

**Studi Geoteknik Untuk Rencana *Highwall* Pit Lisat Kinong
PT Tehuh Sinar Abadi Desa Muara Bunyut, Kecamatan Melak,
Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur**

Geotechnical Study For Plan Of Coal Mining Highwall Slope at PIT Lisat Kinong
PT Teguh Sinar Abadi Muara Bunyut District Melak Regency Of Kutai Barat,
Kalimantan Timur

¹Mulki Luqmanul Hakim, ²Yuliadi, ³Maryanto

^{1,2}*Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,
Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116
email: hakim.mulki@gmail.com*

Abstract. Minerals are PT Teguh Sinar Abadi is one of Bayan Group Company which is engaged in coal mining with an open mining system that plans to expand the existing pit and create new pit. A geotechnical study was conducted to estimate the slope model to be applied so that slope formed would be safe and harmless. This study is expected to provide information and be taken into consideration in the future of slopes with a view to overcoming the constraints that may arise during mining operations. The geotechnical study at PT Teguh Sinar Abadi is based on the pit design used as the initial reference in the modeling of the Highwall slope. Pit design is then evaluated to know the SF value as a slope safety parameter. The result of evaluation at final pit design with slope angle = 28°, maximum high = 244,750 meter, mine floor elevation = -190 Mdpl, slope is not qualified with SF criterion, with SF = 1,107. The result of simulation of slope stability analysis can be recommended that is for Highwall Overall Slope of mine slope angle = 22°, maximum high = 237,410 meters, mine floor elevation = -190 Mdpl, SF = 1,568. Single slope design for Highwall with slope = 65°, maximum high = 10 meters for Siltstone, Sandstone and Claystone materials, and slope = 65°, maximum high = 5 meters for Soil with SF ≥ 1,2. Heap slope design for mixing material obtained slope = 25°, high = 40 meters and SF = 1,789.

Keywords : Geotechnical, SF (Safety Factor), Highwall and Slope Recommendation

Abstrak. PT Teguh Sinar Abadi merupakan salah satu perusahaan *Bayan Group* yang bergerak dalam bidang pertambangan batubara dengan sistem tambang terbuka yang berencana akan memperluas *PIT* yang sudah berjalan dan membuat *PIT* baru. Kajian geoteknik dilakukan untuk memperkirakan model lereng yang akan diterapkan agar lereng yang terbentuk nantinya aman. Kajian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan dijadikan sebagai pertimbangan dalam pembuatan lereng nantinya dengan maksud untuk mengatasi kendala – kendala yang kemungkinan akan muncul pada saat oprasi penambangan berlangsung. Kajian geoteknik di PT Teguh Sinar Abadi berdasarkan pada *pit design* yang dijadikan sebagai acuan awal dalam pemodelan lereng *Highwall*. *Pit design* kemudian dievaluasi untuk mengetahui nilai FK sebagai parameter keamanan lereng. Hasil evaluasi pada *final pit design* dengan sudut kemiringan lereng = 28°, tinggi maksimum = 244,750 meter, elevasi lantai tambang = -190 Mdpl lereng dinyatakan tidak memenuhi kriteria FK dengan FK = 1,107. Hasil simulasi analisis stabilitas lereng dapat direkomendasikan yaitu untuk lereng keseluruhan (*Overall Slope*) lereng *Highwall* sudut lereng tambang = 22°, tinggi maksimum = 237,410 meter, elevasi lantai tambang = -190 Mdpl, FK = 1,568. Desain lereng tunggal (*Single Slope*) untuk lereng *Highwal* sudut kemiringan jenjang = 65°, tinggi lereng = 10 meter untuk material *Siltstone*, *Sandstone* dan *Claystone* dan sudut jenjang 65°, tinggi lereng = 5 meter untuk *Soil* dengan FK ≥ 1,2. Desain lereng timbunan untuk material Campuran didapatkan sudut kemiringan jenjang = 25° dan tinggi = 40 meter dan FK = 1,789.

Kata Kunci : Geoteknik, FK (Faktor Keamanan), *Highwall* dan Rekomendasi Lereng

A. Pendahuluan

Studi geoteknik merupakan kajian ilmu teknik sipil yang membahas mengenai masalah kekuatan tanah dan batuan serta hubungannya dengan kemampuan kedua material tersebut untuk menahan beban yang ada di atasnya. Studi geoteknik dalam dunia pertambangan sangat diperlukan untuk mendisain suatu lereng tambang agar

aman, hal ini perlu dikaji dengan benar dan teliti karna menyangkut dengan keselamatan pekerja tambang dan alat – alat tambang. Untuk itu studi geoteknik pada lereng tambang terutama pada tambang batubara dengan kondisi penyusunnya batuan sedimen yang mudah terlapukan perlu dilakukan agar hal – hal yang merugikan tidak terjadi.

PT Teguh Sinar Abadi merupakan salah satu perusahaan Bayan Group yang bergerak dalam bidang pertambangan batubara dengan sistem tambang terbuka. PT Teguh Sinar Abadi berencana untuk memperluas pit yang sudah berjalan dan membuat pit baru. Sebelum melakukan desain pit, perlu dilakukan kajian dengan geoteknik untuk mendukung rancangan desain pit yang sudah dilakukan. Studi geoteknik dilakukan untuk memperkirakan geometri lereng yang akan diterapkan agar lereng yang terbentuk nantinya aman. Apabila lereng tambang tidak aman perlu dilakukan evaluasi geometri lereng dengan cara mengubah nilai dari ketinggian dan sudut dari lereng tersebut. Kajian ini juga diharapkan dapat memberikan informasi dan dijadikan sebagai pertimbangan dalam pembuatan lereng nantinya dengan maksud untuk mengatasi kendala – kendala yang kemungkinan akan muncul pada saat operasi penambangan berlangsung.

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas maka dilakukan penelitian dengan judul Studi Geoteknik Untuk Rencana Highwall Pit Lisat Kinong PT Teguh Sinar Abadi Desa Muara Bunyut, Kecamatan Melak, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur.

B. Landasan Teori

Kemantapan Lereng

Pada tanah dan batuan pembentuk suatu lereng dalam keadaan alamiah telah bekerja tiga gaya yang mempengaruhi tingkat kestabilan lereng yaitu tegangan vertikal, tegangan horizontal dan tekanan air pori. Ketiga gaya tersebut memiliki peranan penting dalam membentuk suatu kestabilan lereng. Selain itu pada tanah dan batuan sendiri memiliki sifat – sifat asli tertentu, seperti sudut geser, gaya kohesi dan bobot isi yang juga dapat mempengaruhi kemantapan lereng. Oleh karena itu dalam usaha untuk melakukan analisis kemantapan lereng harus diketahui secara pasti sistem tegangan yang bekerja dan juga sifat – sifat fisik dari suatu tanah atau batuan penyusun lereng. Dengan pengetahuan dari data – data tersebut barulah kemudian dianalisis kelakuan tanah dan batuan jikan akan dilakukan penggalian atau penimbunan.

Analisis kemantapan lereng dilakukan untuk mengetahui tingkat kestabilan suatu lereng. Terdapat tiga pendekatan utama dalam analisis kemantapan lereng yaitu pendekatan mekanika batuan, pendekatan mekanika tanah dan pendekatan yang menggunakan kombinasi dari keduanya.

Keamanan suatu lereng secara umum dinyatakan dnegan faktor keamanan (*safety factor*) . Faktor ini merupakan perbandingan antara gaya penahan yang mempertahankan kemantapan lereng dengan gaya penggerak yang menyebabkan kelongsoran. Secara matematis faktor keamanan lereng dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$FK = \frac{F_{ph}}{F_{pg}}$$

Dimana : FK = Faktor Keamanan Lereng
 F_{ph} = Gaya penahan
 F_{pg} = Gaya Penggerak

Apabila nilai FK untuk suatu lereng > 1 (gaya penahan $>$ gaya penggerak) lereng tersebut berada pada kondisi stabil. Namun apabila nilai FK < 1 (gaya penahan $<$ gaya penggerak) lereng tersebut berada pada kondisi tidak stabil dan mungkin akan terjadi longsor pada lereng tersebut.

Kriteria Kestabilan Lereng

Kestabilan lereng atau Faktor Keamanan (FK) adalah perbandingan antara kuat geser massan batuan yang dapat dikerahkan untuk menahan lereng agar tidak longsor dengan tegangan geser yang bekerja pada bidang longsor yang disebabkan oleh adanya gaya berat untuk mendorong longsor. Secara teoritis nilai FK $> 1,0$ dinyatakan aman, FK $< 1,0$ dinyatakan longsor dan FK = 0 dinyatakan kondisi kritis.

Namun, dalam kenyataannya banyak mempertimbangkan banyak faktor ketidak pastian yang akan terjadi pada pemodelan bentuk lereng, input parameter geoteknik dan lain –lain. Maka dari itu kriteria stabilitas lereng yang umumnya digunakan pada tambang terbuka yaitu FK = 1,2 – 1,5.

Menurut Canmet (1979) Faktor Keamanan untuk batuan dengan pengaruh air tanah yaitu FK 1,20 untuk lereng tunggal (Single Slope) dan FK 1,30 untuk lereng keseluruhan (Overall Slope) dengan masing masing menggunakan parameter kuat geser tanah pada kondisi sisa (residual).

Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Faktor-faktor yang mempengaruhi ketidakmampuan lereng terutama dalam metode analisis kemantapan lereng menggunakan sistem kalsifikasi massa batuan dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Geometri Lereng
Semakin besar sudut/kemiringan serta tinggi lereng maka kemantapannya akan berkurang.
2. Struktur Geologi
Setiap massa batuan terbentuk dari sekumpulan batuan utuh yang dipisahkan satu dengan lainnya oleh bidang diskontinu (ketidakterusan) yaitu berupa struktur geologi seperti : patahan (sesar), kekar, lipatan, bidang perlapisan dan sejenisnya. Karena bidang diskontinu adalah merupakan bidang lemah, maka perilaku massa batuan sangat bergantung pada karakteristik bidang lemah tersebut. Kehadiran struktur geologi dalam proses penambangan/penggalan lebih banyak berpengaruh buruk terhadap kemantapan lereng, hal ini karena kekuatan massa batuan berkurang serta memberi peluang lebih cepat pada proses pelapukan.
3. Kondisi Hidrologi dan Hidrogeologi
Air yang mengalir pada pori-pori batuan dapat mengurangi karakteristik kekuatan material, hal ini karena suatu komposisi batuan terdiri dari butiran-butiran mineral, air dan udara. Kekuatan ikatan antar butir dalam keadaan kering akan melemah jika diantaranya (ruang kosong/pori yang berisi udara) terisi oleh air.
4. Sifat Fisik dan Mekanik Material
Sifat fisik dan sifat mekanik tanah atau batuan yang diperlukan dalam analisa kemantapan lereng adalah :
 - Bobot Isi (γ)
Bobot isi batuan adalah perbandingan antara berat dengan volume material yang dinyatakan dalam satuan berat per volume.
 - Sudut Geser dalam

Sudut geser dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan tegangan normal dan tegangan geser di dalam material batuan. Sudut geser dalam adalah sudut rekahan yang dibentuk jika suatu material dikenakan tegangan yang melebihi tegangan gesernya.

- Kohesi (c)
Kohesi adalah kekuatan tarik menarik antar butiran tanah
 - Porositas
Batuan yang mempunyai porositas besar akan banyak menyerap air, dengan bobot isinya akan menjadi besar sehingga memperkecil kemantapan lereng.
 - Kandungan Air
Semakin besar kandungan air dalam batuan, maka tekanan air pori menjadi semakin besar pula, dengan demikian berarti kuat geser batuan menjadi semakin kecil sehingga kemantapan lereng menjadi berkurang.
 - Kuat Tekan, kuat tarik dan kuat geser
Kekuatan batuan biasanya dinyatakan dengan kuat tekan (confined and confined compressive strength), kuat tarik (tensile strength) dan kuat geser (shear strength). Batuan yang mempunyai kuat tekan, kuat tarik dan kuat geser yang besar akan lebih mantap atau tidak mudah longsor.
5. Gaya Dari Luar
Gaya-gaya dari luar yang dapat mempengaruhi (mengurangi) kemantapan suatu lereng adalah :
- Getaran yang diakibatkan oleh gempa, peledakan dan pemakaian alat-alat mekanis yang berat di dekat lereng.
 - Pemotongan pada dasar lereng (toe)

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

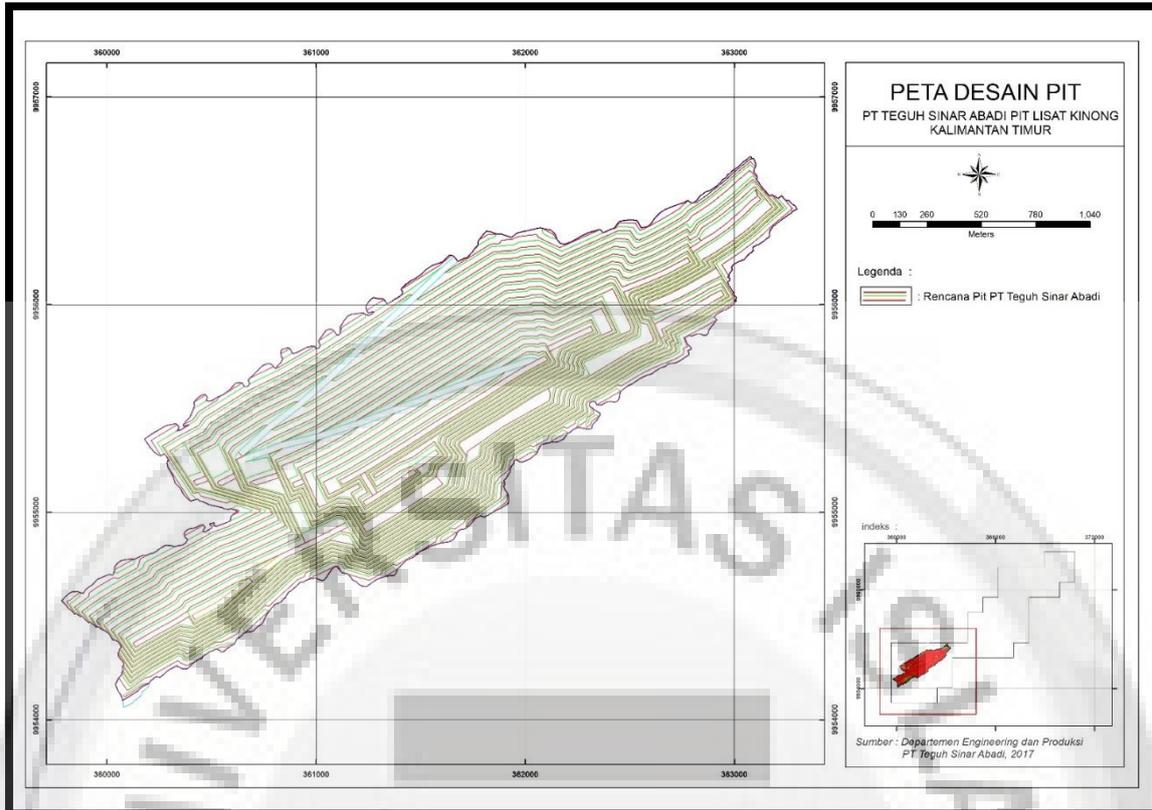
Pengeboran dan Sampling Geoteknik

Pengeboran geoteknik merupakan salah satu kegiatan dari eksplorasi dengan tujuan untuk mengetahui strata atau perlapisan dari tanah atau batuan di bawah permukaan bumi. Pengeboran geoteknik ini dilakukan dengan cara pengeboran inti atau sering disebut dengan core drilling. Sedangkan hasil dari pengeboran disebut dengan core. Core merupakan bagian silinder yang merupakan batuan yang diambil dari bagian bawah permukaan dengan kedalaman tertentu. Core tersebut yang nantinya akan diambil untuk sampel geoteknik.

Sampel geoteknik diambil pada setiap perlapisan batuan atau strata yang berbeda pada setiap interval kedalaman 25 meter dan diambil sebanyak 1,5 meter pada setiap perlapisannya. Dimana sampel tersebut dianggap sudah mewakili keadaan batuan dari lokasi tersebut. Sampel tersebut kemudian diuji di laboratorium untuk mendapatkan sifat fisik dan sifat mekanik dari batuan. Pengujian ini meliputi uji Sifat Fisik, Kuat Tekan Uniaksial, Geser Langsung, Point Load dan Ultrasonik.

Desain Pit

Desain pit dibagi menjadi 4 blok cadangan batubara yang diberi nama Blok Melamuk, Blok Lisat 1, Blok Lisat 2 dan Blok Lisat Kinong. Cadangan batubara Blok Melamuk telah habis ditambang pada pertengahan 2011, cadangan batubara Blok Lisat 1 telah habis ditambang pada akhir tahun 2012 dan cadangan batubara Blok Lisat 2 masih ditambang pada saat ini. Sedangkan cadangan Blok Lisat Kinong merupakan blok yang akan dijadikan perluasan pit, untuk itu pada blok ini dilakukan kajian geoteknik untuk mendapatkan desain geometri lereng yang optimal.

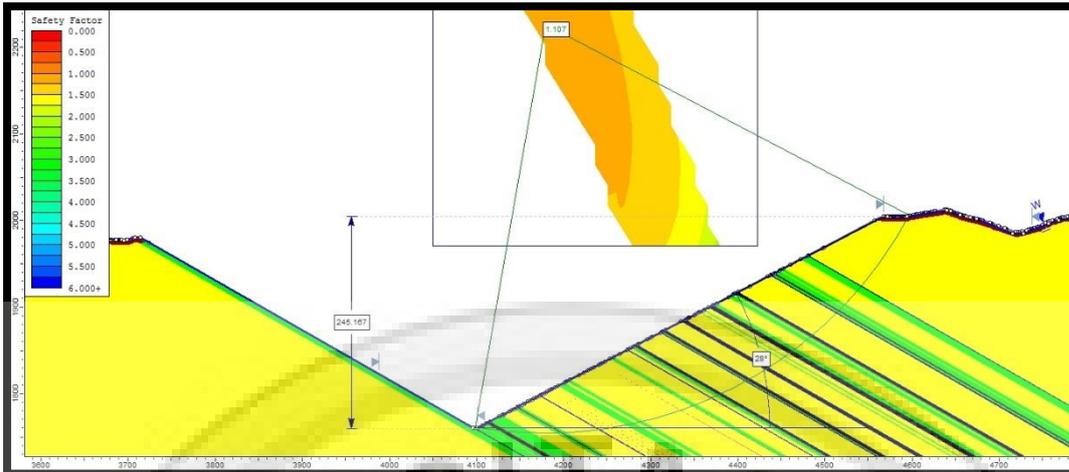


Gambar 1. Desain Pit PT Teguh Sinar Abadi

Analisis Kestabilan Lereng Keseluruhan (*Overall Slope*) dari *Final Pit Design*

Analisis ini dilakukan untuk mengevaluasi lereng keseluruhan dari final pit design yang direkomendasikan oleh perusahaan. Hasil akhir dari analisis ini yaitu memberikan keterangan terhadap lereng dari final pit design apakah lereng tersebut aman atau tidak. Apabila dari hasil analisis menunjukkan lereng aman maka geometri lereng mengikuti design yang sudah ada, namun apabila lereng menunjukkan tidak aman maka perlu melakukan desain ulang sampe hasil dari analisis menunjukkan lereng aman.

Hasil analisis terhadap model lereng keseluruhan dari final pit design dengan sudut kemiringan lereng = 28° , elevasi lantai tambang -190 Mdpl dan tinggi maksimum = 244,750 meter menunjukkan FK = 1,107. Berdasarkan hasil analisis tersebut lereng dari final pit design yang sudah ada tidak sesuai dengan FK yang disarankan yaitu $FK \geq 1,5$. Untuk itu perlu dilakukan simulasi pemodelan lereng sampai mendapatkan FK yang disarankan tersebut.



Gambar 2. Pemodelan Lereng Keseluruhan dari *Final Pit Design*

(Elevasi -190 Mdpl, $\alpha = 28$, $H = 244,750$ m, MAT Jenuh, $FK = 1,107$)

Simulasi Analisis Kestabilan Lereng Keseluruhan (*Overall Slope*)

Simulasi analisis kestabilan lereng keseluruhan (*Overall Slope*) bertujuan untuk mengetahui tingkat keamanan dari suatu lereng dengan melakukan pemodelan pada kedalaman dan sudut tertentu. Hasil akhir dari analisis ini yaitu membuat rekomendasi kedalaman yang akan digali (tinggi lereng keseluruhan) dengan sudut tertentu dan tentunya dengan faktor keamanan yang aman. Analisis lereng keseluruhan ini menggunakan beberapa acuan, diantaranya :

1. Geometri Lereng

Pemodelan lereng beracuan pada pit design yang sudah ada dengan sudut 28° dan pada elevasi lantai tambang -190 Mdpl, dan kemudian dikembangkan dengan beberapa variasi sudut 22° , 24° , dan 26° , dan pada elevasi -170 Mdpl dan -180 Mdpl. Pemodelan tersebut diambil atas dasar perencanaan lereng yang akan dibuat oleh PT Teguh Sinar Abadi. Model lereng keseluruhan dibuat dari penampang yang sejajar dengan dip lapisan batuan seperti (Gambar 4.4). Garis penampang yang dimaksud yaitu section 94 yang digunakan untuk analisis Highwall.

2. Input Parameter Pemodelan

Input parameter geoteknik yang digunakan untuk pemodelan yaitu berupa sifat fisik dan mekanik dari batuan. Input parameter tersebut didapatkan dari hasil uji laboratorium geoteknik yang dikerjakan di laboratorium. Uji Laboratorium yang dikerjakan yaitu uji Sifat Fisik (Dry Density, Staruted Density), Kuat Tekan Uniaksial (UCS, E, U), Geser Langsung (C, Φ), Point Load dan Ultrasonik..

3. Muka Air Tanah (MAT)

Muka Air Tanah (MAT) pada pemodelan lereng keseluruhan diasumsikan dengan dua kondisi yaitu MAT aktual dan MAT Jenuh.

4. Kriteria Kestabilan lereng

Analisis kestabilan lereng keseluruhan menggunakan $FK \geq 1,5$ dimana dengan FK tersebut lereng dinyatakan aman. Jika dalam analisis menghasilkan $FK < 1,5$ maka lereng tersebut dinyatakan tidak aman atau tidak memenuhi kriteria kestabilan lereng.

5. Metode Analisis

Metode analisis menggunakan metode kesetimbangan batas dengan

menggunakan software Slide dimana model akan di run pada software tersebut. Dengan metode ini longsor diasumsikan berbentuk silikular.

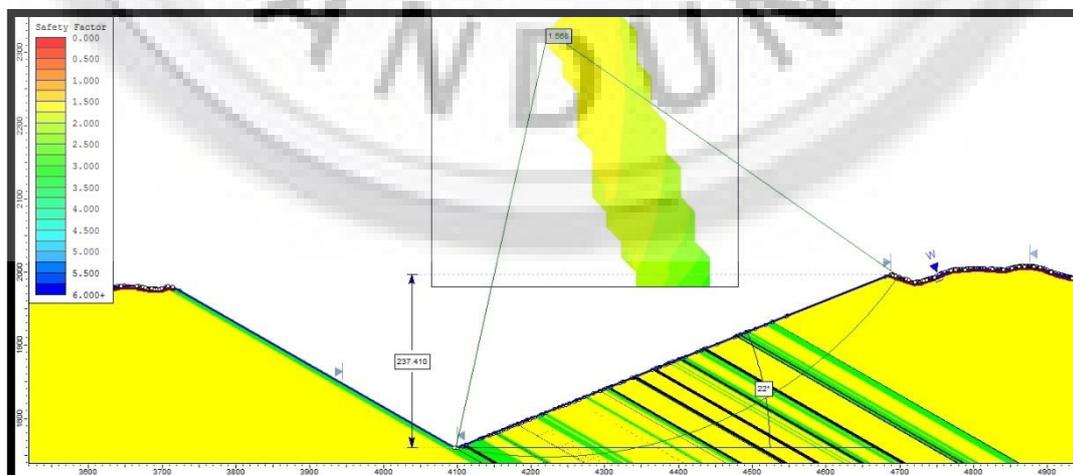
Dengan menggunakan beberapa acuan diatas kemudian model dianalisis satu persatu. Pemodelan lereng didasarkan pada variasi sudut dan elevasi yang berbeda beda sesuai dengan yang telah ditentukan sebelumnya, dimana model yang dianalisis sebanyak 24 (enam) buah model dengan asumsi MAT Aktual dan MAT jenuh.

Tabel 1. Hasil Rekapitulasi Pemodelan Lereng Keseluruhan

Elevasi (Mdpl)	Sudut ($^{\circ}$)	Tinggi (Meter)	FK	
			MAT Aktual	MAT Jenuh
-190	22	237,410	1,608	1,568
	24	246,894	1,446	1,411
	26	247,635	1,328	1,289
	28	244,750	1,157	1,107
-180	22	228,454	1,543	1,517
	24	237,599	1,412	1,380
	26	237,256	1,300	1,261
	28	236,344	1,207	1,117
-170	22	231,494	1,537	1,493
	24	224,388	1,378	1,341
	26	228,090	1,264	1,232
	28	231,770	1,134	1,102

Keterangan : : FK < 1,5 (Tidak Aman)
 : FK > 1,5 (Aman)
 : Rekomendasi

Berdasarkan hasil rekapitulasi pada Tabel 5.2 diketahui bahwa rencana desain PIT untuk overall slope yang akan direkomendasikan yaitu memiliki nilai FK = 1,568 dengan sudut kemiringan lereng = 22° , elevasi lantai tambang = -190 Mdpl dan tinggi lereng maksimum 237,410 meter.



Gambar 3. Pemodelan Lereng Keseluruhan

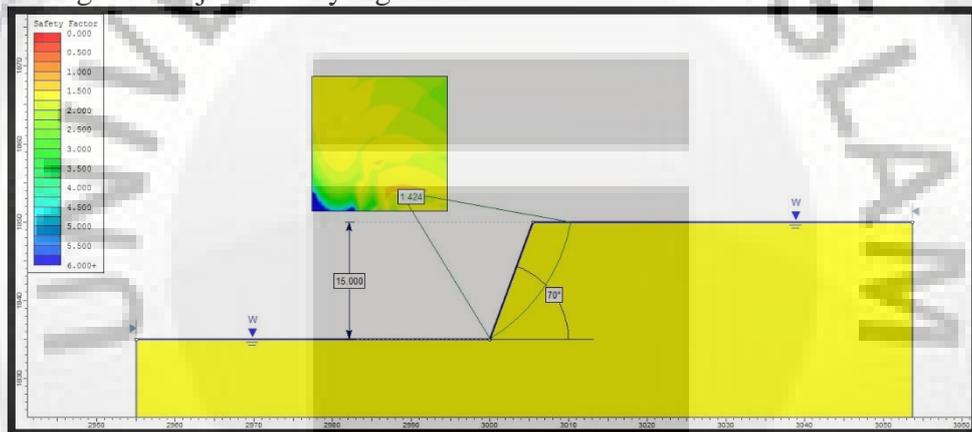
(Elevasi -190 Mdpl, $\alpha = 22^{\circ}$, H = 237,410 m, MAT Jenuh, FK = 1,568)

Simulasi Analisis Kestabilan Lereng Tunggal (*Single Slope*)

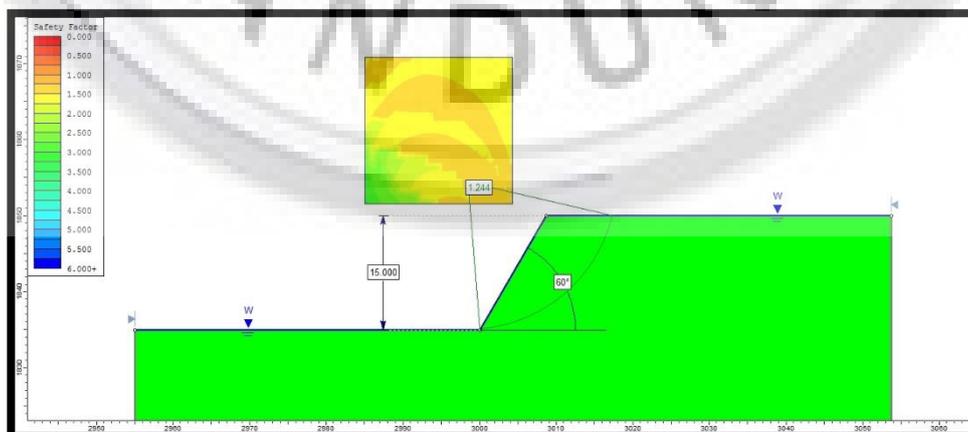
Simulasi analisis kestabilan lereng tunggal (*Single Slope*) bertujuan untuk mengetahui tingkat keamanan dari suatu lereng yang diliahat tiap litologinya yang kemudian dijadikan sebagai rekomendasi kepada perusahaan dengan kemantapan lereng yang sudah aman. Pemodelan lereng divariasikan berdasarkan tinggi dan sudut yang berbeda – beda untuk mengetahui mana yang lebih aman. Tinggi yang digunakan yaitu 5 m, 10 m, dan 15 m, dengan variasi sudut 55°, 60°, 65 ° dan 70°.

Kriteria FK (Faktor Keamanan) yang digunakan dalam pemodelan lereng tunggal ini mengacu pada Canmet (1979) dimana FK harus $\geq 1,2$. Artinya apabila FK hasil analisis dari lereng tunggal $\geq 1,2$ maka lereng dianggap stabil atau aman, namun apabila hasil analisis menghasilkan FK $< 1,2$ maka lereng dianggap tidak stabil atau tidak aman.

Hasil beberapa simulasi pemodelan untuk lereng tunggal (*Single Slope*), didapatkan rekomendasi untuk desain lereng tunggal yaitu dengan sudut 65° dan tinggi 10 meter untuk material Siltstone, Claystone dan Sandstone dan dengan sudut 65° dan tinggi 5 meter untuk material Soil. Dimana rekomendasi desain lereng tersebut dari setiap litologi menunjukkan FK yang aman.



Gambar 4. Pemodelan Lereng Tunggal Siltstone 1
($\alpha = 70^\circ$, H = 15 m, MAT Jenuh, FK = 1,424)



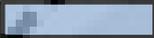
Gambar 5. Pemodelan Lereng Tunggal Claystone 1
($\alpha = 60^\circ$, H = 15 m, MAT Jenuh, FK = 1,244)

Simulasi Analisis Kestabilan Lereng Timbunan

Simulasi analisis kestabilan lereng timbunan dilakukan untuk membuat beberapa model timbunan dengan asumsi sudut 15° , 20° dan 25° dengan tinggi bervariasi yaitu 20 m, 30 m dan 40 m. Pemodelan ini diasumsikan dengan MAT jenuh yang merupakan kemungkinan paling buruk. Kriteria kemantapan lereng yang digunakan yaitu $FK \geq 1,5$.

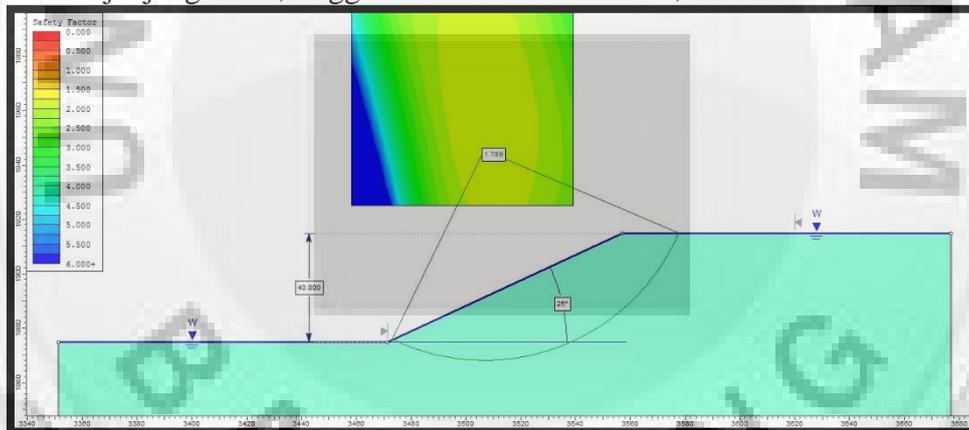
Tabel 2. Hasil Rekapitulasi Pemodelan Lereng Timbunan

Material	Sudut ($^\circ$)	MAT Jenuh		
		Tinggi (m)		
		20	30	40
Campuran	15	3,609	2,953	2,280
	20	3,256	2,419	1,991
	25	3,011	2,202	1,789

Keterangan :  : $FK > 1,5$ (Aman)

 : Rekomendasi

Dari hasil analisis didapatkan rekomendasi desain lereng timbunan yaitu dengan sudut jenjang = 25° , tinggi = 40 meter dan $FK = 1,789$.



Gambar 6. Pemodelan Lereng Timbunan Campuran

($\alpha = 25^\circ$, $H = 40$ m, MAT Jenuh, $FK = 1,789$)

D. Kesimpulan

Dari kajian geotek yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

1. Dari hasil analisis terhadap *final pit design* yang dibuat oleh PT Teguh Sinar Abadi di lereng *highwall* pada elevasi lantai tambang -190 Mdpl, sudut kemiringan lereng 28° dan tinggi maksimum 244,750 meter setelah dilakukan analisis ternyata *final pit design* tersebut berpotensi untuk mengalami longsor karena didapatkan $FK = 1,107$, dimana FK lebih kecil dari pada FK yang disarankan yaitu $\geq 1,5$. Untuk itu dilakukan pemodelan ulang untuk mendapatkan disain yang optimal yang akan direkomendasikan nantinya.
2. Dari hasil simulasi analisis lereng keseluruhan (*Overall Slope*) didapatkan

rekomendasi geometri lereng untuk disain lereng *highwall* di PIT Lisat Kinong direkomendasikan dengan sudut kemiringan lereng = 22° , tinggi maksimum = 237,410 meter, elevasi lantai tambang = -190 Mdpl dengan FK = 1,568.

3. Dari hasil simulasi analisis lereng tunggal (*Single Slope*) untuk *Highwall* di Pit Lisat Kinong yaitu dengan sudut jenjang 565° , tinggi jenjang = 10 meter untuk material *Siltstone*, *Claystone* dan *Sandstone* , dan dengan sudut jenjang 65° dan tinggi jenjang 5 meter untuk material *Soil*.
4. Dari hasil simulasi analisis geoteknik didapatkan rekomendasi untuk lereng timbunan dengan material campuran yaitu sudut jenjang = 25° , tinggi = 40 meter dan FK = 1,789.

E. Saran

Adapun saran yang diberikan ketika proses kegiatan berlangsung yaitu untuk melakukan kegiatan – kegiatan sebagai berikut :

1. Melakukan monitoring terhadap pergerakan batuan pada lereng untuk meminimalisir terjadinya longsor.
2. Melakukan pengendalian terhadap air dimana lereng diusahakan dalam kondisi kering terus untuk menghindari terjadinya longsor.
3. Melakukan pengeboran di sekitar lereng dengan tujuan untuk mengurangi air tanah dengan cara dipompa keluar agar lereng tetap terjaga dalam kondisi stabil.

Daftar Pustaka

- Arif, Irwandy. 2016. *Geoteknik Tambang*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Bieniawski, Z. T. 1984. *Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling*. A. A Balkema. Rotterdam.
- Hoek, E. & J. W. Bray. 1981. *Rock Slope Engineering*. Revised Third Edition. The Institution of Mining and Metallurgy. London.
- Kurniawan, Muhammad Arief. 2015. *Kajian Geoteknik Dan Geohidrologi Untuk Rencana PIT Extend PT Mansiri Nusa Pratama Desa Kebur Kecamatan Merapi Barat Kabupaten Lahat Provinsi Sumatra Selatan*. Tugas Aknir UNISBA. Bandung.
- Rai, Made Astawa, Suseno Kramadibrata dan Ridho Kresna Wattimena. 2014. *Mekanika Batuan*. Institut Teknologi Bandung (ITB). Bandung.