



RANCANGAN TERASERING UNTUK STABILISASI LERENG PADA TAMBANG NIKEL LATERIT

Muhammad Ilham Sidiq^{1*}, Zufialdi Zakaria², Agung Mulyo³

^{1, 2, 3} Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Jatinangor

*Korespondensi: Sidiq_i@gmail.com

ABSTRAK

Kajian geologi teknik merupakan hal yang penting dalam tambang terbuka, rancangan lereng yang stabil diperlukan untuk keberlangsungan pertambangan. Bahan dari kajian ini merupakan tambang nikel laterit yang berada di daerah Sebuku, Kabupaten Kota Baru, Kalimantan Selatan. Beberapa cara yang dilakukan untuk membuat suatu rancangan lereng diantaranya dengan menggunakan analisis Software *Slide 6.0*. Penulis melakukan analisis perhitungan nilai keamanan lereng tunggal tanah dimulai dari sudut *overall slope* 60°, 50°, 40°, 30°, dan analisis lereng majemuk dengan sudut *overall slope* 40° dan disertai pembuatan terasering dengan 2 lereng dan 3 lereng, sehingga di peroleh nilai faktor keamanan lereng (*FS*) > 1.25 (Bowles, 1984). Data untuk modifikasi rancangan lereng pada titik pengamatan yang memiliki faktor keamanan stabil dan yang belum stabil diperoleh berdasarkan hasil analisis laboratorium uji sifat fisik dan mekanik tanah. Berdasarkan hasil analisis nilai faktor keamanan lereng untuk lereng tunggal tanpa dipengaruhi oleh nilai koefisien getaran gempa, *FS* yang stabil di dapat pada sudut 40° dengan nilai *FS* > 1.25, dari hasil simulasi lereng majemuk dengan dua lereng di dapat pada sudut *overall slope* 40° dan *bench slope* 50° dengan nilai *FS* > 1.25 dan dari simulasi lereng majemuk dengan tiga lereng didapat simulasi lereng stabil dengan *overall slope* 40° dan *bench slope* 60°. Dengan dipengaruhi nilai koefisien getaran gempa terjadi penurunan nilai faktor keamanan lereng, penurunan nilai kestabilan lereng ini sebesar 0.11 - 0.117. Rekomendasi untuk rancangan lereng stabil pada tambang nikel laterit ini yaitu lereng majemuk 2 lereng dengan sudut lereng yaitu *overall slope* 40° dan *bench slope* 50°.

Kata kunci : Rancangan Lereng, Nikel Laterit

ABSTRACT

*Geotechnical study is important in open-pit mining, the design of a slope that stable necessary for the sustainability of mining. Material of this study is a lateritic nickel mine located in Sebuku, District of Kota Baru, South Kalimantan. Some way that goes into making a draft slope such as using analysis software slide 6. The author analyzes the calculation of the safety values of a single slope of the soil starting from an angle of 60°, 50°, 40°, 30°, and compound slope analysis starting from an angle of overall slope 40° and accompanied by the through of terracing with two slope and three slope, so that in obtaining the value of slope safety factor (*FS*) > 1.25 (Bowles, 1984). Data for modification of slope design at observation point which has stable and unstable safety factor is obtained based on result of laboratory analysis of soil physical and mechanical test. Based on the analysis of slope safety factor values for single slopes without being affected by earthquake vibration coefficient, stable *FS* can be at an angle of 40° with *FS* > 1.25, from the simulation of the compound slope with two slope can be at an angle of overall slope 40° and bench slope 50° with the value of *FS* > 1.25 And from the simulation of the compound slope with three slope obtained stable slope simulation with overall slope 40° and bench slope 60°. With the impact of earthquake vibration coefficient value is a decrease of slope safety factor value, the slope stability value decrease is 0.11 - 0.117. Recommendation for stable slope design at this laterite nickel mine is a compound slope with two slope for angle overall slope 40° and bench slope 50°.*

Keys word: Stability slope, Nickel laterite

1. PENDAHULUAN

Laterit pertama kali disebutkan oleh Buchanan (1807) (dalam USGS 2011). Laterit berasal dari bahasa Latin yaitu "Later" yang berarti batubata, dan digunakan untuk mendeskripsikan lempung yang dikeraskan di India. Lempung ini mengandung konsentrasi besi tinggi dan terkeraskan oleh paparan suhu permukaan. Terminologi laterit kemudian digunakan untuk mendeskripsikan profil batuan pada tanah hasil pelapukan daerah tropis, dengan kandungan mineral terlarutnya telah hilang dan digantikan dengan mineral tak larut. Mineral nikel berasal dari batuan ultramafik (dapat dari Dunite, Peridotite, Lherzotite, Serpentinite, dll). Batuan induk sering juga disebut dengan Ore Body, Ore Body dengan kandungan Ni terbesar pada umumnya didapat dari proses pelapukan batuan ultramafik yang kaya akan olivin karena kandungan Ni pada olivin lebih tinggi dari mineral mafic jenis lainnya. Di Indonesia kandungan terbesar Ni berasal dari Laterite (Nickel Oxide (NiO_2)), hasil proses pelapukan batuan ultramafik dan sulfida (SO_2) yang merupakan produk proses magmatisme dalam. Lereng merupakan kenampakan permukaan alam yang memiliki beda tinggi. Apabila beda tinggi dua tempat tersebut dibandingkan dengan jarak lurus mendatar, akan diperoleh besarnya kelerengan (*slope*). Bentuk lereng tergantung pada proses erosi gerakan tanah dan pelapukan. Lereng memiliki parameter topografi yang terbagi dalam dua bagian, yaitu kemiringan lereng dan beda tinggi relief. Stabilitas lereng sangat berhubungan dengan terjadinya longsor atau gerakan tanah yang merupakan proses berpindahnya massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah. Perubahan keseimbangan daya dukung tanah merupakan penyebab terjadinya pergerakan tanah dan pergerakan tanah ini akan berhenti setelah mencapai keseimbangan baru. Untuk menganalisis Lereng dapat dilakukan melalui perhitungan Faktor Keamanan Lereng dengan melibatkan data sifat fisik

tanah, mekanika tanah (geoteknis tanah) dan bentuk geometri lereng (Panglar, 1985 dalam Zakaria, 2010). Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng di alam dapat dikelompokkan secara garis besar sebagai gaya-gaya penahan dan gaya penggerak. Gaya penahan diartikan sebagai gaya yang mempertahankan kondisi stabil pada lereng sedangkan gaya penggerak diartikan sebagai gaya-gaya yang bersifat mendorong, sehingga menyebabkan kondisi nilai kestabilan pada lereng menurun (Fahlevi dkk, 2012). Pembahasan membahas lebih lanjut mengenai rancangan lereng pada pertambangan terbuka (*open pit*) dengan menggunakan analisis Software *Slide 6.0*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Secara fisiografis, daerah penelitian termasuk ke dalam Blok Meratus bagian tenggara, berada di luar pulau utama, lebih tepatnya di Pulau Sebuku. Secara regional, Pulau Sebuku merupakan bagian dari kerangka tektonik Pulau Kalimantan. Pulau Kalimantan dibatasi oleh Laut Cina Selatan barat laut dan Laut Sulu di sebelah utara, sedangkan di bagian selatan Laut Jawa dan tenggara dibatasi oleh Selat Makasar. Berdasarkan evolusi metamorfik menurut Soesilo. dkk (2015), tatanan tektonik dari Tenggara Sundaland ditandai dengan dua sutur tektonik, yang dibatasi oleh mikrokontinen Paternoster. Suture pertama adalah sisa akresi Jura yang terletak di barat mikrokontinen dan menghasilkan Suture Meratus. Suture kedua adalah kompleks akresi Kapur, terletak di Timur mikrokontinen Paternoster. Studi kali ini hanya fokus pada akresi Jura di barat mikrokontinen Paternoster. Menurut Gleeson. dkk (2003), endapan nikel laterit terbentuk dari pelapukan *pervasive* yang panjang pada batuan ultrabasa pembawa Ni silikat, dan pada umumnya berada di daerah tropis hingga subtropis (daerah-daerah dekat katulistiwa), seperti negara New Caledonia, Kuba, Filipina, Indonesia, Kolombia, dan Australia.

Terminologi “laterit” digunakan untuk mendeskripsikan horizon tanah yang memiliki karakteristik bermacam-macam, juga untuk mendeskripsikan profil pelapukan. Kini, secara umum terminologi ini digunakan untuk menjelaskan lapisan tanah yang memiliki kandungan besi oksida tinggi dengan zona miskin silika di bagian atas dari sebuah regolith yang terlapukkan secara intensif di daerah beriklim tropis. “Laterit nikel” merujuk pada regolith yang mengandung nikel yang secara ekonomis dapat ditambang, tetapi tidak merujuk pada suatu horizon tertentu di dalam profil pelapukannya. Beberapa profil laterit yang memiliki kerak besi di bagian atasnya (*ferruginous drustcrust*), tidak memiliki konsentrasi nikel yang bersifat ekonomis.

Longsor adalah suatu proses untuk pencapaian keseimbangan baru pada suatu lereng. Lereng yang seimbang merupakan Lereng yang tidak longsor atau lereng yang stabil. Ketika terjadi gangguan terhadap keseimbangan lereng, maka kondisi lereng menjadi tidak seimbang. Ketika muncul ketidakseimbangan kondisi lereng akan tidak teratur untuk mencari keseimbangan baru (Zakaria, 2010).

Longsoran (*landslide*) merupakan bagian dari gerakan tanah, jenisnya terdiri atas jatuhan (*fall*), jungkiran (*topple*), luncuran (*slide*), nendatan (*slump*), aliran (*flow*), gerak horisontal atau bentangan lateral (*lateral spread*), rayapan (*creep*) dan longsoran majemuk).

Kemantapan suatu lereng dipengaruhi oleh gaya-gaya penggerak dan gaya penahan yang ada pada lereng tersebut. Gaya-gaya penggerak berupa gaya berat, gaya tiris atau muatan, sedangkan gaya-gaya penahan berupa gaya gesekan. Apabila gaya penahan ini lebih besar dari gaya penggerak, maka lereng tersebut tidak akan mengalami kelongsoran atau lereng dalam keadaan stabil (Azizi, 2011).

Analisa Kestabilan Lereng pada daerah aktif gempa perlu mempertimbangkan pengaruh respon dinamik dari lereng pada bukit selama terjadinya gempa bumi untuk dapat mengetahui kekuatan kestabilan

lereng dalam keadaan gemetar (Del,dkk, 2015).

Gempa merupakan suatu peristiwa alam berupa getaran atau guncangan tanah yang diawali oleh patahnya lapisan tanah atau batuan di dalam kulit bumi dan diikuti pelepasan energi begitu mendadak. Indonesia menempati zona tektonik yang sangat aktif karena tiga lempeng besar dunia dan sembilan lempeng kecil lainnya saling bertemu di wilayah Indonesia dan membentuk jalur-jalur pertemuan lempeng yang kompleks (Bird, 2003). Keberadaan interaksi antar lempeng-lempeng ini menempatkan wilayah Indonesia sebagai wilayah yang sangat rawan terhadap gempa bumi (Milson *et al.*, 1992 dalam Irsyam 2010).

Energi sisa ini berpotensi mengganggu kestabilan lereng disekitarnya terutama dalam bentuk getaran tanah. Kegagalan dalam menjaga kestabilan lereng dapat menyebabkan longsoran yang akan mengganggu operasional pertambangan dan membahayakan para pekerja di sekitarnya (Fahlevi,dkk, 2012).

Untuk mengetahui koefisien gempa di daerah penelitian dilakukan dengan cara perhitungan. Perhitungan untuk menghitung koefisien gempa adalah sebagai berikut :

$$K_h = a_d / \alpha$$

Dimana :

K_h = Koefisien Gempa

a_d = Percepatan gempa maksimum terkoreksi di permukaan tanah (gal)

α = Gravitasi

Pada Penelitian ini dilakukan permodelan geologi rekayasa untuk tambang dan pit dalam penilaian stabilitas lereng. Stabilitas lereng tergantung pada karakteristik geologi dan geoteknik dari batuan dan tanah.

3. METODE

Pada penelitian ini objek yang diteliti berupa tanah hasil lapukan batuan ultramafik yang merupakan material pembentuk laterit, meliputi deskripsi sifat fisik dan mekanik tanah. Pada tahapan

observasi lapangan ini dilakukan pengenalan terlebih dahulu terhadap daerah penelitian. Observasi lapangan ini dilakukan di Site Sebuku PT SILO. Observasi ini bertujuan untuk dapat mengenali kondisi tanah dan batuan pada daerah yang akan di teliti. Pada observasi lapangan ditetapkan titik pengambilan sample untuk rancangan lereng pit.

Pengolahan data dilakukan dengan analisis software *slide 6.0*, hasil dari analisis software ini berupa beberapa simulasi lereng stabil dan yang belum stabil. Selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel-tabel, grafik atau rangkaian gambar dalam menyelesaikan suatu proses tertentu. Analisis hasil pengolahan data dilakukan dengan tujuan memperoleh kesimpulan sementara..

Penulis melakukan analisis perhitungan nilai keamanan lereng tunggal tanah dimulai dari sudut $30^\circ, 40^\circ, 45^\circ, 55^\circ, 70^\circ, 80^\circ$, kemudian di analisis juga lereng majemuk dimulai dari sudut $40^\circ, 45^\circ, 55^\circ, 70^\circ, 80^\circ$ dan disertai dengan pembuatan terasering, sehingga di peroleh nilai faktor keamanan lereng (FS) >1.25 (Bowles, 1984). Data untuk modifikasi rancangan lereng pada titik pengamatan yang memiliki faktor keamanan stabil dan yang belum stabil diperoleh berdasarkan hasil analisis laboratorium uji sifat fisik dan mekanik tanah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Simulasi Dalam Kondisi Normal

Dilakukan beberapa simulasi untuk rancangan geometri lereng tunggal dan lereng majemuk. Sketsa lereng tunggal dimulai dari sudut *overall slope* $60^\circ, 50^\circ, 40^\circ$ dan 30° sedangkan untuk lereng majemuk dengan 2 lereng dimulai dari *overall slope* 50° dengan *bench slope* 60° dan untuk *overall slope* 40° dengan *bench slope* 50° , untuk lereng majemuk dengan 3 lereng dilakukuan simulasi dengan *overall slope* 40° dengan *bench slope* 70° dan 60° .

Pertama dilakukan simulasi untuk lereng tunggal, dengan *overall slope* bernilai 60° didapat nilai faktor keamanan (FS) lereng

sebesar 0.956, dengan *overall slope* 50° didapat nilai faktor keamanan (FS) lereng sebesar 1.100, dan terakhir dengan *overall slope* 40° didapat nilai faktor keamanan (FS) lereng sebesar 1.407.

Dilakukan simulasi untuk lereng majemuk dimulai dari simulasi 2 lereng dengan *overall slope* 50° dan *bench slope* 60° dan untuk *overall slope* 40° dan *bench slope* 50° . Dari simulasi tersebut diperoleh, pertama dengan *overall slope* 50° dan *bench slope* 60° di didapat nilai faktor keamanan (FS) lereng sebesar 1.154, untuk *overall slope* 40° dan *bench slope* 50° didapat nilai faktor keamanan (FS) lereng sebesar 1.447.

Selanjutnya dilakukan simulasi untuk lereng majemuk 3 lereng dengan *overall slope* 40° dan *bench slope* 70° , serta *overall slope* 40° dan *bench slope* 60° . Dari dua simulasi ini diperoleh, pertama dengan *overall slope* 40° dan *bench slope* 70° di didapat nilai faktor keamanan (FS) lereng sebesar 1.178 dan untuk *overall slope* 40° dengan *bench slope* 60° didapat nilai faktor keamanan (FS) lereng sebesar 1.385.

Dari semua simulasi yang dilakukan diperoleh faktor keamanan lereng stabil, untuk lereng tunggal dengan diperoleh kestabilan lereng pada *overall slope* 40° dengan nilai faktor keamanan (FS) yaitu 1.407, untuk lereng majemuk dengan 2 lereng diperoleh kestabilan lereng pada *overall slope* 40° dan *bench slope* 50° dengan nilai faktor keamanan (FS) yaitu 1.447 dan terakhir untuk lereng majemuk dengan 3 lereng diperoleh kestabilan lereng pada *overall slope* 40° dengan *bench slope* 60° dengan nilai faktor keamanan (FS) yaitu 1.385. Semua simulasi ini diasumsikan bahwa panjang lereng, tinggi lereng dan lebar *bench* di setiap percobaan sama.

B. Simulasi Dipengaruhi Koefisien Getaran Gempa

Dari semua simulasi yang telah diperoleh nilai faktor keamanan yang stabil, kemudian dimasukan nilai koefisien getaran di daerah penelitian. Dimana nilai koefisien getaran di daerah penelitian yaitu sebesar 0.056 gal.

Dari hasil simulasi yang telah dimasukan nilai koefisien getaran sebesar 0.056 gal, terjadi penurunan nilai faktor keamanan lereng di setiap simulasi yang telah dilakukan. Untuk simulasi lereng tunggal dengan *overall slope* 40° terjadi penurunan nilai faktor keamanan lereng menjadi 1.297, untuk simulasi lereng majemuk 2 lereng dengan *overall slope* 40° dan *bench slope* 50° terjadi penurunan nilai faktor keamanan lereng menjadi 1.330, untuk simulasi lereng majemuk 3 lereng dengan *overall slope* 40° dan *bench slope* 60° terjadi penurunan nilai faktor keamanan lereng menjadi 1.280.

Dari semua simulasi ini ketika ditambahkan koefisien getaran gempa terjadi penurunan nilai faktor keamanan lereng berkisar antara 0.11 - 0.117. Hal ini secara umum tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai faktor keamanan lereng, karena simulasi lereng masih berada pada dalam kondisi yang stabil.

5. KESIMPULAN

1. Nilai faktor keamanan lereng untuk lereng tunggal tanpa dipengaruhi oleh nilai koefisien getaran gempa, FS yang stabil di dapat pada sudut *overall slope* 40° dengan nilai FS > 1.25, dari hasil simulasi lereng majemuk di dapat pada sudut *overall slope* dengan sudut 40° dan 2 *bench slope* dengan sudut 50° dengan nilai FS > 1.25, dan dari simulasi lereng majemuk *overall slope* dengan sudut 40° dan 3 *bench slope* dengan sudut 50° dengan nilai FS > 1.25.
2. Dengan dipengaruhi nilai koefisien getaran gempa terjadi penurunan nilai faktor keamanan lereng. Penurunan nilai kestabilan lereng ini sebesar 0.11 - 0.117.
3. Rekomendasi untuk rancangan lereng stabil pada tambang nikel laterit ini yaitu lereng majemuk dengan *overall slope* dengan sudut 40° dan 2 *bench slope* dengan sudut 50°.

DAFTAR PUSTAKA

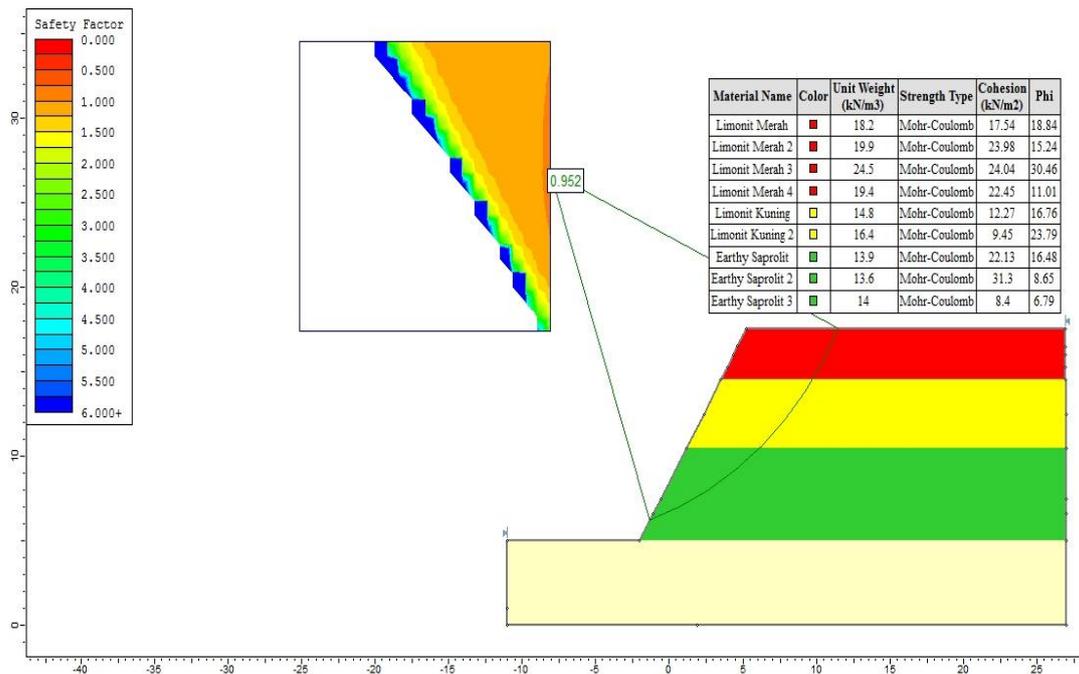
- Bowles, J. 1984. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta
- Fahlevi Rendy, Budi Sulistianto, dan Bustanil Husni. 2012. *Perangkat Lunak Analisis Getaran Tanah Akibat Peledakan*. Program Studi Teknik Pertambangan. Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Gaudio Vincenzo Del, Sandro Miscillo, and Janusz Wasowski. 2014. *Passive Seismic Technique for the Assessment of Dynamic Slope Stability Condition. Engineering Geology for Society and Territory*. Torino : Springer. Vol 2. P, 377-381
- Gleeson, A.S., Butt, M.R.C., Elias, M. (2003), Nickel Laterites: A Riview, *SEG (Society of Economic Geologist) Newsletter*, No. 54.
- Irsyam Masyhur, Wayan Sengara, Fahmi Aldiamar, Sri Widiyantoro, Wahyu Triyoso, Danny Hilman, Engkon Kertapati, Irwan Meilano, Suhardjono, M. Asrurifak, M. Ridwan. 2010. *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia tahun 2010*. Bandung.
- Masagus Ahmad Azizi, Handayani Harminuke Eko. 2011. *Karakterisasi Parameter Masukan Untuk Analisa Kestabilan Lereng Tunggal (Studi Kasus di PT. Tambang Batubara Bukit Asam TBK Tanjung Enim Sumatera Selatan*. Jurusan Teknik Pertambangan FT Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Soesilo, Joko., Schenk, Volker., Suparka, Emmy., Abdullah, Chalid Idham (2015), The Mesozoic Tectonic Setting of SE Sundaland Based on Metamorphic Evolution, *Proceedings, IPA 39th Annual Convention*
- U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2011.

Tabel 1 Data Uji laboratorium CMGR12_179

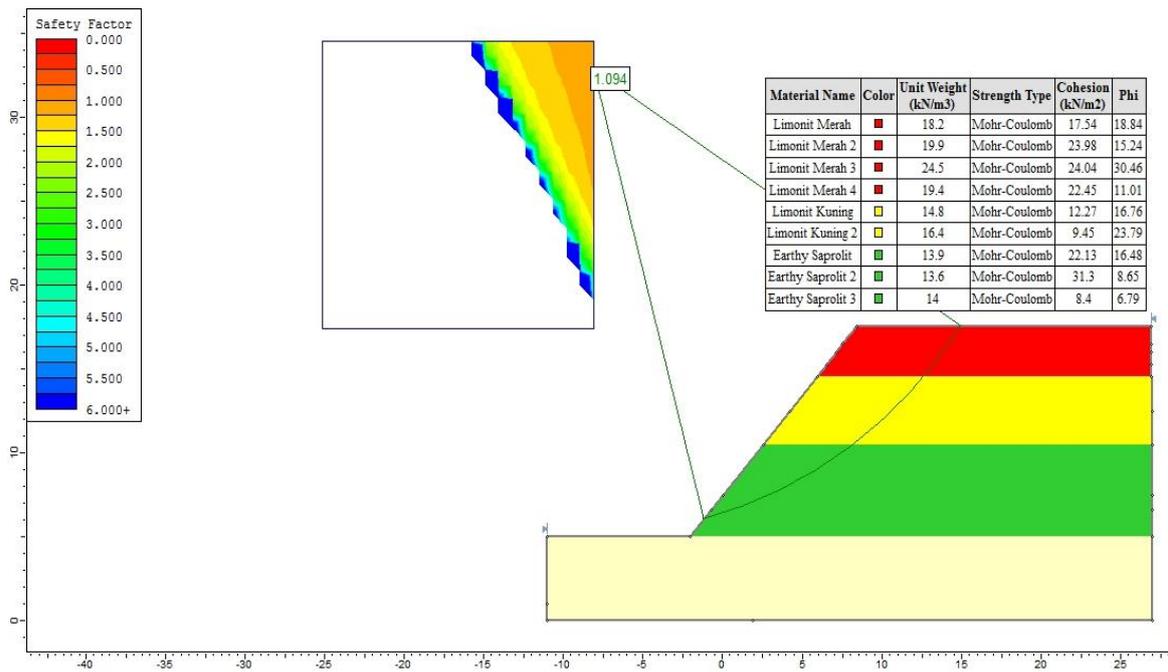
Kode Sample	Kedalaman (m)	Lithology	Natural Weight (gr/cm ³)	Triaxial UU	
				Kohesi (Kpa)	Sudut Geser Dalam (°)
CMGR 12_179	0.3 - 0.1	Limonit Merah	1.82	17.54	18.84
	1.0 - 1.4	Limonit Merah	1.99	23.98	15.24
	1.6 - 2.3	Limonit Merah	2.45	24.04	30.46
	2.3 - 3.0	Limonit Merah	1.94	22.45	11.01
	4.0 - 4.7	Limonit Kuning	1.48	12.27	16.76
	6.0 - 6.7	Limonit Kuning	1.64	9.45	23.79
	8.0 - 8.7	Earthy Saprolit	1.39	22.13	16.48
	11.0 - 11.7	Earthy Saprolit	1.36	31.3	8.65
	11.7 - 12.3	Earthy Saprolit	1.4	8.4	6.79

Tabel 2 Perbandingan FS Normal dengan FS Gempa CMGR12_179

NO	Geometri Lereng	Sudut Lereng	Fs Normal	Fs Gempa	Penurunan (%)
1	P = 17.8 m L = 0.0 m T = 9.2 m	Overall Slope 40°	1.407	1.297	7.81 %
2	P1 = 9.2 m P2 = 7.2 m T1 = 6.8 m T2 = 5.5 m L = 4.0 m 2 bench slope = 50°	Overall Slope 40°	1.447	1.330	8.08 %
3	P1 = 3.5 m P2 = 4.6 m P3 = 6.3 m T1 = 3.0 m T2 = 3.8 m T3 = 5.5 m L1 = 4.0 m L2 = 4.0 m 3 bench slope = 60°	Overall Slope 40°	1.402	1.280	8.70 %

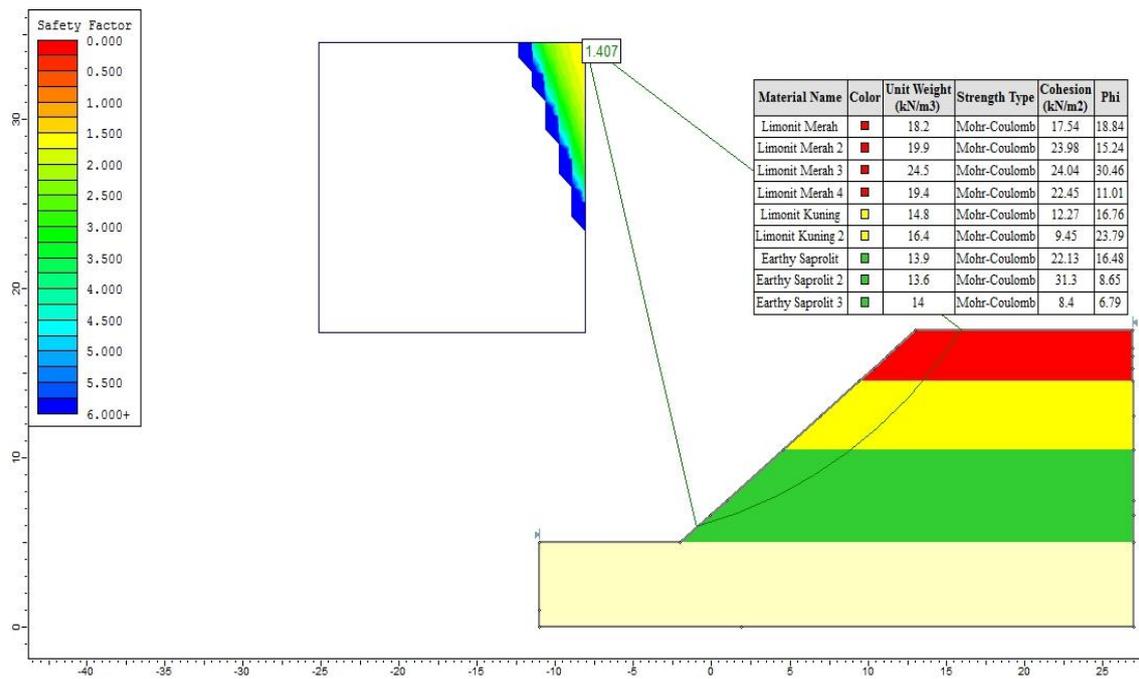


Gambar 1 Lereng tunggal dengan overall slope 60°

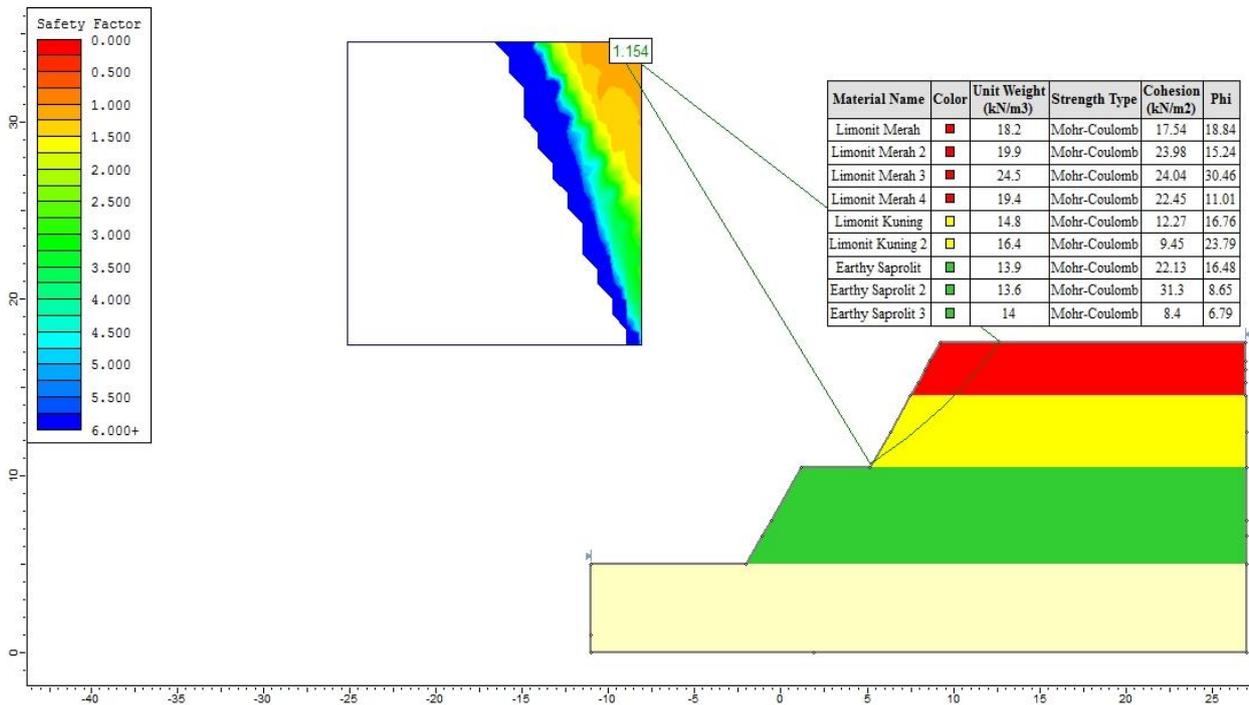


Gambar 2. Lereng tunggal dengan overall slope 50°

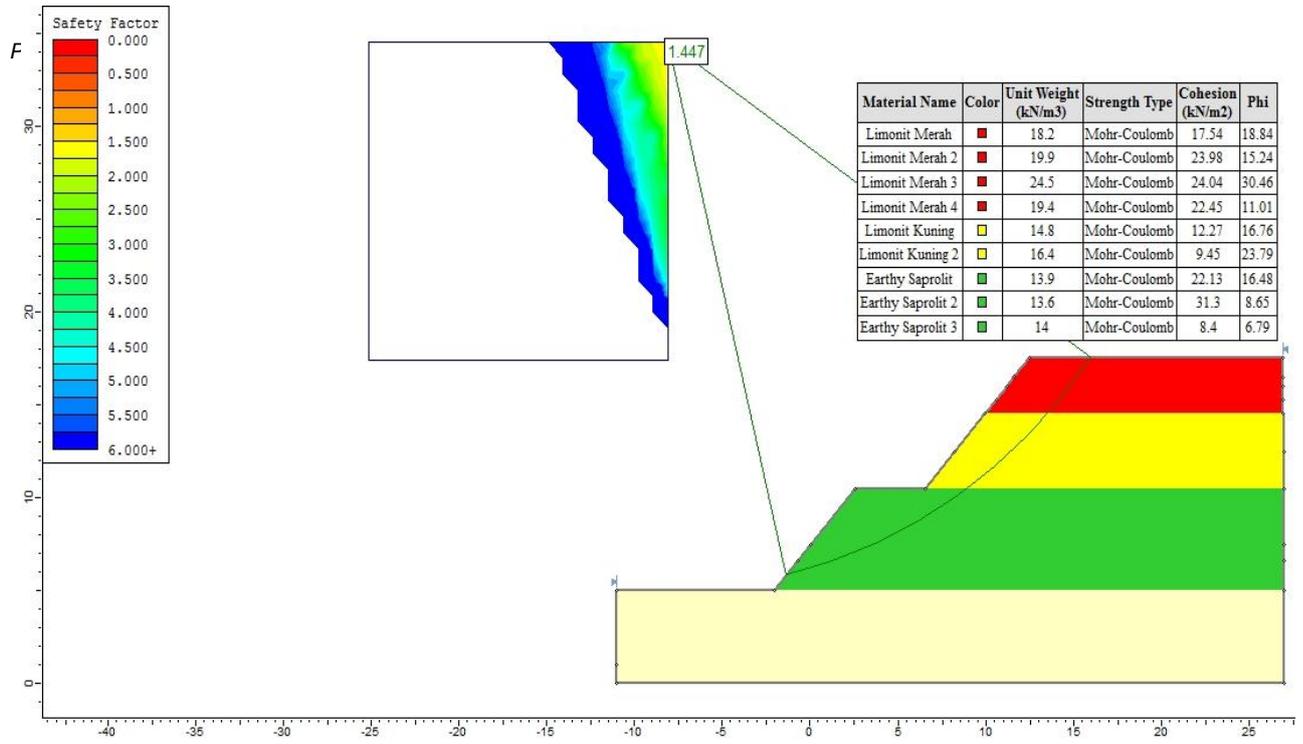
Rancangan Terasering Untuk Stabilisasi Lereng pada Tambang Nikel Laterit
(M. Ilham Sidiq)



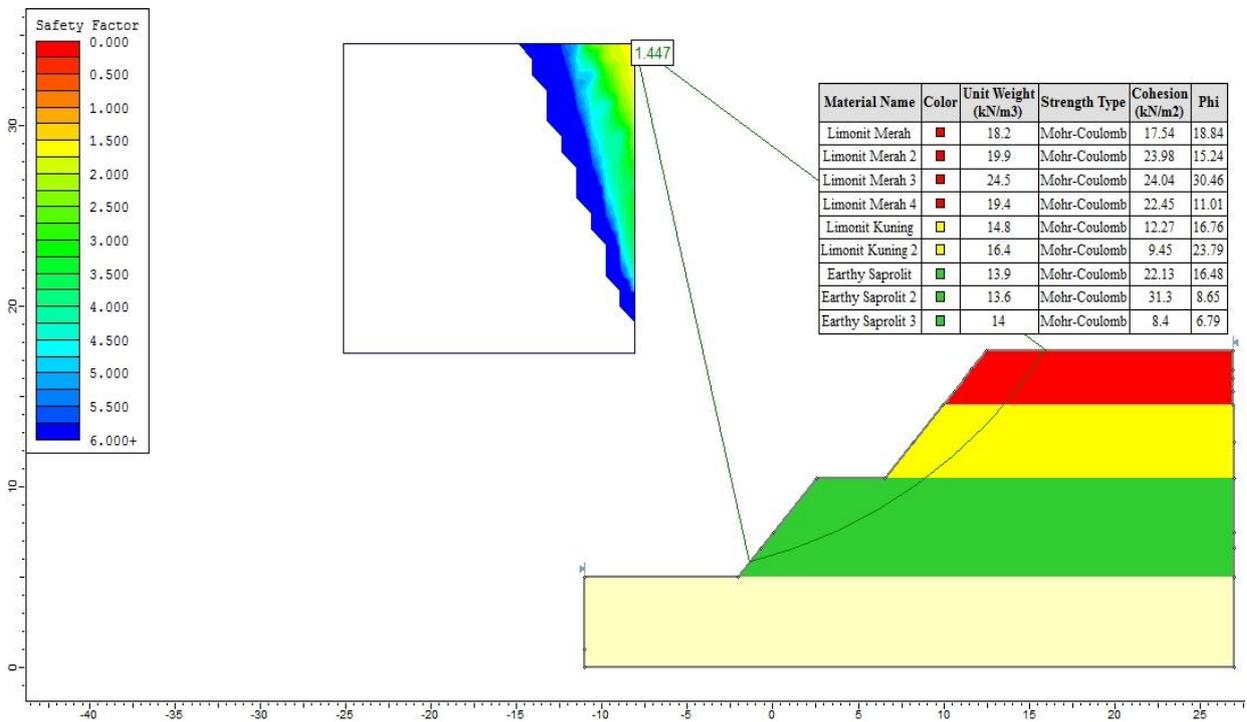
Gambar 3. Lereng tunggal dengan overall slope 40°



Gambar 4. Lereng majemuk 2 lereng dengan overall slope 50° dan bench slope 60°

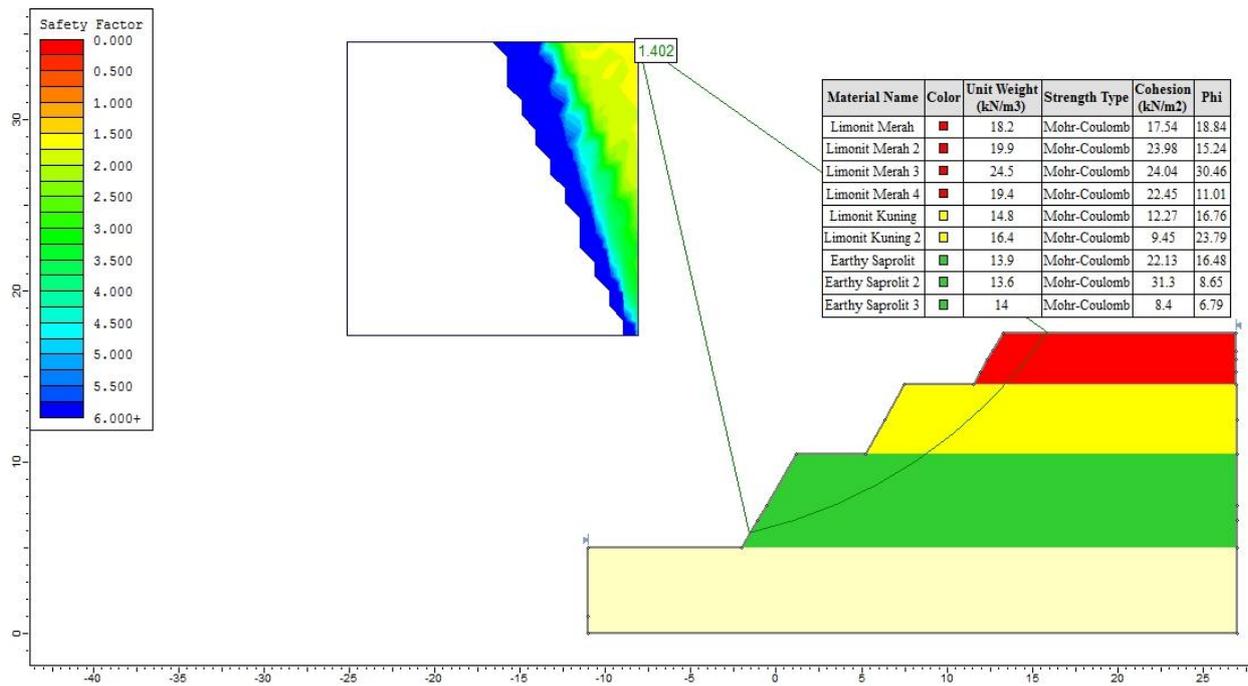


Gambar 5. Lereng majemuk 2 lereng dengan *overall slope* 40° dan *bench slope* 50°

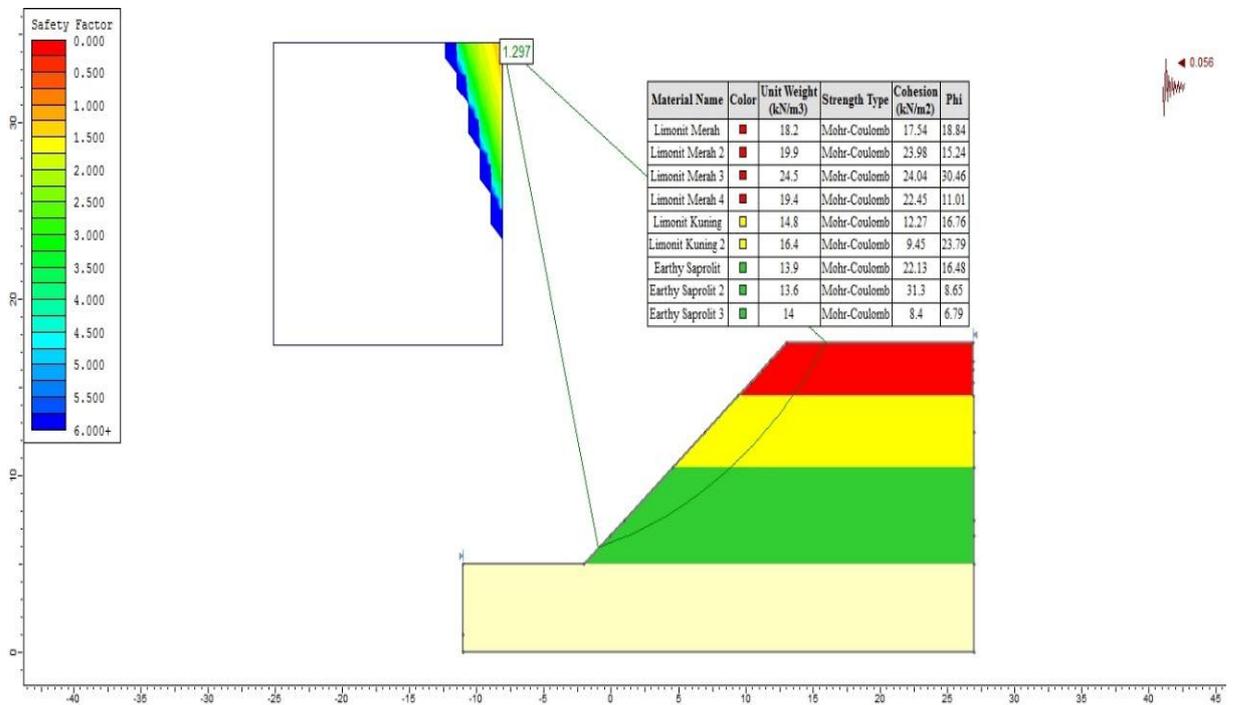


Gambar 6. Lereng majemuk 3 lereng dengan *overall slope* 40° dan *bench slope* 70°

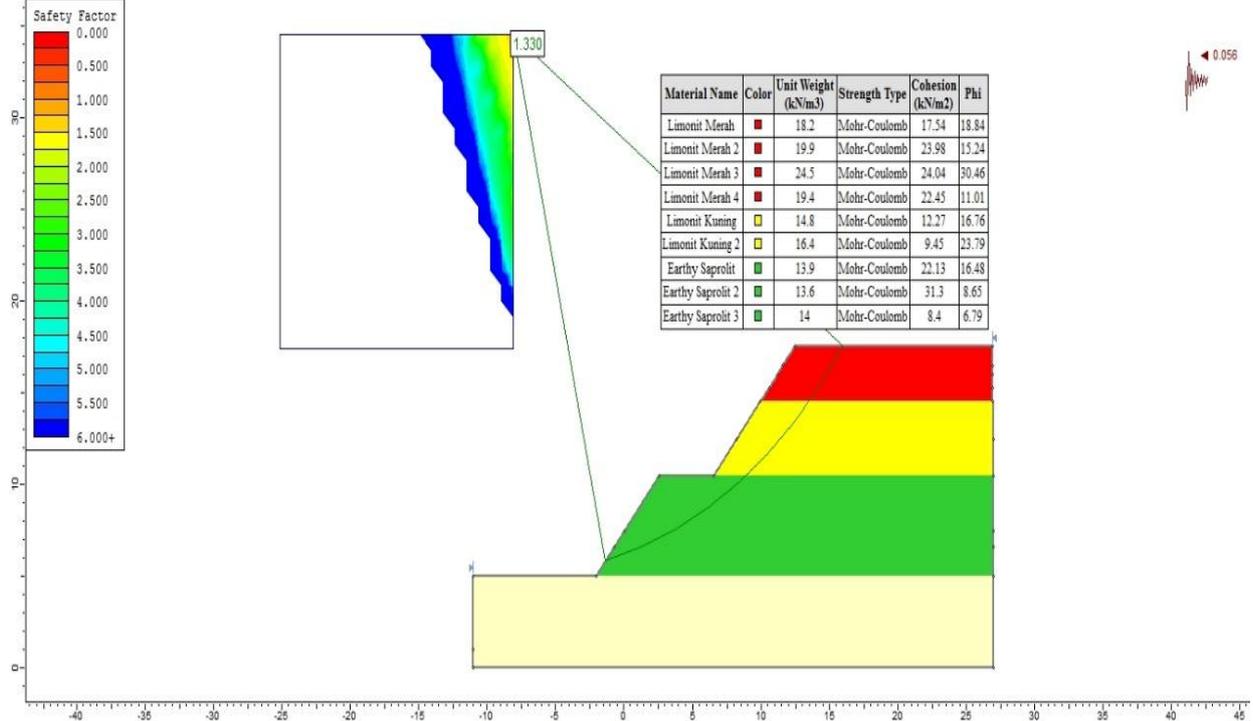
Rancangan Terasing Untuk Stabilisasi Lereng pada Tambang Nikel Laterit
(M. Ilham Sidiq)



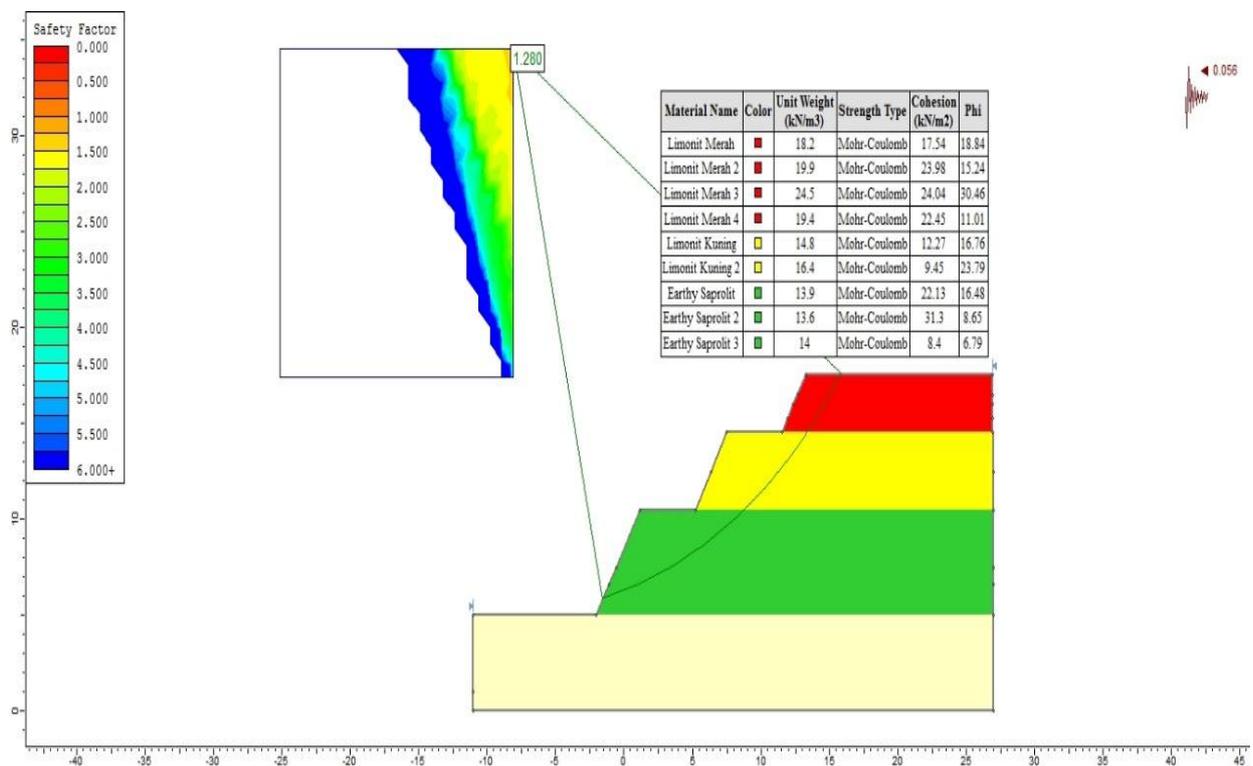
Gambar 7. Lereng majemuk 3 lereng dengan overall slope 40° dan bench slope 60°



Gambar 8. Lereng tunggal dengan overall slope 40° dipengaruhi koefisien getaran gempa (0.056 gal)



Gambar 9. lereng majemuk 2 lereng dengan *overall slope* 40° dan *bench slope* 50° dipengaruhi koefisien getaran gempa (0.056 gal)



Gambar 10. lereng majemuk 3 lereng dengan *overall slope* 40° dan *bench slope* 60° dipengaruhi koefisien getaran gempa (0.056 gal)