



## **STABILITAS LERENG DISPOSAL SERELO SELATAN DI PT. BUMI MERAPI ENERGI**

### **SLOPE STABILITY OF SOUTH SERELO DISPOSAL PT. BUMI MERAPI ENERGI**

A. Noorchayo<sup>1</sup>, M. T. Toha<sup>2</sup>, Bochori<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32 Inderalaya Sumatera Selatan, Indonesia

e-mail: [1assurnoorchayo@gmail.com](mailto:1assurnoorchayo@gmail.com), [2taufik\\_toha@yahoo.com](mailto:2taufik_toha@yahoo.com), [3bochori@yahoo.com](mailto:3bochori@yahoo.com)

#### **ABSTRAK**

Seiring dengan kemajuan aktivitas penambangan di Site Serelo Selatan, mengakibatkan penambahan material tanah dan volume timbunan sehingga kondisi lereng timbunan mengalami penurunan kekuatan penahan. Pengaruh kondisi musim hujan juga mengakibatkan sebagian besar dinding lereng-lereng timbunan mengalami erosi sehingga lepas dan tidak mampu menahan beban berat akibat hujan yang intens. Penelitian dimaksudkan untuk menganalisis stabilitas lereng timbunan, melakukan evaluasi, dan memperhitungkan desain baru (*redesign*) disposal Serelo Selatan yang memenuhi rekomendasi nilai faktor keamanan perusahaan yaitu  $\geq 1,25$  untuk lereng tunggal dan keseluruhan. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan metode Bishop yang disederhanakan dengan bantuan aplikasi *rockscience slide* V.6.0 serta permodelan desain disposal menggunakan *software autocad* dan *ventyx minescape 5.7*. Berdasarkan hasil analisis dari ketiga penampang yang telah dibuat, terlihat bahwa keseluruhan lereng yang terbentuk di lapangan dalam kondisi tidak aman karena nilai FK yang diperoleh kurang 1,25 (penampang A, B dan C = 0,858; 0,621 dan 0,743). Maka dari itu dilakukan upaya perbaikan dengan cara memodifikasi geometri lereng, sehingga diperoleh bahwa model timbunan yang aman dan optimal untuk penampang A, B dan C adalah *overall slope* 13°, 15° dan 15° dengan nilai FK 2,010; 1,870 dan 1,870 serta kapasitas tampungan volume *overburden* sebesar 3.833.566,370 BCM.

**Kata-kata kunci:** Analisis, Faktor keamanan, Lereng, Stabilitas, Timbunan

#### **ABSTRACT**

Along with the progress of mining activity in the South Serelo Site, increased soil material and volume of the embankment so that the condition of the embankment slope have decreased retaining strength. The effect of rainy season conditions also made the most of the wall slopes being erosion became loose and unable to sustain the heavy loads due to intense rain. The research was intended to analyze the stability of the embankment slope, evaluate, and account for new design (*redesign*) South disposal of Pit Ulakh Pandan Site South Serelo that fulfill the recommendation of the company's safety factor  $\geq 1.25$  for single and overall slopes. The slope stability analysis is performed using the simplified Bishop method with the help of the *Rockscience slide* app V. 6.0 and modelling the disposal design using *AutoCAD* and formerly *Minescape 5.7* software. Based on the results of the analysis of the three cross sections that have been created, it is seen that the overall slope formed in the field is not safe because the FK value obtained is less than 1.25 (cross section A, B and C = 0.858; 0.621 and 0.743). Therefore, an improvement was made by modifying the geometry of the slopes, so obtain the safe and optimal embankment model for cross section A, B and C is overall slope 13°, 15° and 15° with FK value 2,010; 1,870; and 1,870 with overburden volume storage capacity is 3.833.566,370 BCM.

**Keywords :** Analysis, Safety factor, Slope, Stability, Embankment

**PENDAHULUAN**

Lereng merupakan suatu permukaan batuan atau tanah yang menyambungkan dua permukaan material tersebut sehingga membentuk sudut tertentu terhadap bidang datar yang menurut proses terbentuknya dibedakan menjadi dua yaitu lereng alami dan lereng buatan. Menurut material penyusunnya, lereng dapat dibedakan menjadi lereng batuan dan lereng tanah. Pendekatan penyelesaian dalam analisa kemandapan lereng batuan akan berbeda dengan analisa kemandapan lereng tanah. Batuan didefinisikan oleh ahli teknik sipil dan geoteknik sebagai struktur yang padat dan tangguh dari kulit bumi, sedangkan tanah adalah hasil pelapukan batuan menjadi material-material yang lebih kecil akibat pengaruh temperatur, gravitasi, angin dan hujan secara terus menerus. Secara uji mekanik material tanah lazimnya memiliki kuat tekan < 1 MPa, sedangkan material batuan akan memiliki kuat tekan > 1 MPa [1].

Berdasarkan material yang menyusunnya, *overburden* merupakan material yang berbeda-beda, hal itu dapat dilihat di lapangan dan satuan perhitungan *overburden* yang tidak dinyatakan dalam ton. Tanah yang menyusun *overburden* tersebut biasanya terdiri dari tanah (*soil*), batu pasir, batu lempung, batu serpih (*shale*) dan atau batu lanau [2].

Secara umum tujuan analisis kestabilan lereng yaitu [3] :

1. Menentukan kondisi kestabilan suatu lereng.
2. Memperkirakan bentuk keruntuhan atau longsoran yang mungkin terjadi.
3. Menentukan tingkat kerawanan lereng terhadap longsoran.
4. Menentukan metode perkuatan atau perbaikan lereng yang sesuai.
5. Merencanakan lereng galian tambang atau disposal timbunan yang optimal dan memenuhi kriteria keamanan dan kelayakan ekonomis.

Menghitung nilai faktor keamanan merupakan suatu cara yang lazim digunakan untuk menyatakan tingkat stabilitas lereng penambangan. Nilai ini merupakan perbandingan antara gaya penahan yang membuat lereng tetap stabil dengan gaya penggerak yang menyebabkan longsor. Kestabilan lereng penambangan dipengaruhi oleh banyak parameter antara lain geometri lereng, tekanan air pori, sifat geoteknik material dan gaya luar yang bekerja seperti getaran dan pembebanan. Rumus dasar faktor keamanan lereng yang digunakan untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng berupa material tanah diperkenalkan oleh Fellenius dan kemudian dikembangkan [4].

Dasar perhitungannya adalah perbandingan antara jumlah gaya yang membentuk gaya penahan antara lain kohesi dan sudut geser dalam dengan jumlah beban pada

lereng (Pers 1). Jika gaya penahan lebih kecil daripada gaya penggerak maka akan terjadi longsor, sebaliknya jika gaya penahan lebih besar daripada gaya penggerak maka lereng tetap stabil.

$$F = \frac{\sum c_L + \{(W+V) \cos \alpha - \mu\} \tan \phi}{\sum (W+V) \sin \alpha} \quad (1)$$

Rekomendasi geometri lereng didasarkan pada nilai FK aman yang paling minimum, yaitu  $FK \geq 1,25$  untuk lereng timbunan dengan material batuan lunak atau tanah penutup. Secara umum klasifikasi faktor keamanan terbagi menjadi labil, kritis, dan stabil berdasarkan besaran nilai perhitungan faktor keamanannya (Bowles) (Tabel 1) [5].

**Tabel 1.** Klasifikasi Faktor Keamanan

Faktor Keamanan	Kondisi
<1,07	Labil (terjadi longsor)
1,07-1,25	Kritis (dapat terjadi longsor)
>1,25	Stabil (tidak terjadi longsor)

Sifat fisik dan mekanik batuan atau tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kestabilan dari lereng karena berkaitan dengan besar kecilnya nilai kekuatan geser dimana kerobohan yang dialami pada lereng merupakan peristiwa keruntuhan geser, dengan demikian dalam melakukan analisa kestabilan dari lereng tanah atau batuan perlu diketahui sifat fisik dan mekanik batuan atau tanah yang mempengaruhi kuat geser. Berikut ini sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan yang dibutuhkan dalam melakukan analisa kestabilan lereng [6] :

1. Sudut geser dalam ( $\phi$ )  
Sudut geser dalam yaitu sudut yang terbentuk dari hubungan antara tegangan geser dengan tegangan normal dalam material tanah.
2. Kohesi (c)  
Kohesi adalah kuat tarik menarik antara butiran tanah yang dinyatakan dalam satuan berat persatuan luas. Bila kuat gesernya semakin besar, maka semakin besar pula harga kohesi dari tanah tersebut.
3. Bobot isi ( $\gamma$ )  
Harga bobot isi ( $\gamma$ ) batuan atau tanah akan menentukan besarnya beban yang diterima pada permukaan bidang longsor, harga ini dinyatakan dalam satuan berat per volume.
4. Nilai kuat geser  
Nilai kuat geser adalah kekuatan geser material yang tersedia untuk menahan material sehingga lereng tidak longsor yang dinyatakan dalam kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb.



Terdapat sejumlah metode yang dapat digunakan dalam analisis kestabilan lereng mulai dari yang sederhana, seperti metode kesetimbangan batas, sampai dengan yang canggih dan rumit, seperti metode *finite-element* dan metode *discrete-element*[7]. Dari sejumlah metode yang ada tersebut metode irisan merupakan metode yang paling umum dan digunakan sebagai metode untuk menganalisis kestabilan lereng. Terdapat sembilan metode analisis kestabilan lereng dimana sebagian besar metode tersebut memenuhi kesetimbangan gaya.

Metode Bishop yang disederhanakan merupakan metode yang paling populer dalam analisis kestabilan lereng. Anggapan yang dipakai pada metode ini yaitu besarnya gaya geser antar-irisan ialah sama dengan nol ( $X=0$ ) dan bidang runtuh berbentuk sebuah busur lingkaran. Kondisi kesetimbangan yang dapat dipenuhi oleh metode ini adalah kesetimbangan momen pada pusat lingkaran bidang keruntuhan untuk setiap irisan dan kesetimbangan gaya dalam arah vertikal untuk setiap irisan, sedangkan kesetimbangan gaya dalam arah horisontal tidak dapat dipenuhi (Tabel 2). Kesalahan metode ini apabila dibandingkan dengan metode lainnya yang memenuhi semua kondisi kesetimbangan seperti metode Kesetimbangan Batas Umum atau metode Spencer, jarang lebih besar dari 5%. Metode ini sangat cocok dipakai untuk menghitung secara otomatis bidang runtuh kritis yang bentuknya berupa busur lingkaran untuk memperoleh harga faktor keamanan optimum[8].

**Tabel 2.** Kesetimbangan Gaya Beberapa Metode Irisan

Metode	Kesetimbangan		
	Gaya Vertikal	Gaya Horizontal	Momen
Irisan biasa (Fellenius)	Tidak	Tidak	Ya
Bishop yang disederhanakan	Ya	Tidak	Ya
Janbu yang disederhanakan	Ya	Ya	Tidak
Janbu yang umum	Ya	Ya	Tidak
Lowe-Karafiath	Ya	Ya	Tidak
Corps of Engineer	Ya	Ya	Tidak
Spencer	Ya	Ya	Ya
Morgenstern - Price	Ya	Ya	Ya
Kesetimbangan Batas Umum	Ya	Ya	Ya

Faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng dibedakan menjadi dua berdasarkan penyebabnya, yaitu faktor internal meliputi geometri lereng, kondisi air tanah dan sifat geoteknik material serta

faktor eksternal meliputi getaran dan gempa, pelapukan dan erosi, *ground subsidence* akibat pembebanan, keadaan vegetasi dan curah hujan [9].

1. Faktor internal :
  - a. Geometri lereng  
Semakin lereng tinggi, resiko yang dihadapi akan bertambah besar. Ini disebabkan karena perubahan total tegangan (stress) yang dapat menyebabkan konsentrasi tegangan pada kaki lereng semakin besar seiring ketinggian lereng.
  - b. Kondisi air tanah  
Keberadaan air tanah yang mengisi celah-celah pada timbunan akan menambah berat beban yang ditanggung lereng.
  - c. Sifat geoteknik material  
Sifat geoteknik dapat diperoleh dari pengujian triaksial dan data uji kuat geser. Sifat yang menentukan tersebut yaitu nilai bobot isi, sudut geser dalam dan kohesi.
2. Faktor eksternal :
  - a. Getaran dan gempa  
Getaran dimaksud dapat berasal dari berbagai sumber seperti dari aktifitas peledakan atau aktifitas pengangkutan bahan galian yang menggunakan alat berat.
  - b. Pembebanan  
Penambahan beban di tubuh lereng bagian atas (pembuatan/ peletakan bangunan, misalnya dengan membuat permukiman) akan menambah gaya penggerak yang menyebabkan longsor.
  - c. Keadaan vegetasi  
Hilangnya tumbuhan penutup, menyebabkan alur-alur pada beberapa daerah tertentu. Penghanyutan makin meningkat sampai akhirnya terjadilah longsor.
  - d. Curah hujan  
Curah hujan sebagai salah satu komponen iklim, akan berpengaruh terhadap kejenuhan ( $S_r$  %) dan kadar air ( $w$  %). Hujan dapat meningkatkan kuantitas air dalam tanah dan lebih jauh akan menyebabkan kondisi fisik tubuh lereng berubah-ubah.

Usaha pencegahan merupakan tindakan pengamanan yang dilakukan agar kemungkinan kerusakan yang lebih berat pada lokasi-lokasi yang menunjukkan adanya gejala keruntuhan lereng atau daerah berpotensi longsor tidak terjadi. Usaha pencegahan yang dapat dilakukan meliputi pengubahan geometri lereng, mengendalikan air permukaan dan juga air rembesan, penanaman serta tindakan lain [10].

## METODE PENELITIAN

PT. Bumi Merapi Energi selaku pemegang Izin Usaha Pertambangan (IUP) sesuai dengan ketetapan gubernur Sumatera Selatan nomor : 403/KPTS/DISP/PERTAMBEN/



2016 tertanggal 28 Juni 2016 dengan luas daerah 1.842 hektar, secara geografi terletak pada  $103^{\circ}37' 1''$  BT sd  $103^{\circ} 43' 17''$  BT dan  $3^{\circ} 43' 11''$  LS sd  $3^{\circ} 46' 40''$  LS. Berlokasi di Kecamatan Merapi Selatan dan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan.

Metode penelitian terdiri dari tahap telaah pustaka (studi literatur), pengambilan data di lapangan, pengolahan dan analisis data, serta pengambilan kesimpulan dan saran. Penelitian diawali dengan mengumpulkan data-data yang relevan dan mendukung kegiatan penelitian seperti peta lokasi, peta geologi dan topografi, serta laporan hasil penyelidikan geoteknik daerah penelitian.

Pengumpulan data dilakukan dari pengamatan langsung di lapangan yaitu meliputi, pengambilan data geometri lereng timbunan aktual, antara lain data koordinat toe dan crest, data besar sudut lereng tunggal setiap lapis timbunan dan data jumlah dan lebar bench. Kemudian keseluruhan data hasil pengukuran dan perhitungan diolah menggunakan *software* yang mendukung seperti *Microsoft office 2010*, *AutoCad*, *Ventyx minescape 5.7* dan aplikasi *Rockscience slide V6.0* untuk menganalisis stabilitas lereng disposal.

1. Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Awal
  - a. Analisis faktor keamanan kestabilan lereng disposal area dengan menggunakan metode Bishop yang disederhanakan (*Bishop's simplified*) dengan asumsi muka air tanah dalam keadaan jenuh (*saturated*). Perhitungan faktor keamanan dan permodelan lereng stabil dilakukan dengan bantuan *software Rockscience slide V6.0*.
2. Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Modifikasi
  - a. Analisis rekomendasi geometri lereng disposal Pit Ulak Pandan Site Serelo Selatan yang paling sesuai dengan cara mensimulasikan geometri rencana yang diinginkan perusahaan sesuai dengan ketentuan geometri yang aman berdasarkan karakteristik *overburden* yang berada pada lokasi penelitian dan target penimbunan *waste dump material*.
  - b. Analisis faktor keamanan kestabilan lereng disposal area yang telah disimulasikan dengan menggunakan metode Bishop yang disederhanakan (*Bishop's simplified*) dengan asumsi muka air tanah dalam keadaan jenuh (*saturated*). Perhitungan faktor keamanan dan permodelan lereng stabil dilakukan dengan bantuan *software Rockscience slide V6.0*.
3. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng tanah penutup pada disposal area Pit Ulak Pandan Site Serelo Selatan berdasarkan karakteristik material *overburden* pada lokasi penelitian sehingga dapat diketahui upaya apa saja yang dapat dilakukan untuk perkuatan lereng disposal guna mencegah terjadinya longsoran.

Proses pemecahan masalah dilakukan dengan cara menguraikan suatu rumusan masalah menjadi beberapa poin sehingga didapatkan suatu penyelesaian. Setelah melakukan pengamatan lapangan untuk mendapatkan faktor-faktor yang dapat menyebabkan longsor pada lereng timbunan material *overburden* dan melakukan pengambilan data-data primer serta mengumpulkan data-data sekunder, hingga melakukan simulasi rekomendasi geometri dan sudut lereng. Selanjutnya dilakukan permodelan-permodelan geometri dan sudut lereng pada semua simulasi yang diberikan, kemudian permodelan tersebut dianalisis nilai faktor keamanannya sehingga akan diperoleh rekomendasi geometri dan sudut lereng tunggal juga keseluruhan yang memenuhi kriteria kondisi lereng yang aman yang dapat diajukan kepada perusahaan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Unit litostratigrafi di area IUP PT. BME berdasarkan peta geologi Lahat, Sumatera Selatan dari yang termuda hingga tertua adalah intrusi andesit, formasi Muara Enim, formasi Air Benakat, dan formasi Gumai. Formasi Gumai, Muara Enim dan Air Benakat terdeposit dengan baik kemudian mendapat intrusi batuan andesit. Andesit terdiri dari batuan andesitik dengan intrusi berbentuk *dike*. Formasi Muara Enim terdiri dari batu lempung tufaceous, batu lanau dan batu pasir dengan interkalasi batubara. Formasi Air Benakat terdiri dari alterasi batu lempung, batu lanau dan serpih, sebagian besar berkapur dan berkarbon. Formasi Gumai terdiri dari batu lempung, serpih di beberapa tempat interkalasi berkapur dengan batu kapur. Bentuk topografi berdasarkan pengamatan di lapangan relatif berkontur. Area di sekitar lokasi sudah terganggu oleh aktivitas penambangan. Terdapat sungai besar yaitu sungai Serelo, mengalir berdekatan dengan *high wall* dan *side wall* utara dari Pit aktual, jarak terdekat antara tepi sungai dan *side wall* adalah  $\pm 50$ m.

1. Berdasarkan log lubang bor geoteknik, jenis tanah di lokasi penelitian dari permukaan tanah ke kedalaman perkiraan bervariasi dari 0,00 hingga 6 meter dibawah muka air tanah didominasi oleh tanah liat plastisitas rendah hingga tinggi, dan berwarna coklat gelap
2. *Overburden* dan *interburden* batuan yang akan membentuk lereng terdiri dari *sandstone*, *claystone*, *siltstone*, batubara dan *coaly shale*. Litologi daerah ini didominasi oleh *sandstone*.

Berdasarkan hasil pengeboran pada titik lubang bor yang berada di lokasi *waste dump*, lubang bor memiliki kedalaman 20 meter dibawah muka air tanah, hasil pengeboran didominasi oleh material residu yaitu tanah liat plastisitas tinggi yang berwarna coklat hingga abu-abu. Tebal material hasil *coring* pada lokasi disposal bervariasi antara 1-7 meter (Tabel 3).

Berdasarkan data hasil pengeboran dari delapan titik lubang bor, terdapat beberapa batuan yang menyusun

litologi daerah penambangan yaitu *claystone*, *sandstone*, *siltstone* dan batubara (Tabel 4). Kemudian material yang menyusun litologi wilayah disposal yaitu *bedrock* (*claystone*), *waste material* dan *soil* (Tabel 5).

**Tabel 3.** Hasil Pengeboran Pada Lubang Bor GT-WD03

Kedalaman	Tebal	Material	Deskripsi
00,00 m – 04,50 m	4,50 m	<i>Silty clay</i>	Abu-abu, plastisitas tinggi
04,50 m – 06,00 m	1,50 m	<i>Sand</i>	Abu-abu, berbutir halus
06,00 m – 08,00 m	2,00 m	<i>Silty clay</i>	Coklat keabuan, plastisitas tinggi
08,00 m – 09,50 m	1,50 m	<i>Sand</i>	Coklat keabuan, berbutir halus
09,50 m – 10,50 m	1,00 m	<i>Sand</i>	Abu-abu, berbutir halus
10,50 m – 13,00 m	2,50 m	<i>Silty clay</i>	Abu-abu, plastisitas tinggi, berair
13,00 m – 20,00 m	7,00 m	<i>Silty sand</i>	Abu-abu, berbutir halus

**Tabel 4.** Material Properties Batuan Lokasi Penelitian

Litologi	Natural unit weight (kN/m <sup>3</sup> )	Saturated unit weight (kN/m <sup>3</sup> )	Ucs (kN/m <sup>2</sup> )
<i>Claystone</i>	17,63	19,51	1443
<i>Siltstone</i>	19,09	21,28	2478
<i>Sandstone</i>	20,47	21,44	3891
<i>Coal</i>	11,45	12,13	1646

**Tabel 5.** Material Properties Disposal Lokasi Penelitian

Material	Natural unit weight (kN/m <sup>3</sup> )	Kohesi (kN/m <sup>2</sup> )	Sudut geser dalam
<i>Bedrock (claystone)</i>	17,63	28,08	15,09
<i>Waste material</i>	19,16	36,00	15,02
<i>Soil</i>	15,76	30,40	07,60

Berdasarkan *design plan* dan pengamatan aktual lereng timbunan material penutup disposal Selatan memiliki geometri sebagai berikut : tinggi *bench* adalah 5 meter, lebar *bench* adalah 10 meter, jumlah *bench* yaitu 8 jenjang, sudut tunggal *bench* 60° dan sudut keseluruhan lereng yaitu 23-24°. Dengan jumlah volume total *overburden* yang dapat ditampung oleh disposal adalah sebesar 5.365.515,50 BCM.

Analisis lereng tunggal dilakukan sebagai berikut :

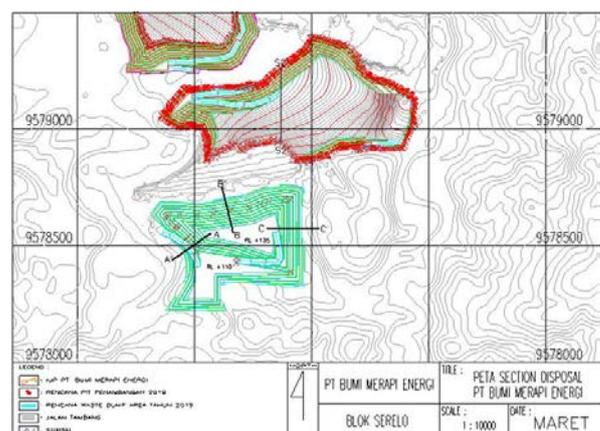
1. Bidang gelincir diasumsikan berbentuk *circular* dan dimaksudkan sebagai patokan dalam menganalisis stabilitas lereng keseluruhan.
2. *Material properties* yang digunakan adalah *material properties* dari data lubang bor di lokasi disposal (*bedrock*, *soil* dan *waste material*).
3. Analisa diasumsikan pada kondisi lereng jenuh, tidak ada beban dari luar dan faktor getaran diabaikan.
4. Batas nilai faktor keamanan lereng yang dijadikan kriteria standar keamanan adalah  $\geq 1,25$ .

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan faktor keamanan lereng tunggal diperoleh nilai FK  $\geq 1,25$  yang artinya lereng dalam kondisi stabil sehingga lereng disposal dapat dibentuk dengan geometri awal dan dapat dijadikan dasar simulasi *multi bench* pada lereng keseluruhan.

Analisis lereng keseluruhan dilakukan sebagai berikut :

1. Bidang gelincir diasumsikan berbentuk *circular* dengan berdasarkan pada hasil analisis kestabilan lereng tunggal.
2. *Material properties* yang digunakan adalah *material properties* seperti pada lereng tunggal (*bedrock*, *soil* dan *waste material*).
3. Analisa diasumsikan pada kondisi lereng jenuh dengan material *insitu* yaitu *bedrock* dan *soil* sebagai bidang gelincir.
4. Tidak ada beban dari luar dan faktor getaran diabaikan.
5. Batas nilai faktor keamanan lereng yang dijadikan kriteria standar keamanan adalah  $\geq 1,25$ .

Analisis faktor keamanan lereng keseluruhan dilakukan dengan menggunakan tiga buah penampang pada sisi lereng timbunan (Gambar 1). Hasil analisis kestabilan lereng keseluruhan menunjukkan bahwa kondisi lereng timbunan tidak aman. Hal ini dibuktikan dengan nilai faktor keamanan dari tiga penampang yang digunakan semuanya memiliki nilai dibawah 1,25 (Tabel 6).



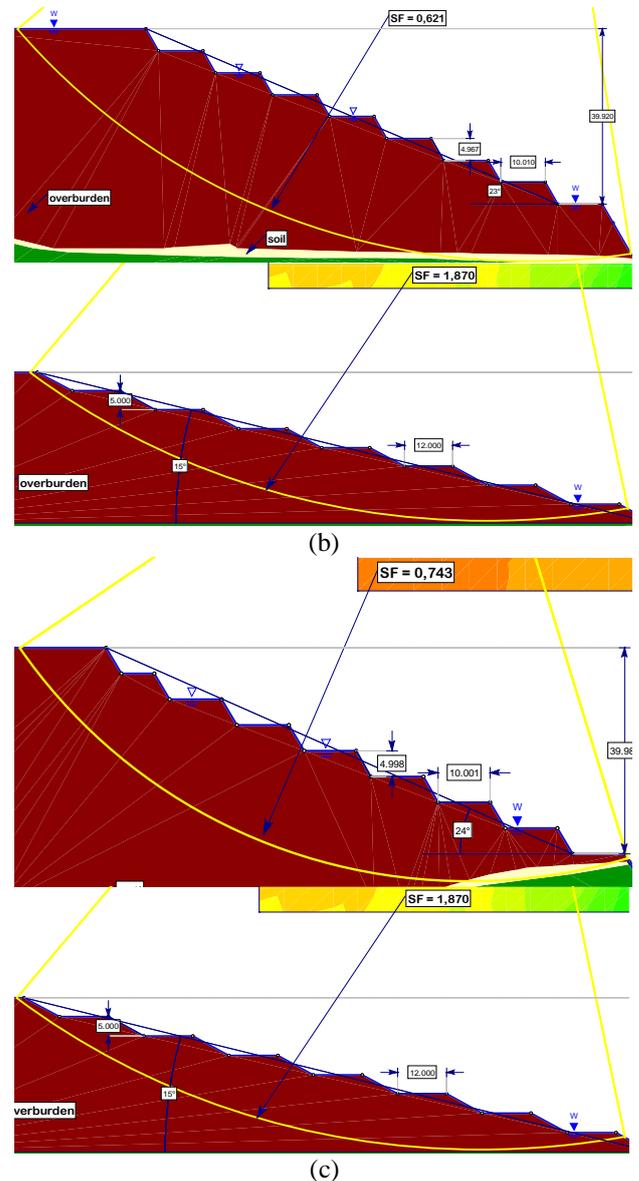
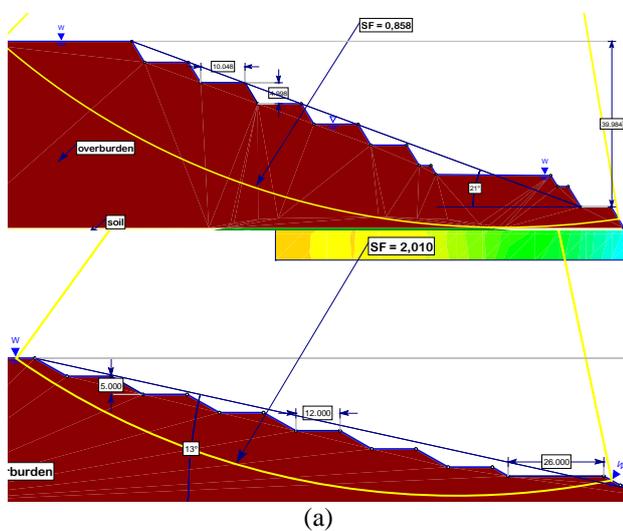
**Gambar 1.** Letak Irisan Penampang Lereng Timbunan

**Tabel 6.** Nilai Faktor Keamanan Lereng Awal

Penampang	Overall slope	FK	Keterangan
A-A'	21°	0,858	Tidak stabil
B-B'	23°	0,621	Tidak stabil
C-C'	24°	0,743	Tidak stabil

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa lereng akan runtuh atau mengalami kelongsoran sebab nilai faktor keamanannya lebih kecil dari 1,25. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisis dan perbaikan geometri lereng yang baru agar diperoleh lereng yang stabil dalam semua kondisi terutama di musim hujan (jenuh). Menilai dari hasil pengamatan di lapangan, ketidakstabilan lereng timbunan ini disebabkan oleh intensitas air hujan yang membuat material permukaan lereng menjadi lunak, kemudian karakteristik material penyusun lereng yang bersifat liat dengan tingkat pelapukan yang tinggi dan geometri lereng timbunan yang dibentuk terlalu curam.

Modifikasi geometri lereng untuk mendapatkan kondisi lereng timbunan yang aman dilakukan dengan mengubah *single slope* dan lebar jenjang disposal untuk mengurangi beban lereng sebagai momen penggerak sehingga memperbesar momen penahan dan mengurangi gerakan tanah. Hasil analisis faktor keamanan lereng timbunan setelah dilakukan modifikasi pada geometri lereng menunjukkan peningkatan nilai faktor keamanan ( $\geq 1,25$ ) sehingga lereng pada masing-masing penampang berada dalam kondisi stabil (Gambar 2 dan Tabel 7).



**Gambar 2.** Analisis FK Lereng Awal dan Modifikasi

**Tabel 7.** Faktor Keamanan Lereng Setelah Modifikasi

Penampang	Overall slope	FK	Keterangan
A-A'	13°	2,010	Stabil
B-B'	15°	1,870	Stabil
C-C'	15°	1,870	Stabil

Rekomendasi modifikasi geometri lereng desain disposal Selatan Pit Ulak Pandan site Serelo Selatan diperoleh dengan mensimulasikan geometri lereng rencana sehingga diperoleh desain yang sesuai (Tabel 8 sampai dengan Tabel 10).

**Tabel 8.** Geometri Lereng Penampang A-A'

Geometri lereng	Awal	Modifikasi
Tinggi keseluruhan timbunan	40 meter	40 meter
Tinggi <i>bench</i> tunggal	5 meter	5 meter
<i>Single slope</i>	60°	30°
<i>Overall slope</i>	21°	13°
Lebar <i>berm</i>	10 m, RL+105 : 26 m	10 m, 26 m

**Tabel 9.** Geometri Lereng Penampang B-B'

Geometri lereng	Awal	Modifikasi
Tinggi keseluruhan timbunan	40 meter	40 meter
Tinggi <i>bench</i> tunggal	5 meter	5 meter
<i>Single slope</i>	60°	30°
<i>Overall slope</i>	23°	15°
Lebar <i>berm</i>	10 meter	12 meter

**Tabel 10.** Geometri Lereng Penampang C-C'

Geometri lereng	Awal	Modifikasi
Tinggi keseluruhan timbunan	40 meter	40 meter
Tinggi <i>bench</i> tunggal	5 meter	5 meter
<i>Single slope</i>	60°	30°
<i>Overall slope</i>	24°	15°
Lebar <i>berm</i>	10 meter	12 meter

Evaluasi dan perancangan ulang disposal Selatan Pit Ulak Pandan site Serele Selatan menyebabkan perubahan pada besar kapasitas volume yang dapat ditampung disposal. Karena perbaikan yang dilakukan dengan cara mengubah dimensi lereng mengakibatkan pengurangan volume yang dapat ditampung oleh disposal, pengurangan kapasitas yang terjadi adalah sebesar 28 % dari kapasitas tampungan semula yaitu 5.365.515,50 BCM menjadi 3.833.566,37 BCM.

Faktor-faktor penyebab longsor pada area disposal adalah sebagai berikut :

1. Kesalahan pekerja membentuk dimensi lereng  
Melihat hasil pengamatan di lapangan, ambblasnya lereng timbunan tanah pada bagian bawah disebabkan oleh kemiringan *overall slope* yang besar, cukup jauh dari sudut geser dalam materialnya yaitu 15°.
2. Adanya air permukaan yang cukup banyak  
Air permukaan pada area disposal utamanya berasal dari air hujan yang turun pada lokasi penambangan. Intensitas curah hujan merupakan hal

yang biasa menjadi masalah bagi perusahaan pertambangan terutama dalam musim penghujan.

3. Penambahan beban luar pada lereng penimbunan  
Peralatan berat yang bekerja diatas lereng timbunan adalah salah satu faktor yang dapat menyebabkan longsor pada lereng timbunan tanah. Tonase peralatan berat menambah beban yang ditanggung oleh lereng sehingga memperbesar gaya penggerak yang memicu terjadinya longsor. Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa peralatan berat penambangan diparkirkan pada lokasi penimbunan, ini dilakukan agar alat angkut jaraknya dekat ke front penambangan. Namun, karena hal inilah yang menyebabkan beban lereng semakin berat.
4. Proses pelapukan dan erosi pada tubuh lereng  
Pelapukan yang terjadi pada timbunan tanah penutup merupakan hal yang alami dan umumnya disebabkan oleh angin, air dan makhluk hidup. Hasil-hasil pelapukan pada material tanah tersebut kemudian ditransportasi ke bagian yang rendah oleh aliran air hujan sehingga terjadi erosi. Akibat hal tersebut material-material di tubuh lereng menjadi lepas dan mudah terjadi longsor, kaki lereng timbunan yang tergradasi aliran air hujan dan kehilangan kuat gesernya.

### Upaya Perkuatan Lereng dan Pencegahan Longsor

1. Perkuatan Lereng
  - a. Memasang dinding penopang isian batu/semen  
Cara penanggulangan ini adalah dengan penimbunan pada bagian kaki longsor dengan material berbutir kasar yang dipadatkan dan yang berfungsi menahan tahanan geser.
  - b. Membuat sumuran  
Sumuran (0,1 – 2,0 m) dapat digunakan untuk menahan gerakan tanah dari tipe longsor yang relatif tidak aktif, sumuran ini terdiri dari cincin-cincin beton pracetak dan dimasukkan pada sumuran yang digali sampai mencapai kedalaman di bawah bidang longsorannya.
  - c. Membuat bronjong  
Bronjong isi batuan cocok digunakan pada lereng lokasi penelitian, bronjong yang berisi batuan-batuan besar diletakkan pada kaki lereng timbunan.
2. Pencegahan longsor
  - a. Menanam rumput atau tumbuhan perintis  
Tumbuh-tumbuhan hampir pasti menjadi bentuk terbaik untuk proteksi lereng, khususnya menahan erosi pada lereng tersebut. Rumput-rumputan yang menutupi lereng tidak hanya akan menambah daya ikat antar material tetapi juga akan menghambat lajunya air yang menuju/masuk ke lereng tersebut.
  - b. Melapisi lereng dengan dinding tipis  
Dengan adanya dinding (beton tipis) yang melapisi muka lereng tersebut maka lereng akan



terhindar dari erosi baik oleh air maupun udara serta terhindar dari pengaruh perubahan cuaca yang dapat menyebabkan terjadinya pelapukan

c. Penirisan lereng

Kehadiran air akan mempertinggi tekanan air pori sehingga mengurangi kekuatan batuan. Maka kegiatan yang harus dilakukan untuk melindungi lereng dari pengaruh air ini adalah :

1. Membuat sodetan atau jalan air agar air mengalir ke daerah yang tidak berbahaya atau keluar dari tubuh lereng.
2. Membuat jalan pada *bench* sedikit miring agar air tidak tergenang dan meniris kolam air yang berada diatas lereng.
3. Mencegah masuknya air ke dalam kekar-kekar tarik atau mengisolasi daerah yang tidak stabil terhadap air.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan olah data yang dilakukan selama penelitian, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulanyakni hasil analisis kestabilan lereng timbunan disposal Selatan Pit Ulak Pandan site Serelo Selatan dengan metode Bishop yang disederhanakan memiliki faktor keamanan terendah untuk analisis kestabilan lereng tunggal (*single slope*) adalah 1,832 ( $FK \geq 1,25$ ), hal ini artinya bahwa lereng tunggal disposal Selatan dalam keadaan aman sehingga geometri lereng dapat dibuat seperti yang telah dibentuk yaitu *single slope* 60°, lebar jentang 10 meter dan tinggi jentang tunggal 5 meter.

Kedua, berdasarkan hasil analisis faktor keamanan lereng keseluruhan (*overall slope*), diperoleh lereng disposal Selatan dalam kondisi tidak aman ( $FK \leq 1,25$ ) yang ditunjukkan oleh FK pada tiga penampang yang dibuat yaitu, penampang A-A' ( $FK = 0,858$ ); penampang B-B' ( $FK = 0,621$ ) dan penampang C-C' ( $FK = 0,743$ ). Oleh sebab itu dilakukan analisis ulanglereng timbunan untuk memperoleh rekomendasi desain lereng disposal yang sesuai dengan cara mengubah geometri lereng disposal sehingga didapat nilai faktor keamanan pada penampang A-A' sebesar 2,010; penampang B-B' sebesar 1,870 dan penampang C-C' sebesar 1,870.

Merujuk pada hasil pengamatan di lapangan, ketidakstabilan lereng disposal Site Serelo Selatan PT. Bumi Merapi Energiantara lain disebabkan oleh kesalahan pekerja dalam membentuk dimensi lereng, adanya air permukaan yang cukup banyak yang berasal dari frekuensi curah hujan yang intens, dan penambahan beban luar yang berada diatas lereng yaitu peralatan berat yang digunakan untuk meratakan material tanah timbunan. Kemudian untuk mencegah agar longsor tidak terjadi pada area disposal tersebut dapat diupayakan dengan melakukan pekerjaan perkuatan (*reinforcement*) dan perlindungan (*protection*).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Pangemanan, V. G. M., Turangan, A. E., & Sompie, O. B. (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(1) : 37-46.
- [2]. Fajar, M. I., Toha, T., & Bochori, B. (2019). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Pengaruh Getaran Tanah Akibat Peledakan Overburden di Pit South Tutupan PT ADARO INDONESIA. Disertasi Doktor, Fakultas Teknik : Universitas Sriwijaya.
- [3]. Hidayati, A. M. (2012). Analisa Stabilitas Lereng Pada Campuran Pasir Dan Tanah Lempung Dengan Menggunakan Permodelan di Laboratorium. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 8(1) : 1-10.
- [4]. Andriyan, S. H., Hirnawan, F., dan Yuliadi.,(2018). Stabilisasi Optimal Lereng Timbunan Overburden Pada Area Disposal PT. Insani Bara Perkasa Tambang Loa Janan, Provinsi Kalimantan Timur Dengan Rekayasa Geoteknik. *Prosiding Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Islam Bandung*, 2(4) : 391-397.
- [5]. Famungkas, F., Suyadi, W., dan Zaika, Y. (2015). Analisis Stabilitas Lereng Memakai Perkuatan Geotekstil dengan Bantuan Perangkat Lunak (Studi Kasus Pada Sungai Parit Raya). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(3) : 1058-1065.
- [6]. Zakaria, Z. (2009). Analisis Kestabilan Lereng Tanah. Laboratorium Geologi Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran : Bandung.
- [7]. Simatupang, A. (2013). Perbandingan Antara Metode Limit equilibrium dan Metode Finite Element dalam Analisa Stabilitas Lereng. *Jurnal Teknik Sipil USU*, 1(2) : 1-11.
- [8]. Rajagukguk, O. C., Turangan, A. E., & Monintja, S. (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland Sta. 1000m). *Jurnal Sipil Statik*, 2(3) : 139-147.
- [9]. Simanjuntak, A. (2019). Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Bishop (Studi Kasus: Bukit Lereng Bandar Baru, Kabupaten Deli Serdang). Skripsi, Universitas HKBP Nommensen : Medan.
- [10]. Korah, T., Turangan, A. E., & Sarajar, A. N. (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Janbu (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(1) : 22-28.