

EVALUASI KESTABILAN LERENG TAMBANG BATUBARA PIT 'XY' MENGGUNAKAN METODE KESETIMBANGAN BATAS PT. BUKIT ASAM Tbk

Jesica Aprilia^{1*}, Dicky Muslim¹, Zufialdi Zakaria¹, Osmon Tedy²

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Sumedang

²Divisi Geoteknik Unit Pertambangan Tanjung Enim, PT. Bukit Asam Tbk

*Korespondensi: Jesticaprilial18@gmail.com

ABSTRAK

Penambangan dengan sistem tambang terbuka dimana dilakukan penggalian tanah penutup untuk mendapatkan batubara akan menghasilkan lereng- lereng buatan. Lereng- lereng tersebut memiliki potensi terjadinya longsor sehingga harus dianalisa dengan baik sebelum pembuatan lereng karena apabila terjadi longsor akan mengganggu operasional alat di area tambang. Oleh sebab itu dilakukan kajian geoteknik untuk menganalisa kondisi kestabilan lereng dengan menggunakan parameter sifat fisik dan mekanik hasil uji laboratorium yang mendekati dengan kondisi yang ada di lapangan. Penelitian dilakukan di salah satu pit tambang batubara milik PT. Bukit Asam Tbk yang berada di Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Penelitian dilakukan dengan pengumpulan data laboratorium dan geometri lereng yang telah ada untuk dilakukan back analysis untuk mendapatkan nilai parameter yang mendekati dengan kondisi di lapangan. Kemudian dilakukan simulasi lereng dengan beberapa variasi kondisi muka air tanah untuk mendapatkan nilai faktor keamanan yang stabil yaitu >1.25 . Kondisi lereng low wall dengan tinggi 55 meter dan sudut 25° serta lereng high wall dengan tinggi 25 meter dan sudut lereng 60° menjadi acuan untuk melakukan back analysis. Dari hasil simulasi diperoleh kondisi muka air terbaik adalah $1/3$ dari tinggi lereng overall sehingga didapatkan nilai faktor kewanaman lereng low wall yaitu 1.351 dan lereng high wall 1.433.

ABSTRACT

Mining with open pit system where excavation of overburden to obtain the coal will produce artificial slope. The slope have the potential for landslides to be properly analyzed prior the slope construction if the landslide occurred, it would be interfere the mine equipment operations. Therefore, a geotechnical study was conducted to analyze the slope stability condition by using physical and mechanical parameters of laboratory test results that were close to the existing conditions in the field. The research was conducted in one of the coal pits owned by PT. Bukit Asam Tbk located in Lahat Regency, South Sumatera Province. The research was conducted by collecting laboratory data and the geometry of the existing slopes for back analysis to obtain the parameter values close to the conditions in the field. Then simulated the slope with some variation of groundwater level condition to get the value of stable safety factor that is >1.25 . Low wall conditions with 55 meter high and 25 of slope and highwall with 25 meter height and 60 slope become reference for back analysis. From the simulation results obtained the best water level is $1/3$ of the height of overall slope so that the value of safety factor of low wall is 1.351 and 1.433 for high wall.

Keywords: Slope stability, Safety factor, Lahat, Open pit mine, Coal

1. PENDAHULUAN

Sistem penambangan terbuka atau *open pit mining* merupakan salah satu sistem yang digunakan untuk melakukan eksploitasi sumber daya alam seperti

batubara. Sistem ini pada dasarnya merupakan proses penggalian tanah atau batuan penutup untuk mendapatkan batubara atau sumber daya alam lainnya. Aktivitas penambangan yang berhubungan

dengan pengupasan tanah atau batuan penutup seperti ini akan menghasilkan potensi- potensi bahaya seperti lereng yang tidak stabil dan akhirnya mengalami kelongsoran. Kelongsoran pada area tambang akan mempengaruhi kelancaran operasi tambang, sehingga pada saat melakukan perancangan tambang harus dilakukan analisa kestabilan lereng terlebih dahulu untuk mengetahui nilai faktor keamanan dari suatu lereng. Faktor keamanan sendiri merupakan perbandingan antara gaya penahan dan gaya pendorong pada suatu lereng. Semakin besar gaya penahan maka lereng akan semakin stabil.

Banyak metode yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai faktor keamanan salah satunya yaitu metode kesetimbangan batas atau *limit equilibrium* dimana pada metode ini bidang kelongsoran yang dapat terjadi diasumsikan bentuknya. Setiap jenis longsor dapat diasumsikan dengan Mohr-Coulomb dimana kekuatan material ditentukan berdasarkan kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Data nilai kekuatan material diperoleh dari sample batuan yang diuji di laboratorium digunakan untuk melakukan analisis kestabilan lereng menggunakan software hingga diperoleh nilai faktor keamanan dari lereng tersebut.

Namun pada beberapa kasus nilai faktor keamanan yang diperoleh dari hasil simulasi menggunakan *software* tidak sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor sehingga harus dilakukan analisis balik atau *back analysis* untuk mendapatkan nilai parameter yang mendekati dengan kondisi aktual di lapangan karena hal ini akan mempengaruhi efektifitas dan efisiensi penggalian tambang karena selain memperhitungkan keamanan, suatu tambang juga harus memperhitungkan pengeluaran ketika melakukan penggalian tanah penutup (*overburden*) untuk mendapatkan batubara.

Penelitian ini dilakukan di salah satu pit tambang batubara milik PT Bukit Asam,

Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan dengan tujuan untuk mengevaluasi desain lereng awal tambang menggunakan parameter yang mendekati kondisi di lapangan sehingga diperoleh desain akhir yang optimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Geologi Regional Daerah Penelitian

Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Lahat, Sumatera Selatan (S.Gafoer dan J. Purnomo, 1986) (lihat gambar 1), geologi regional daerah penelitian termasuk kedalam Cekungan Sumatera Selatan yang tersusun atas beberapa formasi berdasarkan umur yang paling muda hingga tua yaitu:

1. Formasi Kasai (QTK)

Formasi Kasai berumur Pliosen akhir sampai Plistosen Awal yang terdiri atas tuf, tuf pasir, dan batupasir tufan yang mengandung batuapung.

2. Formasi Muara Enim (Tm_{pm})

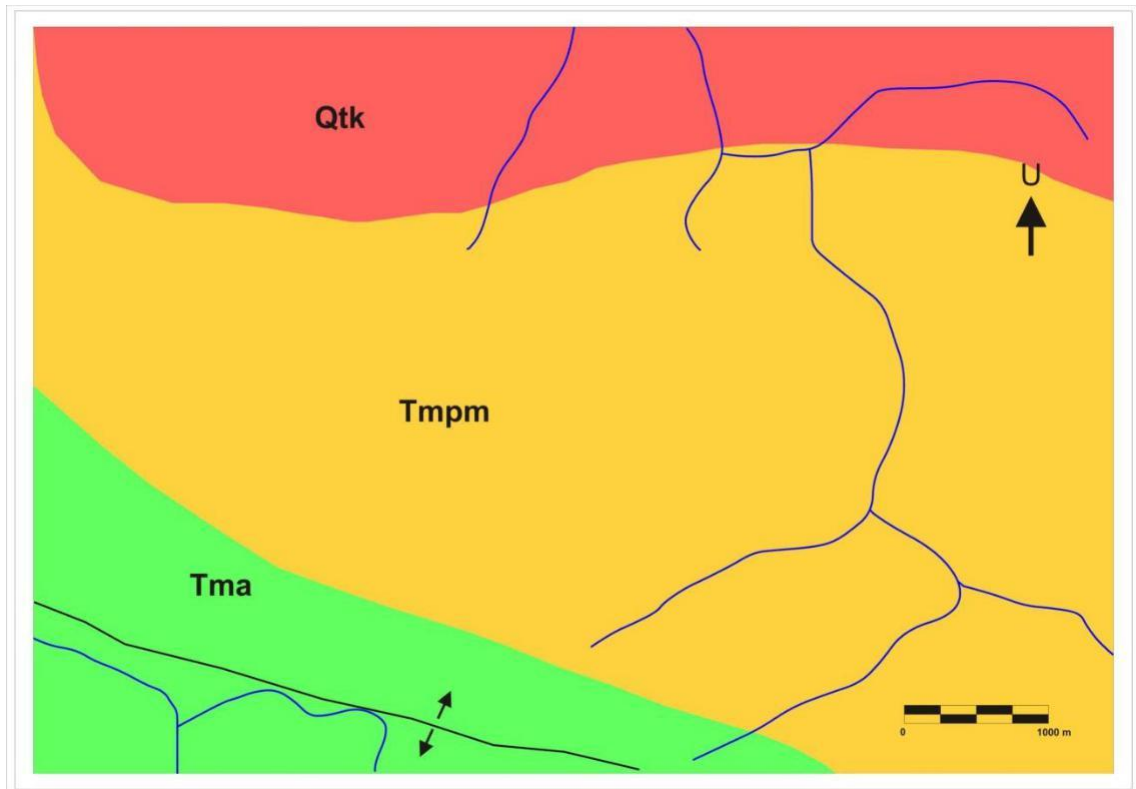
Formasi Muara Enim berumur Miosen hingga Pliosen Awal dan tersusun atas batulempung, batulanau, dan batupasir tufaan dengan sisipan batubara.

3. Formasi Air Benakat (T_{ma})

Formasi ini berumur Miosen tengah hingga Miosen akhir dan tersusun atas perselingan batulempung dengan batulanau dan serpih, pada umumnya gampingan dan karbonatan.

Struktur geologi yang terdapat di daerah penelitian yaitu adanya lipatan dengan sumbu berarah barat-laut- tenggara yang membatasi pit yang terdapat di daerah penelitian dengan pit yang ada di sebelahnya.

Terdapat 5 *seam* batubara yang ditambang di daerah penelitian dengan urutan dari yang paling muda hingga yang paling tua yaitu A1, A2, B, C1, dan C2 dengan ketebalan *seam* antara 8 meter hingga 17 meter.



Gambar 1. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian

Metode Kestimbangan Batas

Metode kestimbangan batas merupakan metode yang menggunakan prinsip kestimbangan gaya dimana pertama- tama mengasumsikan bentuk bidang kelongsoran yang dapat terjadi yaitu antara bidang longsor dengan bentuk *circular* dan bidang longsor yang berbentuk *non- circular* (bisa juga planar).

Perhitungan dilakukan dengan membagi material di bidang longsor menjadi irisan-irisan. Terdapat beberapa cara yang telah dikembangkan untuk metoda ini seperti Fellenius, Taylor, Bishop, Morgenstern-Price, Spencer, dan Janbu. Perbedaan dari tiap cara tersebut yaitu pada persamaan kestimbangan batas dan asumsi gaya kekuatan antar irisan yang diperhitungkan.

Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng antara lain (Kusuma dkk,2008):

- Geometri lereng
Pada geometri lereng, ketinggian dan besar sudut lereng sangat mempengaruhi kestabilan lereng. Semakin tinggi dan terjal suatu lereng maka tingkat kestabilannya akan semakin rendah.
- Sifat fisik dan mekanik material
Sifat fisik yang berpengaruh yaitu bobot isi (*unit weight*), sedangkan sifat mekanik berupa kohesi dan sudut geser dalam.
- Struktur Geologi
Struktur diskontinuitas yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng berupa bidang perlapisan, bidang erosi, ketidakselarasan, sesar, dan kekar.

- Cuaca/ Iklim
Curah hujan akan mempengaruhi kadar air (*water content*) dan tingkat kejenuhan air.
- Pengaruh air tanah
Semakin tinggi muka air tanah akan menurunkan nilai faktor keamanan lereng.
- Faktor getaran
Faktor getaran dapat diakibatkan oleh aktifitas penambangan seperti operasi alat berat dan peledakan (*blasting*). selain itu dapat pula berasal dari gempa.
- Ketidakseimbangan beban di puncak dan di kaki lereng.
Adanya pembebanan dipuncak lereng seperti bangunan atau *stockpile* batubara akan menurunkan nilai keamanan lereng.

3. METODE

Dalam penelitian ini metode terdiri dari studi literatur, pekerjaan lapangan, dan analisis studio. Pada tahap studi literatur dilakukan pengumpulan data sekunder yang berkaitan dengan daerah penelitian seperti peta geologi regional daerah penelitian, kondisi geologi daerah penelitian, serta data uji laboratorium seperti kohesi, sudut geser dalam, dan bobot isi batuan.

Pada tahap pekerjaan lapangan dilakukan pengukuran arah jurus perlapisan batuan yang terdapat di daerah penelitian dan juga pengamatan terhadap kondisi lereng yang telah terbentuk yang terdapat di daerah penelitian serta indikasi- indikasi longsor mungkin terdapat di daerah penelitian.

Pada tahap analisis studio dilakukan pengolahan data hasil uji laboratorium dan melakukan simulasi untuk menyesuaikan parameter hasil uji lab dengan kondisi lereng yang ada di lapangan. Selanjutnya dilakukan *back analysis* untuk mendapatkan parameter yang mendekati dengan kondisi yang ada di lapangan dengan melakukan

simulasi menggunakan bantuan *software Geostudio 2007*. Parameter yang telah mendekati dengan kondisi yang ada di lapangan kemudian digunakan untuk menentukan desain lereng selanjutnya. Pada tahap simulasi lereng untuk mendapatkan desain yang optimal, lereng harus memenuhi syarat dengan nilai Faktor Keaman yang stabil yaitu > 1.25 (Bowles,1984)

Pada penelitian ini lebih ditekankan pada lereng material *overburden* dan *lower c* karena memiliki lapisan yang paling tebal dengan kondisi geoteknik yang paling rendah dibandingkan lapisan lainnya. Dalam melakukan analisis lereng *highwall* hanya dilakukan pada material *overburden* saja karena lapisan batubara dianggap kuat dan dijadikan penahan lapisan diatasnya. Selain itu berdasarkan kondisi asli di lapangan, lapisan batubara tidak pernah mengalami longsor.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Simulasi Single Slope

Berdasarkan pengolahan data hasil uji laboratorium untuk mendapatkan nilai parameter sifat fisik dan mekanik batuan diperoleh data untuk lapisan *overburden* dan lapisan *lower C* yaitu:

Tabel 1. Nilai Parameter Sifat Fisik dan Mekanik Hasil Uji Laboratorium

Lapisan	C (Kpa)	Φ (deg)	γ (kN/m ³)
Overburden	43.16	11.30	18.86
Lower C	54.53	12.76	21.46

Simulasi *single slope* dilakukan pada masing- masing lapisan tersebut untuk menyesuaikan dengan kondisi yang ada di lapangan dimana untuk lapisan *overburden* memiliki tinggi lereng 55 meter dengan sudut lereng 25° sedangkan lapisan *lower c* memiliki tinggi lereng 25 meter dengan sudut lereng 60° . Faktor tambahan berupa

getaran hasil blasting yaitu 0.03 dan muka air tanah 5 meter berdasarkan kondisi yang ada di lapangan (lihat gambar 2 dan 3).

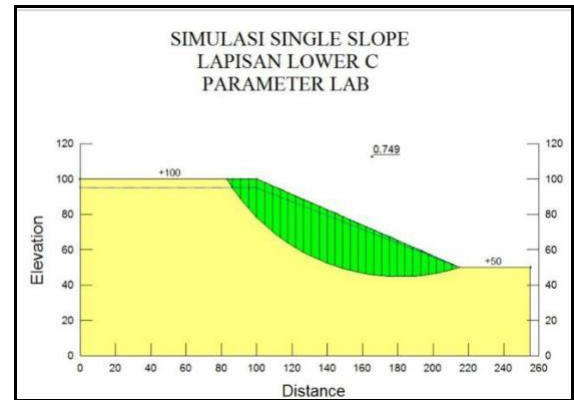
Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software* diperoleh nilai faktor keamanan lereng menggunakan parameter sifat fisik dan mekanik hasil uji laboratorium yaitu pada lapisan *overburden* memiliki nilai faktor keamanan 1.043 sedangkan lapisan *Lower C* memiliki nilai faktor keamanan 0.749 dimana menurut klasifikasi Bowles(1984) lereng tersebut tergolong tidak stabil dimana kondisi ini tidak sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan.

Setelah dilakukan *Back Analysis* untuk lapisan *Overburden* dan *Lower C* dimana *back analysis* dilakukan pada kondisi lereng yang sama dengan simulasi menggunakan parameter hasil uji laboratorium kecuali tinggi lereng yang masing- masing dikurangi 5 meter dan menetapkan nilai faktor keamanan untuk lapisan *Overburden* yaitu 1.2 dan lapisan *Lower C* yaitu 1.1 didapatkan parameter yang digunakan untuk melakukan simulasi yaitu sebagai berikut:

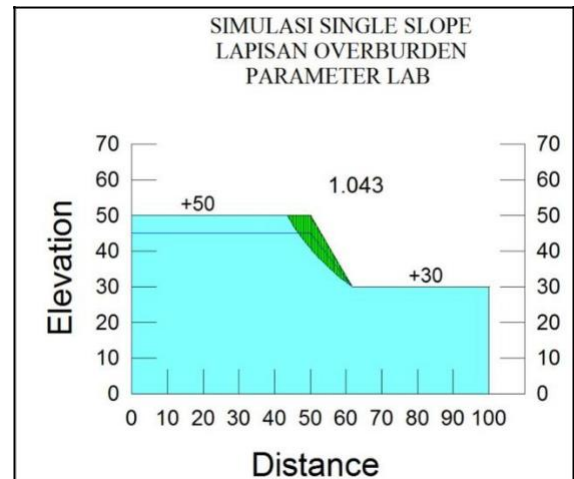
Tabel 2. Nilai Parameter Sifat Fisik dan Mekanik Tiap Lapisan

Lapisan	C (Kpa)	Φ (deg)	γ (kN/m3)
Overburden	46.65	33	18.86
Seam A1	623.7	31.39	12.05
IBA1-A2	87.35	16.83	18.94
Seam A2	914.13	23.4	11.97
IBA2-B	244.8	22.69	19.47
Seam B	652.1	24.1	12.03
IBB-C	652.1	24.1	20.13
Seam C	528.05	31.75	12.32

Lower C	47.55	25.82	21.46
---------	-------	-------	-------



Gambar 2. Lereng Lower C dengan parameter hasil uji lab



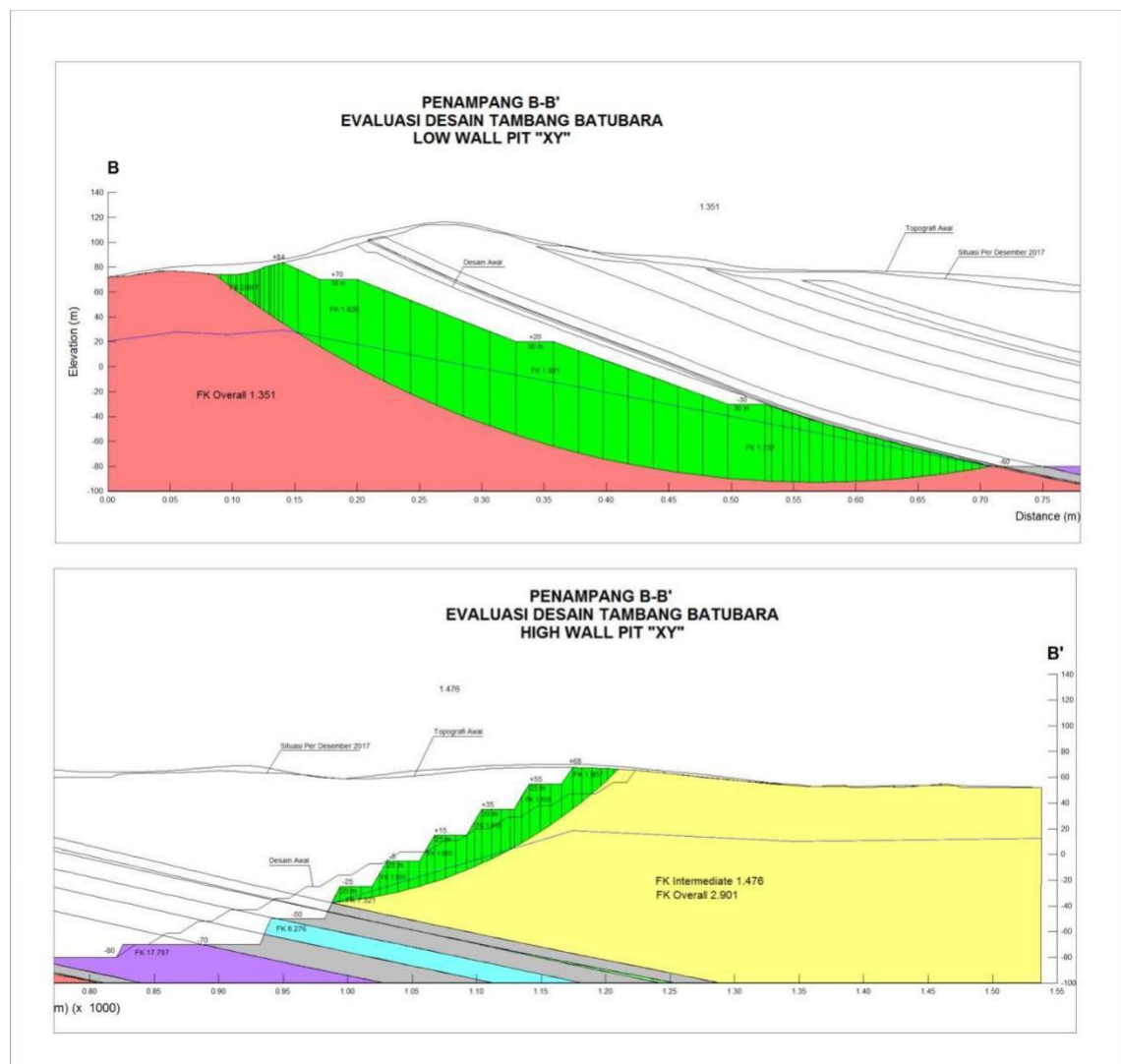
Gambar 3. Lereng Overburden dengan parameter hasil uji lab

4.2 Desain Final Lereng Pit 'XY'

Saat melakukan simulasi untuk mendapatkan desain lereng dengan kondisi yang optimal dilakukan dengan 3 kondisi muka air tanah yang berbeda- beda yaitu jenuh, diturunkan 10 meter dan diturunkan 1/3m dari tinggi lereng *overall*, namun nilai *seismic load* serta geometri lereng tetap sama. Dari hasil simulasi menggunakan kondisi muka air tanah yang jenuh diperoleh nilai faktor keamanan untuk lereng *overall low wall* dengan material Lower C sebesar 1.097

dan lereng *high wall* dengan material *Overburden* memiliki nilai faktor kemanan 0.910. Untuk kondisi muka air tanah yang diturunkan 10 meter diperoleh nilai faktor keamanan lereng *low wall* sebesar 1.171 dan untuk lereng *high wall* sebesar 1.135. Sedangkan untuk lereng yang muka air tanahnya diturunkan 1/3 dari tinggi lereng *overall* diperoleh nilai faktor kemanan untuk lereng *low wall* yaitu 1.351 dan lereng *high wall* sebesar 1.433 (lihat gambar 4).

Dari hasil simulasi ini lereng dengan kondisi muka air tanah diturunkan 1/3m dari tinggi lereng *overall* memiliki nilai faktor keamanan yang paling baik dan memenuhi standar nilai faktor kemanan lereng stabil yaitu >1.25 . Oleh sebab itu jika ingin mencapai *bottom pit* pada kedalaman -80 meter muka air tanah harus diturunkan (dilakukan *dewatering*) terlebih dahulu dan harus selalu dipantau menggunakan *piezometer* agar kondisi air tetap sesuai dengan rekomendasi yang diberikan.



Gambar 4. Simulasi lereng dengan kondisi muka air tanah 1/3h

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi kestabilan lereng menggunakan parameter yang telah diperoleh dari *back analysis* didapatkan kondisi lereng tambang batubara yang optimal yaitu dengan menurunkan muka air tanah sebesar 1/3 dari tinggi lereng *overall* baik pada lereng *low wall* maupun pada bagian lereng *high wall* atau sekitar 50 meter dengan batas getaran peledakan 0.03 sehingga dapat dibuat lereng untuk mencapai target *bottom pit* pada kedalaman -80 mdpl.

Geometri lereng pada bagian *low wall* dibuat 4 jenjang dengan tinggi lereng 50 meter serta sudut maksimal 21° untuk *single slope* dan tinggi 158 meter dengan sudut 15° untuk lereng *overall* sehingga diperoleh nilai faktor keamanan 1.351 (stabil). Sedangkan pada lereng *high wall* lapisan *overburden* dibuat menjadi 7 jenjang dengan tinggi lereng 20 meter dan sudut 60° untuk *single slope* serta tinggi 102.5 meter dengan sudut 23° untuk *overall slope* sehingga diperoleh nilai faktor keamanan 1.433 (stabil).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak PT. Bukit Asam Tbk (PTBA) yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian di salah satu pit milik PTBA.

DAFTAR PUSTAKA

Adriyati, M., Dananjaya, R. H., & Surjandari, N. S., tahun. *Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Software Geo Studio 2007 Dengan Variasi Kemiringan (Studi Kasus: Bukit Ganoman Kab Karanganyar*.

Andriani, T., Zakaria, Z., Muslim, D., & Oscar, A.W, 2017. *Analisis Stabilitas Lereng Area Timbunan Menggunakan Metoda Keseimbangan Batas Pada Tambang Terbuka Batubara Daerah Purwajaya, Kecamatan Loa Janan,*

Kabupaten Kutai Kartanegara. Buletin Sumber Daya Geologi Vol 12 No 3.

Arif, Irwandy, 2016. *Geoteknik Tambang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama

Bowles, J. E., 1984. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: Erlangga.

Bria, Kornelias dan Isjudarto, Ag. 2015. *Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Batubara Terbuka Pit D Selatan PT. Artha Niaga Cakrabuana Job Site CV. Prima Mandiri Desa Dondang Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*. Prosiding Seminar Nasional ReTII ke-10.

Endriantho, Muhammad & Ramli, M., 2013. *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara*. Jurnal Geosains Vol 09.

Gafoer, S. dan Purnomo, J., 1986. *Peta Geologi Lembar Lahat, Sumatera Selatan*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Liong, G. T., & Herman, D. J., 2012. *Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method*. HATTI-PIT-XVI. Jakarta.

Nurhidayat, T., Sophian, R., dan Zakaria, Z. 2016. *Pengaruh Tinggi Muka Air Tanah Terhadap Faktor Kestabilan Lereng Tambang*. Seminar Nasional Ke III Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran.

Zakaria, Z., 2011. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Laboratorium Geologi Teknik Universitas Padjadjaran