JURNAL SINTAKS LOGIKA Vol. 1 No. 3 , Agustus - 2021
https://jurnal.umpar.ac.id/index.php/sylog
DOI: https://doi.org/10.31850/jsilog.v1i3
E-ISSN : 2775-412X

ANALISA KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN SOFTWARE SLOPE W DAN VULCAN 7.5 PADA AREA PIT DI PT VALE INDONESAI TBK,SOROWAKO, KABUPATEN LUWU TIMUR, PROVINSI SULAWESI SELATAN

Hakzah[1*], Hamka Wakkang[2], Sulkifli[3]
[12,3]Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia
Sulkifli85@gmail.com

Informasi Artikel

Riwayat Artikel:

Dikirim *Author* : 9-01-2021
Diterima Redaksi : 10-01-2021
Revisi *Reviewer*: 12-01-2021
Diterbitkan *online*: 18-01-2021

Keywords:

Safety Factor (FK).

ABSTRACT

One of the problems commonly encountered in mining operations, especially in open pit mines, is the problem of slope stability. Differences in rock characteristics and distribution patterns cause the slope stability analysis process to be adjusted to the rock conditions and characteristics at each mining site. Stable slope conditions can certainly support the smooth operation of mining activities, but on the other hand unstable slope conditions have the potential to cause landslides which can then hamper production activities and endanger the safety of workers. One way that can be used to Analyze
The safety factor (FK) is obtained by analyzing the slope geometry based on several geotechnical parameters, including unit weight, cohesion, and internal friction angle (phi). Each parameter in the limonite and saprolite layers is summed and averaged to produce a number that can represent the characteristics of the data in the area. Then, the data is used at the analysis stage through the Slide V6.0 software to determine the FK (Safety Factor) value of the previously created Pit Design

Kata kunci*:*

Faktor Keamanan (FK).

ABSTRAK

Salah satu masalah yang umumnya dijumpai dalam operasi penambangan, terutama pada tambang terbuka adalah masalah stabilitas lereng. Perbedaan karakteristik dan pola penyebaran batuan, menyebabkan proses analisis kestabilan lereng harus disesuaikan dengan kondisi dan karakteristik batuan pada masing-masing lokasi penambangan. Kondisi lereng yang stabil tentunya dapat mendukung kelancaran aktivitas penambangan, namun sebaliknya kondisi lereng yang tidak stabil sangat berpotensi menyebabkan kelongsoran yang kemudian dapat menghambat aktivitas produksi serta membahayakan keselamatan pekerja. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menganalisis geometri lereng adalah dengan mengetahui Faktor Keamanan (*Safety Factor*), yang diperoleh melalui perbandingan antara besarnya gaya penahan dan gaya pendorong pada lereng batuan.
Faktor Keamanan (FK) didapatkan dengan cara menganalisis geometri lereng berdasarkan beberapa parameter geoteknik, diantaranya yaitu bobot isi (*unit weight*), kohesi, sudut gesek dalam (*phi*). Setiap parameter pada lapisan limonit dan saprolit tersebut dijumlahkan dan dirata-ratakan agar menghasilkan satu angka yang dapat merepresentasikan karakteristik data pada daerah tersebut. Kemudian, data tersebut digunakan pada tahap analisis melalui software Slope W.untuk mengetahui nilai FK (Faktor Keamanan) dari *Pit Design*

Penulis Korespondensi:
Sulkifli,
Program Studi Teknik Sipil,
Universitas Muhammadiyah Parepare,
Jl Jenderal Ahmad Yani KM. 6,
Kota Parepare, Indonesia.
Email: Sulkifli85@gmail.com

This is an open access article under the CC BY-SA license.

I. Pendahuluan

Petea merupakan area konsesi PT Vale Indonesia Tbk, merupakan perusahaan tambang penghasil bijih nikel terbesar di Indonesia yang menerapkan sistem penambangan terbuka (*Surface Mining*) dengan menggunakan metode penambangan *Open Cast Mining.* Metode penambangan ini diterapkan untuk menambang endapan bijih nikel laterit yang dilakukan dengan cara memotong bagian sisi bukit dari puncak menuju ke bawah sesuai dengan garis konturnya. Endapan nikel laterit didominasi oleh tanah residual yang terbentuk melalui proses lateritisasi pelapukan batuan beku ultramafik. Pengupasan atau pemotongan tersebut akan membentuk jenjang-jenjang lereng.

Salah satu masalah yang umumnya dijumpai dalam operasi penambangan, terutama pada tambang terbuka adalah masalah stabilitas lereng. Perbedaan karakteristik dan pola penyebaran batuan, menyebabkan proses analisis kestabilan lereng harus disesuaikan dengan kondisi dan karakteristik batuan pada masing-masing lokasi penambangan. Kondisi lereng yang stabil tentunya dapat mendukung kelancaran aktivitas penambangan, namun sebaliknya kondisi lereng yang tidak stabil sangat berpotensi menyebabkan kelongsoran yang kemudian dapat menghambat aktivitas produksi serta membahayakan keselamatan pekerja. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menganalisis geometri lereng adalah dengan mengetahui Faktor Keamanan (*Safety Factor*), yang diperoleh melalui perbandingan antara besarnya gaya penahan dan gaya pendorong pada lereng batuan.

Faktor Keamanan (FK) didapatkan dengan cara menganalisis geometri lereng berdasarkan beberapa parameter geoteknik, diantaranya yaitu bobot isi (*unit weight*), kohesi, sudut gesek dalam (*phi*). Setiap parameter pada lapisan limonit dan saprolit tersebut dijumlahkan dan dirata-ratakan agar menghasilkan satu angka yang dapat merepresentasikan karakteristik data pada daerah tersebut. Kemudian, data tersebut digunakan pada tahap analisis melalui software Slope W.untuk mengetahui nilai FK (Faktor Keamanan) dari *Pit Design* yang telah dibuat sebelumnya.

II. KAJIAN PUSTAKA

Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal dan tidak terlindungi (Braja M. Das, 1985). Lereng dapat terbagi menjadi dua kategori yaitu:

Lereng alami

Lereng alami merupakan lereng yang terbentuk secara alami akibat dari proses proses alam misalnya erosi. Lereng alam menurut keaktifannya dapat dibagi menjadi sebagai berikut:

a. Lereng aktif, yaitu lereng yang bergerak maupun yang tidak pada saat ini namun telah digerakkan oleh suatu siklus musiman sebelumnya.
b. Lereng tidak aktif, yaitu lereng yang tidak ditemukan adanya bukti telah terjadi pergerakkkan atau perpindahan dalam siklus musiman sebelumnya. Aktivitas lereng ini mungkin hanya terhenti sementara, namun memungkinkan terjadinya reaktivasi jika terdapat gangguan baik oleh alam maupun aktivitas manusia.

Beberapa penyebab terjadi nya suatu longsoran diakibatkan adanya penguatan tegangan geser (*Shear stress*) maupun pelemahan tegangan geser (*shear stress*) Pelemahan tegangan geser akan melemahkan permukaan lereng tersebut yang dapat disebabkan karena.

a. Erosi oleh aliran sungai, es, angin, pelapukan oleh udara, pengeringan dan pembekuan
b. Penurunan, longsoran batuan, runtuhan, *sliding* dan pendangkalan.
c. Fenomena yang berhubungan dengan aktifitas manusia seperti penambangan, penggalian terowongan atau perbuhan level muka air tanah (*water table*) pada daerah *toe.*

Lereng buatan

Lereng buatan adalah lereng yang dibuat oleh manusia untuk keperluan tertentu. Tanah asli dipotong dengan sudut lereng dan geometri tertentu yang memenuhi kebutuhan manusia. Misalnya untuk keperluan jalan tol,

penambangan, dan lainnya. Lereng buatan dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu:

Lereng penggalian

Saluran pembuangan dan lereng jalan adalah contoh dari lereng penggalian. Beberapa faktor utama yang memengaruhi masalah stabilitas lereng penggalian adalah:

1. Morfologi tanah, seri stratigrafi mekanika tanah dan kondisi hidrogeologi.
2. Pemilihan metode pembuatan.
3. Karakteristik mekanik material.
4. Kontrol rembesan

Rancangan penggalian diperlukan untuk menentukan kemiringan lereng dan tinggi lereng agar tetap stabil sehingga tidak terjadi longsor dan stabil. Selain itu dipertimbangkan juga faktor ekonominya. Parameter utama yang memengaruhi stabilitas lereng penggalian adalah sebagai berikut:

a. Permukaan batuan mengalami geseran dan deformasi.
b. Segi fisik dan geometri ketdiakmenerusan pada lereng.
c. Tinggi rata-rata, sudut lereng dan lebar geometri jenjang.
d. Ketidakmenerusan dan aliran pada massa tanah/batuan.

Lereng penimbunan

Tanggul, dam, jalan, dan *disposal* merupakan contoh contoh dari lereng penimbunan. Lereng penimbunan dibuat kohesif dan diperlukan pembangunan bertingkat dengan konsolidasi dan pengawasan tingkat beban untuk memperkuat pondasi tanah. Faktor utama yang memengaruhi masalah stabilitas lereng penimbunan antara lain:

a. Karakteristik mekanik material.
b. Pemilihan lokasi terkait masalah lingkungan.

Gerakan Tanah (Mass Wasting)

Gerakan tanah adalah pergerakan materi (batuan, tanah, dll) sepanjang dan searah dengan kemiringan lereng akibat gaya gravitasi. Gerakan tanah terjadi apabila gaya gravitas yang bekerja sejajar dengan kemiringan lereng melebihi kekuatan dari lereng tersebut (*slope failure*) (Sapiie, 2012). Faktor-faktor yang memengaruhi gerakkan tanah yaitu:

1. *Gradient* lereng
2. Pelapukan material pembentuk lereng
3. Kandungan air
4. Pembebanan
5. Tidak ada atau kurangnya vegetasi

Jenis – Jenis Longsor

Pengertian longsor

Longsor merupakan peristiwa perpindahan massa tanah atau batuan beserta massa lainnya yang terdapat didalamnya yang bergerak kebawah akibat adanya gaya gravitasi. Secara umum terdapat dua faktor utama yang bekerja pada bidang longsor yaitu faktor pendorong dan faktor penahan, apabila faktor pendorong lebih besar dari faktor penahan maka akan terjadi longsor. Terdapat enam jenis longsor yang dapat terjadi pada batuan atau tanah yaitu (Sapiie, 2012):

a. Longsoran Translasi

Massa tanah pada tipe longsoran translasi bergerak pada suatu bidang gelincir yang terbentuk merata ataupun menggelombang secara landai

b. Longsoran Rotasi

Massa tanah pada tipe longsoran rotasi bergerak pada suatu bidang gelincir yang berbentuk cekung sehingga seringkali terdapat perputaran atau rotasi dalam bidang gelincir tersebut. Jenis longsoran ini merupakan jenis yang sering terjadi didaerah tambang PT Vale Indonesia Tbk karena sebagian besar lereng merupakan tanah yang cenderung mudah lepas.

c. Pergerakan Blok

Jenis longsoran pergerakan blok seperti longsoran translasi yang bergerak pada bidang gelincir yang cenderung mendatar. Namun, pada pergerakan blok massa yang bergerak merupakan massa blok batu yang biasanya dalam ukuran yang besar. Sehingga sangat berbahaya bagi manusia yang tinggal disekitarnya apabila terkena longsoran seperti ini.

d. Runtuhan Batu

Jenis longsoran ini adalah ketika suatu massa batu terlepas dan jatuh bebas kebawah. Longsoran ini biasa terjadi pada bukit terjal dengan lereng yang cukup curam dan menggantung, seringkali ditemukan pada tebing pantai.

e. Rayapan Tanah

Jenis longsoran ini biasanya tidak terlihat karena massa tanah bergerak secara perlahan dan tidak terdeteksi. Namun pada waktu yang cukup lama akan merusak karena infrastruktur diatasnya akan terus bergeser dan menjadi miring ke bawah.

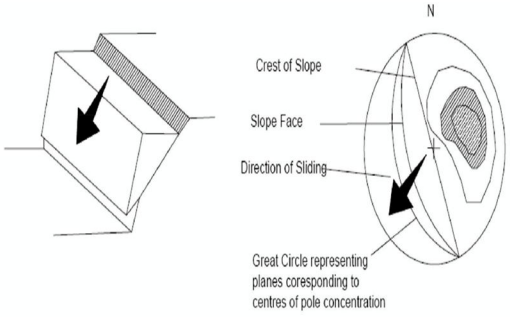
f. Aliran Bahan Rombakan

Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume, tekanan air dan jenis materialnya. Gerakannya sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya.

Jenis – jenis longsoran pada lereng

Jenis-jenis longsoran yang umumnya terjadi pada lereng batuan dan tanah adalah longsoran bidang (*Plane Failure*), longsoran baji (*Wedge Failure*), longsoran guling (*Toppling Failure*), dan longsoran busur (*Circular Failure*).

a. Longsoran Bidang (*Plane Failure*)

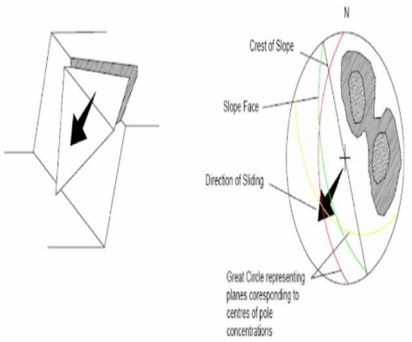


Longsoran bidang merupakan longsoran akibat adanya struktur geoogi yang berkembang pada tubuh batuan atau tanah seperti kekar (*joint*) maupun sesar. Longsoran ini dapat terjadi apabila memenuhi kondisi kondisi berikut:

1. Jurus (*strike*) bidang luncur mendekati paralel terhadap jurus bidang permukaan lereng.
2. Kemiringan bidang luncur harus lebih kecil dari pada kemiringan bidang
3. permukaan lereng.
4. Kemiringan bidang luncur yang lebih besar daripada sudut gesek dalam (*internal friction*).

Terdapat bidang bebas yang merupakan batas lateral dari massa batuan atau tanah yang longsor.

b. Longsoran Baji (*Wedge Failure*)



Longsoran baji dapat terjadi apabila dua bidang lemah bertemu / berpotongan sehingga lereng membentuk baji. Longsoran baji dapat dibedakan menjadi dua tipe longsoran yaitu longsoran tunggal (*single sliding*) dan longsoran ganda (*double sliding*). Pada longsoran tunggal, longsoran terjadi pada salah satu bidang, sedangkan pada longsoran ganda, longsoran terjadi pada kedua bidang lemah. Longsoran baji tersebut akan terjadi apabila memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Kemiringan lereng lebih besar daripada kemiringan garis potong kedua bidang lemah
2. Sudut garis potong kedua bidang lemah lebih besar daripada sudut geser dalamnya

c. Longsoran Guling (*Toppling Failure*)

Longsoran ini terjadi pada lereng yang terjal dan batuan yang keras, struktur bidang lemahnya berbentuk kolom-kolom. Longsoran terjadi apabila bidang bidang lemah berawalan arah dengan kemiringan lereng. Syarat terjadinya longsoran guling ini adalah:

1. $\beta > 90^o + \phi - \alpha$, di mana β = kemiringan bidang lemah, ϕ = sudut geser dalam dan α = kemiringan lereng.
2. Perbedaan maksimal jurus (*strike*) dari kekar (*joint*) dengan jurus lereng (*slope*) adalah 30^o.

d. Longsoran Busur (*Circular Failure*)

Longsoran busur umumnya terjadi pada material yang bersifat lepas (*loose material*) seperti material tanah. Sesuai dengan namanya, bidang longsorannya berbentuk busur. Batuan hancur yang terdapat pada suatu daerah penimbunan dengan dimensi besar akan cenderung longsor dalam bentuk busur lingkaran (Hoek & Bray, 1981).

Pada jenis longsoran ini, struktur geologi belum diketahui berpengaruh pada kestabilan lereng di Petea. Perhitungan kestabilan lereng dalam studi ini hanya memasukan parameter nilai kohesi, berat jenis, sudut gesek dalam, geometri lereng dan kondisi air tanah.

Parameter Geoteknik Tanah

Untuk menganalisis kestabilan lereng pada tanah, dibutuhkan beberapa parameter yang terbagi menjadi sifat fisik dan sifat mekanik.

1. Sifat fisik

Sifat fisik tanah terdiri atas porositas, bobot isi, *specific gravity*, absorpsi dan *void ratio.*

a. Porositas (n), adalah perbandingan volume rongga dengan volume total. Nilai porositas dinyatakan dalam persentase (%) atau desimal.

$$n = \frac{Vv}{V} \quad \text{..... (1)}$$

b. Bobot isi (γ), adalah perbandingan antara berat butiran dengan volume total.

$$\gamma = \frac{Ws}{Vt} \quad \text{..... (2)}$$

c. Angka pori (e), adalah perbandingan volume kosong dengan dengan volume butiran. Dinyatakan dalam persentase (%) atau desimal.

$$e = \frac{Vv}{Vs} \quad \text{..... (3)}$$

d. Berat volume basah (γ_b), adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara, dengan volume total tanah.

$$\gamma b = \frac{Wa}{VT} \quad \text{..... (4)}$$

e. Berat volume kering/padat (γ_s), adalah perbandingan antara berat butiran padat dengan volume butiran padat.

$$\gamma s = \frac{Ws}{Vs} \quad \text{..... (5)}$$

f. Berat spesifik atau *specific gravity* tanah (Gs), adalah perbandingan antara berat volume butiran padat dengan berat volume *void*.

$$Gs = \frac{\gamma s}{\gamma w} \quad \text{..... (6)}$$

2. Sifat mekanik

Sifat mekanik atau kuat geser tanah adalah gaya yang dihasilkan oleh interaksi antar butir tanah yang melawan desakkan atau tarikan yang dialami. Kuat geser tanah ini bergantung kepada nilai kohesi dan sudut gesek dalam. Kegagalan pada lereng (longsor) terjadi akibat ketika terjadi tegangan antar butir terdapat pergerakan atau pergeseran dalam butir tanah sehingga tubuh tanah secara keseluruhan bergeser meluncur satu sama lain.

a. Kohesi

Menurut Blasio (2011), kohesi tanah merupakan besarnya gaya resistensi/perlawanan tanah per satuan luas dan dapat dinyatakan dalam satuan Pascal (Pa). Pada tanah alami, kohesi terjadi karena adanya gaya elektrostatik antara partikel lempung dan lanau. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa tanah tanpa kandungan lempung dan lenau merupakan tanah yang tidak kohesif.

b. Sudut Gesek Dalam (*Angle of Internal Friction*)

Sudut gesek dalam tanah merupakan ukuran kekuatan geser tanah untuk menahan gaya yang menyebabkan pergeseran. Pada grafik Mohr Coulomb, sudut geser dalam merupakan sudut yang terbentuk antara tegangan normal dengan tegangan geser.

III. Metodologi Penelitian

Jenis Penelitian

Penelitian dalam ini menggunakan metode evaluasi dengan membandingkan hasil analisis dengan standar ketetapan yang berlaku di area tersebut. Penelitian dilakukan dengan mengevaluasi geometri lereng dari satu *section* yang telah ditentukan dan jika belum memenuhi kriteria minimum yang telah ditetapkan, akan dilakukan desain ulang lereng secara keseluruhan. Beberapa variabel yang akan dievaluasi adalah lebar lereng, tinggi lereng dan sudut lereng.

Lokasi Dan Waktu Penelitian

Kegiatan Penelitian ini dilaksanakan selama ± 2 bulan, terhitung sejak tanggal 20 April 2019 sampai 20 Juni 2019, bertempat di lokasi

rencana penambangan nikel laterit PT Vale Indonesia Tbk, area Petea *Pit B2C4*. Secara administratif, lokasi peneitian termasuk dalam *area site* sorowako yang terletak di Sorowako, Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan.

Sumber Data

Adapun sumber data dalam penelitian ini terbagi atas dua jenis :

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dengan cara pengamatan langsung, pada penelitian ini hanya didapatkan data Foto Observasi Lapangan.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari hasil penelitian yang pernah dilakukan di daerah penelitian tersebut, berupa:

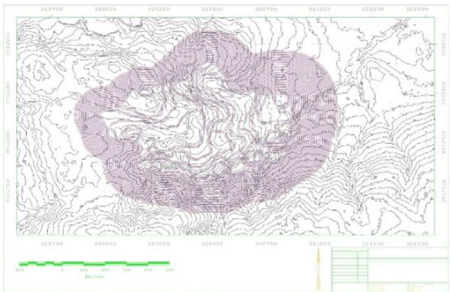
a. Peta Geologi Regional dan Lokal
b. Peta Topografi daerah penelitian
c. Peta Desain Pit daerah penelitia
d. Data struktur geologi lokal daerah penelitian
e. Data *Core Analyses* Geoteknik daerah penelitian yang meliputi:

Tahap Penelitian

Di tahapan ini, penulis melakukan serangkaian kegiatan pengumpulan data, yakni pengambilan data lapangan, data topografi daerah penelitian, data *cross section Nickel Hill pit Compartement* 05.

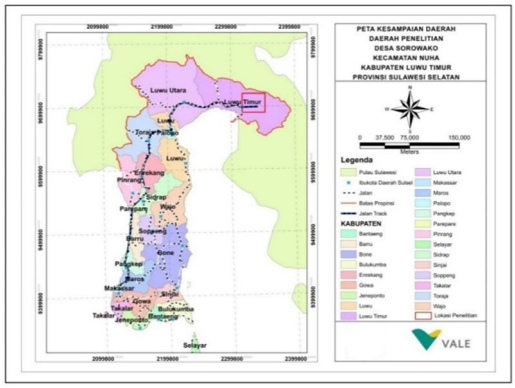
1. Lokasi HILL B2C4

Penelitian ini dilakukan pada daerah *West Block* Sorowako *Pit* yang merupakan salah satu dari wilayah konsesi utama PTVI. Lokasi penelitian dipusatkan pada *Nickel Hill Pit Compartement* 05**.**



Gambar 4.1 Topografi Lokasi *Nickel Hill Comaprtement* 05

2. **Data *Critical Cross Section***



Data critical cross section adalah data berupa gambar penampang melintang (vertikal) topografi *Nickel Hill Pit Compartement* 05 yang dianggap kritis/critical yang diperoleh dari hasil sayatan aplikasi Vulcan™ 7.5. Data ini memperlihatkan kenampakan perlapisan material Anoa South disposal secara aktual serta plan-nya. Penentuan lokasi penyayatan ini pada aplikasi Vulcan™ 7.5 didasarkan pada beberapa hal, diantaranya :

a. Daerah-daerah dengan tingkat kedalaman yang paling besar dari permukaan tanah merupakan prioritas.
b. Keadaan topografi yang berpotensi mengalami kelongsoran karena perlu mendapatkan perhatian khusus.
c. Jumlah critical cross section yang dibuat setidaknya bersifat representatif/balanced terhadap kondisi aktual di lapangan dan plan yang ada.

Pada *Nickel Hill Pit Compartement* 05 , penulis diberikan sebanyak 12 (dua belas) critical cross sections, yakni A – A', B – B', C – C', D – D', E – E', F – F', G – G', H – H', I – I', J –J', K – K' dan L – L' (Gambar 4.2). Untuk lebih jelasnya, berikut ini ditampilkan penjabaran tiap critical cross section.

IVanalisa Data dan Pembahasan

Bab ini merupakan bab yang akan menjelaskan tentang analisis stabilitas rencana lereng *B2C4 pit* berdasarkan data-data yang telah diperoleh dari Bab IV sebelumnya. Secara khusus bab ini merupakan petunjuk utama dalam menyimpulkan penelitian ini. Adapun hal-hal yang akan dilakukan dalam analisis ini yaitu :

a) Pemodelan rencana *B2C4 pit* secara dua dimensi (2D) menggunakan aplikasi

SLOPE/W© 2007 berdasarkan data *critical cross section* yang diperoleh dari aplikasi Vulcan™ 7.5. Setelah itu menghitung Faktor Keamanan dari masing-masing *section* tersebut.

b) Memodifikasi geometri (*redesigning*) rencana *B2C4 pit* terhadap *section* yang memiliki nilai FK < 1,3 (tidak aman) sehingga didapatkan desain dengan nilai FK ≥ 1,3.

c) Penentuan geometri lereng yang *applicable* (dapat diterapkan di lapangan) setelah dilakukan analisa kestabilan lereng yang baru (*redesigning*).

Pemodelan yang dimaksud adalah membuat geometri mengikuti alur tampilan *critical cross section* perlapisan material pada *B2C4 pit* yang telah diperoleh dari aplikasi Vulcan™ 7.5 secara dua dimensi/2D (x,y) dengan menggunakan aplikasi SLOPE/W© 2007. Tampilan *section* ditransformasikan menjadi *region* berbentuk poligon tertutup yang mewakili setiap perlapisan tanah sesuai dengan zona lapisan material yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah *region* terbentuk maka dilakukan *input* model kekuatan dan nilai karakteristik materialnya. Pemodelan material-material tersebut menyesuaikan dengan ciri khas/karakteristiknya masing-masing yang telah dijelaskan sebelumnya pada bagian akhir Bab IV sehingga perhitungan nilai Faktor Keamanan (FK) pada SLOPE/W© 2007 dapat dilaksanakan. Perlu ditekankan sebelumnya bahwa poin yang akan dijelaskan pada subbab ini hanyalah pemodelan berdasarkan desain *original* dan tidak termasuk *redesigning*. Pembahasan mengenai *redesigning* ini akan dijelaskan tersendiri pada subbab selanjutnya.

V.Penutup

Kesimpulan

Setelah melakukan berbagai kegiatan pada saat Kerja Praktek, membuat penulis menjadi lebih tahu mengenai masalah geoteknik yang terjadi pada daerah pertambangan, khususnya pada lokasi *B2C4 Pit***.** Analisis stabilitas rencana lereng *pit* dalam *geotechnical assessment* merupakan kunci utama untuk mewujudkan konstruksi *pit* yang *applicable* (dapat diterapkan saat di lapangan) dan aman terkait *concern* terhadap *safety issue* pada area operasi penambangan PT Vale Indonesia Tbk. Secara umum, hal ini dilakukan dengan tujuan mendukung suksesnya keseluruhan rangkaian operasi penambangan agar dapat berlangsung dengan aman. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Lereng *B2C4 pit* dianalisa dengan kondisi *undrained shear strength*, karena kondisi tersebut merupakan kondisi jenuh total sehingga nilai FK merupakan nilai yang kritis.
2. Desain model awal *B2C4 pit* dengan penampang melintang E – E' dan G – G' memenuhi kriteria faktor keamanan (direkomendasikan) dari suatu lereng (FK ≥1,3), maka tidak perlu dilakukan modifikasi/*redesigning* pada geometri lereng tersebut.
3. Desain model awal *B2C4 pit* dengan penampang melintang A – A', B – B', C – C', D – D', F – F', H – H', I – I', J –J', K – K' dan L – L'tidak memenuhi kriteria faktor keamanan (tidak direkomendasikan) dari suatu lereng (FK<1,3), maka perlu dilakukan modifikasi/*redesigning* pada geometri lereng tersebut.
4. Modifikasi (*redesigning*) dilakukan dengan memundurkan batas pit (pit limit) dan melandaikan sudut dari masing-masing *bench* lereng pada desain lereng awal, sehingga desain pit awal menjadi lebih luas.
5. Perolehan nilai FK setelah dimodifikasi dengan Slope-W© 2007 memenuhi kriteria faktor keamanan yang telah ditetap kan PTVI, yaitu FK≥1,3.
6. Nilai FK minimum yang didapatkan dari hasil analisis stabilitas lereng adalah 1,325 sedangkan nilai FK maksimum adalah 2,979 dengan menggunakan Slope-W© 2007.
7. FK rata-rata *(average Factor of Safety)* secara keseluruhan dari rekomendasi desain rencana lereng *B2C4 pit* setelah dilakukan *redesigning* ialah 1,347. Artinya, rekomendasi desain lereng tersebut dapat diterapkan di lapangan (*applicable*).

Saran

1. Mematuhi rekomendasi geotek terhadap rekomendasi geometri lereng sangatlah penting untuk menghindari potensi kegagalan lereng (kelongsoran).
2. Pemantauan / inspeksi setiap harinya sangat diperlukan, supaya lereng selalu tetap berada dalam geometri yang disarankan (sesuai plan) dan aman untuk masing-masing area. Jika aktual tidak sesuai plan yang disarankan, memungkinkan Faktor Keamanan berkurang dan dapat terjadi kelongsoran.

Daftar Pustaka

[1] Abramson, L.W., Lee, T.S., Sharma, S., & Boyce, G.M. 2002. *Slope Stability and Stabilization Methods*. New York: John Wiley & Sons.

[2]Ahmad, Waheed. 2005. *Laterite: Fundamental of Chemistry, Mineralogy, Weathering Process and Laterite Formation*. Sorowako: PT International Nickel Indonesia.

[3]Azizi, M.A., dkk. 2012. *Analisis Risiko Kestabilan Lereng Tambang Terbuka.* Prosiding Simposium Dan Seminar Geomekanika Ke-1.

[4]Azizi, M.A. 2014. *Pengembangan Metode Penentuan Reliabilitas Kestabilan Lereng Tambang Terbuka Batubara di Indonesia.* Disertasi. Instititut TeknologiBandung.

[5]Bemmelen, van, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia*. Netherland: The Haque

[6]Blasio, F.V. 2011. *Introduction to the Physics of Landslides*. New York: Springer Science+Business Media.

[7]Bowles, Joseph E. 2000. *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 5*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

[8]Coffield, D.Q.; dkk. 1993. *Tectonic and Stratigraphic Evolution of the Kalosi PSC Area and Associated Development of a Tertiary Petroleum System, South Sulawesi, Indonesia*. Indonesia: Proceeding Indonesian Petroleum Association 22nd Annual Convention

[9]Das, B.M., Endah, N., Mochtar, I.B. 1988. *"Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)" Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

[10]Das, B.M., Endah, N., Mochtar, I.B. 1993. *"Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)" Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

[11]Das, B.M. 2002. *Soil Mechanics Laboratory Manual (6th edition)*. Oxford: Oxford University Press Inc.

[12]Elias, M. 2001. *Nickel Laterite Deposits – Geological Overview, Resources and Exploitation*. Australia: CSA Australia.

[13]Golightly, P.J. 1979. *Nikeliferous Laterite: A General Description. International Laterite Symposium*. Canada: Inco Metals Company.

[14]Hall, Robert. 1995. *Plate Tectonic Reconstructions of the Indonesian Region.* Indonesia: Proceeding Indonesian Petroleum Association

[15]Hamilton, W. 1979. *Tectonics of the Indonesian Region*. Washingtion D.C.: USGS Professional Paper

[16]Hardiyatmo H.C. (c). 2006. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

[17]Hoek, E. & J. W. Bray. 1981. *Rock Slope Engineering*, Revised Third Edition. London: The Institution of Mining and Metallurgy.

[18]Hustrulid, W. & Kuchta, M. 1995. *Open Pit Mine Planning & Design, Vol. 1*, A.A. Balkema, Rotterdam.

[19]Hutchison, C.S. 2008. *Geological Evolution of South East Asia*. Malaysia: Geological Society of Malaysia

[20]Katili, J.A. 1979. *Complication of Cenozoic Tectionic Development in Eastern Indonesia*. Washington D.C.: American Geophysical Union.

[21]Morgenstern, N.R. & Price, V.E. 1965. *The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces*. London: The Institution of Civil Engineers.

[22]Purwanto, Edi. 2002. *Diktat Perencanaan Tambang Terbuka*. Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Teknologi Mineral dan Batubara.

[23]Read. J & Stacey. P. 2009. *Open Pit Slope Design*. Australia: CSIRO Publishing.

[24]Sapiie, B & Agus H.H. 2012. *Prinsip Dasar Geologi Struktur*. Bandung: Penerbit ITB