luar dan atau getaran (gempa bumi dan akibat peledakan tambang).

Metode kesetimbangan batas (*Limiting Equilibrium Methods*, LEM) secara umum membagi massa batuan menjadi beberapa bagian atau potongan. Gaya yang bekerja pada setiap bagian atau potongan pada lereng diasumsikan. Asumsi inilah yang menjadi kunci perbedaan yang membedakan metode kesetimbangan batas dengan metode lainnya. Metode kestimbangan batas memerlukan massa batuan dengan bidang permukaan yang kontinyu. Bidang permukaan ini sangat penting untuk menentukan *Factor of Safety* (FS) minimum longsor.

Probabilitas kelongsoran (PK) atau *probability of failure* adalah indikator stabilitas lereng berbasis pendekatan statistik yang ditentukan dari rasio distribusi faktor keamanan (FK)  $\leq 1$  terhadap total distribusi faktor keamanan akibat adanya kecacakan dari sifat fisik, sifat mekanik batuan, tinggi muka air tanah, beban seismik, dan model perhitungan FK.

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### Pemodelan Lereng

Dalam studi geoteknik ini, pemodelan dan analisis kemantapan lereng akan difokuskan pada lereng sisi *low-wall* Pit Warute, menggunakan metode kesetimbangan batas (LEM) dan metode analisis balik (*back analyse*) dengan asumsi berupa longsor busur. Asumsi longsor busur berdasarkan nilai uji kuat tekan yang umumnya  $< 1$  MPa. Batuan sedimen *overburden* dan *interburden* lapisan batubara dianggap mempunyai perilaku mendekati elasto-plastik, sehingga pemodelan menggunakan *limiting equilibrium methods analysis* (dengan paket software Slide 6.0 dari RocScience), dipercaya akan memberikan hasil yang mendekati keadaan sebenarnya di lapangan.

#### Analisis Kemantapan Lereng Keseluruhan (*Overall Pit Slope*)

Dalam studi ini, tolak ukur atau kriteria penilaian stabilitas lereng ditentukan dengan faktor keamanan lereng  $FK = 1,20$ . Artinya, lereng bukaan tambang dianggap cukup stabil jika nilai faktor keamanan (*safety factor*) lereng mendekati nilai 1,20. Berikut pada Tabel 1. merupakan hasil analisis lereng keseluruhan.

**Tabel 1.** Hasil Analisis Lereng Keseluruhan

Section	Slope	Slope Angle, °	Height (m)	FS	REMARKS
Panel 13	LW	23	120	1,206	desain
	LW	26	116	0,982	existing
Panel 15	LW	23	144	1,247	desain
	LW	26	115	0,967	existing
Panel 17	LW	26	130	1,216	desain
	LW	19	117	1,130	existing
Panel 19	LW	23	159	1,228	desain
Panel 21	LW	22	167	1,244	desain
Panel 23	LW	16	160	1,236	desain
Panel 35	LW	17	175	1,236	desain

### Analisis Kelongsoran Panel 13 s.d 17

Analisis kelongsoran pada panel 13 s.d 17 ini menggunakan analisis balik (*back analyse*) dan akan memunculkan nilai parameter (kohesi dan sudut gesek dalam) yang baru pada FK aman. Cara mensimulasikannya sebanyak 1000 kali, sehingga nilai kohesi dan sudut gesek dalam yang didapat diasumsikan mewakili nilai parameter massa batuan yang sebenarnya di lapangan. Selanjutnya parameter baru tersebut digunakan untuk menganalisis kembali lereng desain dan lereng existing. Berikut adalah hasil rekapitulasi lereng keseluruhan Panel 13 s.d.17 baru pada Tabel 2.

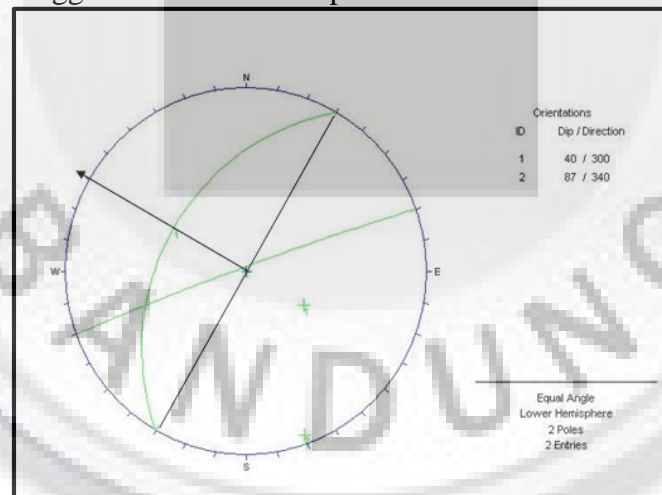
**Tabel 2.** Rekapitulasi Lereng Panel 13 s.d.17 Baru

Section	Slope	Slope Angle, °	Height (m)	FK	REMARKS
Panel 13	LW	23	120	1,025	desain
	LW	26	116	0,942	existing
Panel 15	LW	23	144	0,852	desain
	LW	26	115	0,939	existing
Panel 17	LW	26	130	0,829	desain
	LW	19	117	1,074	existing

Hasil analisis balik tersebut didapat nilai FK yang lebih kecil, sehingga harus dilakukan desain kembali (*redesign*) dengan menggunakan geometri baru. Berikut merupakan hasil simulasi dan analisis stabilitas *redesign* lereng yang diperoleh.

### Analisis Pengaruh Patahan di Area Panel 22 s.d 32

Berikut merupakan perhitungan untuk analisis patahan pada panel 22 sampai panel 32 dengan menggunakan software dips.



**Gambar 1.** Proyeksi Stereografi Patahan Panel 22 s.d. 32

Secara umum orientasi bukaan lereng tambang dipotong oleh jalur patahan pertama (Panel 23, 24, 25), dengan perbedaan arah Dip,  $DD \sim 40^\circ$  ( $\gg 20^\circ$ ) sehingga tidak berpotensi akan terjadi longsor bidang. Patahan kedua, (Panel 31, 32, 33) juga mempunyai perbedaan  $DD \sim 40^\circ$ , sehingga tidak berpotensi terjadi longsor bidang juga. Di samping itu tidak ada jalur patahan lain yang berpotongan dengan jalur patahan tersebut di depan muka lereng, sehingga tidak ada potensi menimbulkan longsor baji (*wedge failure*). Oleh karena itu, area pada panel 22 s/d. 32 tersebut disarankan untuk tidak perlu dihindari untuk ditambang sejauh perhitungan teknik dan ekonominya masih layak.

### Analisis Lapisan Tipis IB L6/L7

Pemodelan dan analisis untuk lapisan IB-L6/L7 dilakukan dengan memvariasikan tinggi lapisan tipis tersebut yang terekspose di permukaan lereng *low-wall*. Model untuk analisis ini dilakukan pada panel 15 yang dianggap cukup mewakili untuk model permasalahan longsor pada lapisan tipis di permukaan lereng *low-wall* panel lainnya (panel 17, 19, 21) termasuk juga untuk IB-L7/L8 yang mempunyai tipe longsor yang sama. Dari simulasi dan analisis ini, dengan tebal lapisan antara 3 – 4 m, akan dapat diketahui, sampai tinggi atau dalam (*depth*) penggalian berapa lapisan tipis tersebut masih bertahan tidak longsor. Dari pemodelan dan analisis untuk panel 15 ini diperoleh hasilnya sebagai berikut dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Resume Analisis Lereng Low-Wall pada Interburden L6/L7

Section	Slope	Slope Angle, °	Height, m	FS
Panel 15	LW	37	25	1,388
	LW	37	30	1,12
	LW	37	35	0,963
	LW	37	40	0,832
	LW	37	45	0,745

### Analisis Waste Dump Slope

Pemodelan dan analisis untuk *waste dump slope* dilakukan dengan menggunakan kasus kelongsoran yang pernah terjadi, dengan metode analisis balik (*back analysis*). Pada prinsipnya kelongsoran yang sudah terjadi akan dikonstruksi kembali (rekonstruksi) untuk menentukan bentuk dan geometrinya kembali seperti semula sebelum terjadi kelongsoran. Kelongsoran yang terjadi pada lereng *waste dump* ini tidak terjadi secara menyeluruh (*overall*), tetapi hanya pada bagian tertentu saja sehingga analisis balik hanya dilakukan pada bagian lereng yang longsor saja. Setelah di analisis menggunakan metode analisis balik, kemudian akan dilakukan rekomendasi lereng dengan menggunakan parameter baru hasil dari analisis probabilistik dalam software Slide 6.0. Berikut merupakan hasil simulasi dan analisis stabilitas lereng *waste dump* pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Analisis Stabilitas Lereng *Waste Dump*

Tinggi Waste Dump	Sudut (...°)						
	8	9	10	11	12	13	14
45 m	1,558	1,465	1,422	1,412	1,321	1,24	1,168
50 m	1,494	1,415	1,385	1,357	1,322	1,24	1,171
55 m	1,435	1,37	1,281	1,239	1,183	1,155	1,127
: Rekomendasi							

### D. Kesimpulan

1. Kelongsoran yang terjadi di panel section 13 s/d. 17 diduga disebabkan oleh kombinasi antara kemiringan lereng *low-wall* aktual sebelum longsor yang curam melebihi desain, struktur batuan lereng berlapis-lapis yang juga curam, dan adanya rembesan air tanah/air hujan. Selain itu, pada bagian atas *low wall* terdapat material yang tidak tertambang sehingga menyisakan beban dan terjadi *undercutting* pada bagian bawah *low wall* yaitu penggalian aktual yang melewati desain.

2. Dari analisis balik yang dilakukan terhadap kelongsoran di panel 13 s/d. 17 dapat disimpulkan bahwa parameter massa batuan baru hasil dari analisis balik, yaitu untuk litologi claystone ( $c = 224,40$  kPa,  $\phi = 23,96^\circ$ ), sandstone ( $c = 176,50$  kPa,  $\phi = 22,19^\circ$ ), dan coal ( $c = 246,9$  kPa,  $\phi = 24,88^\circ$ ). Dari hasil analisis balik tersebut, dilakukan *redesign* dengan menggunakan geometri baru agar mendapatkan nilai FK aman. Kemudian diperoleh perubahan desain yang direkomendasikan, yaitu panel 13 ( $\alpha = 180$ ,  $H = 120$  m,  $FK = 1,233$ ), panel 15 ( $\alpha = 190$ ,  $H = 144$  m,  $FK = 1,223$ ), dan panel 17 ( $\alpha = 190$ ,  $H = 130$  m,  $FK = 1,250$ ).
3. Pengaruh patahan pada panel 22 s.d 32 secara langsung tidak berpengaruh terhadap stabilitas lereng, namun secara tidak langsung dapat berpengaruh pada zona hancuran sepanjang jalur patahan dan menjadi sarana merembesnya air tanah. Hasil analisis stereografi pengaruh struktur patahan untuk panel 22 s.d 32 dapat ditunjukkan bahwa panel 22 s.d 32 memiliki orientasi lereng *low wall*, DD/Dip = N300°E/40° dan orientasi sesar/patahan, DD/Dip = N340°E/87°. Artinya, perbedaan arah bidang luncur dan arah lereng  $> 20^\circ$  dan kemiringan lereng bidang luncur  $>$  kemiringan lereng. Sehingga, struktur patahan tersebut tidak akan berpengaruh pada stabilitas lereng *low-wall* tambang.
4. Kelongsoran yang terjadi pada lereng sisi *low-wall* disebabkan terutama oleh adanya lapisan-lapisan batuan interburden yang tipis, dengan sudut kemiringan yang curamuram (37-43 derajat), serta pengaruhdipicu oleh air hujan/air tanah yang secara cepat merembes masuk terutama melalui kontak bidang perlapisan. Dari hasil pemodelan dan simulasi (panel 15) pada lapisan tipis interburden L6/L7 dapat ditunjukkan bahwa, lereng bertahan stabil (tidak longsor) jika penggalian belum mencapai dalam atau tinggi 30 m.
5. Dari analisis balik yang dilakukan terhadap kelongsoran lereng *waste dump* yang terjadi pada section panel 23, dapat disimpulkan bahwa parameter massa batuan *material waste dump* sebenarnya (*verified*) adalah sedikit lebih rendah daripada yang digunakan dalam mendesain pertama kali (studi tahun 2012), yaitu kohesi  $c_m = 29,81$  kN/m<sup>2</sup> dan sudut gesek dalam,  $\phi = 13,64^\circ$ .

## Daftar Pustaka

- Arif, Irwandy, 2016. “*Geoteknik Tambang*”, Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Bienawski, Z.T., 1989. “*Engineering Rock Mass Classifications: A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil, and Petroleum Engineering*”, Willey-Interscience.
- Bishop, A. W., Morgenstern, N. R., 1960. “*Stability Coefficient for Earth Slopes*”, Soils Found.
- Hoek, E., Bray, J. W., 1981. “*Rock Slope Engineering*”, Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Maryanto, 2017. “*Manajemen Keselamatan Tambang Bawah Tanah*”, Teknik Pertambangan, Universitas Islam Bandung
- Romana, M., Seron, J.B., Montalar, E., 2003. “*SMR Geomechanics Classification for Slopes: Slope Mass Rating*”, Comprehensive Rock Engineering, Editor: Hudson, J.A. Pergamon.