ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN SOFTWARE ROCSCIENCE SLIDE

Darmadi.Ir dan Atiyya Inayatillah

Abstrak

Analisis kestabilan lereng dengan SOFTWARE ROCSCIENCE SLIDE studi kasus di barak pemukiman PT. Freport dengan berbagai variasi pembebanan dan kondisi menunjukan hasil Semakin besar beban yang ada pada lereng maka nilai Factor of Safety semakin kecil. Nilai FS untuk semua metode, section, dan lebar ramp lebih besar dalam kondisi kering daripada basah. Semakin besar jarak beban dari lereng maka nilai FS semakin besar. Pada jarak 3m dari crest lereng penurunan nilai FS sangat signifikan, pada section 1 dan 2 masih didapatkan nilai FS yang aman dengan beban 50 kN/m, Semakin kecil sudut lereng keseluruhan (landai) maka nilai FS semakin besar.

Kata kunci : Kestabilan lereng, faktor keamanan, beban maksimum

Latar Belakang

Kondisi existing barrack yang akan di bangun di depan FSC terletak di puncak lereng dengan sudut kemiringan sekitar 45° dan ketinggian maximum 13 meter. Karena lokasi pembangunan barrack baru merupakan lereng yang curam dengan sudut kemiringan yang cukup besar, maka diperlukan analisis kestabilan lereng untuk mengetahui apakah lokasi tersebut cukup aman atau tidak.

Beban bangunan atau beban luar yang bekerja relatif dekat dengan crest lereng akan menyebabkan arah pergerakan tanah bergerak dari dasar pondasi langsung menuju lereng bagian bawah dan memberikan tambahan beban gravitasi yang menyebabkan turunnya stabilitas lereng.

Dalam analisis ini akan dicoba untuk menganalisis kestabilan lereng dengan berbagai variasi beban, sehingga didapatkan beban maksimum yang dapat ditahan oleh lereng. Karena desain barrack belum ada maka digunakan range beban terbagi rata untuk analisis daya dukung tanah dan kestabilan lereng. Geometri lereng dimodelkan dengan komputer sehingga bisa dianalisis *factor of safety* (FoS) dan daya dukung tanah berdasarkan parameter geoteknik yang ada dan metode yang digunakan. Analisis akan dilakukan dalam dua kondisi yaitu kondisi kering dan basah (*saturated*), sehingga didapatkan beban maksimal yang dapat ditahan oleh lereng dengan nilai FoS yang cukup aman baik pada kondisi kering maupun basah (*saturated*).

Langkah Analisis Kestabilan Lereng dengan Software Rocscience Slide

Sebelum masuk ke Rocscience Slide geometri desain harus dibuat di AutoCAD dan disimpan dalam format *dxf*. Beberapa geometri desain harus dibuat di AutoCAD karena memodifikasi desain di Slide tidak selengkap dengan AutoCAD yang memang mempunyai spesifikasi sebagai *drawing software*.

Berikut ini adalah metodologi penelitian untuk analisis kestabilan lereng menggunakan Rocscience Slide sesuai dengan cara kerja *software* tersebut.

Pemodelan

Pemodelan geometri lereng yang akan dianalisis bisa dilakukan langsung di Rocscience Slide. Tetapi untuk memenuhi geometri sesuai dengan kondisi asli cara ini kurang teliti. Untuk itu pemodelan dilakukan dengan *software* lain. Dalam Skripsi ini pemodelan dilakukan dengan mengambil data topografi lereng di depan FSC area yang terbaru dan dimasukkan ke dalam software AutoCad. Untuk mempermudah menganalisis kestabilan lereng, maka data topografi dibagi menjadi 3 section. Selanjutnya *section* tersebut dimodifikasi dengan AutoCAD sesuai dengan geometri desain yang diinginkan. *Section* yang akan disajikan ke Rocscience Slide juga bisa dipersempit hanya pada bagian yang akan dianalisis.

Setelah geometri siap selanjutnya adalah memasukkan geometri tersebut ke Rocscience Slide. Setelah aplikasi Rocscience Slide dibuka langkah pertama adalah membuat nama file baru. Kemudian mengambil gambar dalam format *dxf* melalui langkah *file-import-importdxf*. Pertama kali kita harus mengimpor *external boundary* atau batas paling luar dari *section* yang dianalisis. Setelah itu impor *material boundary*. Dalam sebuah lereng bisa terdapat beberapa jenis material. *Material boundary* adalah batas antar material tersebut.

Gambar 1. Langkah untuk mengimpor *external boundary* dan *material boundary*

Tampilan setelah *external boundary* dan *material boundary* diimpor dapat dilihat pada gambar 4 dan 5

Gambar 4. Geometri *external boundary* setelah diimpor ke Slide

Gambar 5. Geometri *material boundary* setelah diimpor ke Slide

Identifikasi Metode dan Parameter Perhitungan

Dalam analisis kestabilan lereng terdapat beragam metode dengan parameter yang berbeda. Metode dan parameter perhitungan tersebut harus diidentifikasi dengan tepat.

Langkah pertama untuk menentukan metode perhitungan adalah klik menu *Analysis-Project Settings* seperti pada gambar 3.12.

Gambar 6. Geometri *material boundary* setelah diimpor ke Slide

Setelah itu akan muncul *top up menu* seperti pada gambar 7 hingga 9. *Project setting* terdiri dari beberapa bagian yaitu *General*, *Methods*, *Groundwater*, *Statistics*, dan *Random Numbers*. *General* adalah pengaturan umum tentang judul, satuan, arah longsor, dan beberapa data penunjang.

Gambar 7. Pengaturan umum dalam *Project Settings*

Methods adalah pengaturan metode perhitungan yang digunakan. Dalam Skripsi ini metode yang digunakan adalah Bishop *simplified* dan *Ordinary/Fellenius*. Metode yang akan digunakan dapat dipilih lebih dari satu dan masing-masing metode dapat diinterpretasikan dengan *software* komplemen Rocscience Slide yaitu Rocscience Slide Interpret. Pada kolom *Converge Options* terdapat pilihan jumlah *slice*/irisan dalam perhitungan *FoS*. Jumlah irisan yang digunakan sebanyak 25. Sedangkan *Tolerance* dan *Maximum Number of Iterations* adalah alat bantu *sampling* statistik untuk menentukan kemungkinan yang tidak pasti dalam perhitungan.

Groundwater adalah pengaturan tentang pengaruh air di dalam kestabilan lereng. Setiap *groundwater method* akan meminta parameter yang berbeda. Dalam Tugas Akhir ini *groundwater method* digunakan nilai *Ru* coefficient

dengan asumsi kondisi kering dan jenuh sempurna (*fullysaturated*). Nilai *Rucoefficient* tersebut akan dimasukkan ke dalam *material properties*.

Dua kolom terakhir pada bagian kanan adalah *Statistic* dan *Random Numbers*. Menu ini tidak harus dipilih (bisa dikosongkan). *Statistics* berisi pilihan tentang metode *sampling* yang digunakan dan parameter yang menyertainya yang harus dimasukkan pada *Random Numbers*.

Gambar 8. Pengaturan metode yang digunakan

Gambar 9. Pengaturan pengaruh air dalam kestabilan lereng

Identifikasi Material

Material pembentuk lereng yang akan dianalisis harus dimasukkan ke dalam data Rocscience Slide. Langkah untuk mengatur material adalah klik Menu *Properties-Define Materials*.

Gambar 10. Langkah untuk membuka menu pengaturan material

Setelah itu akan muncul *pop up menu* pengaturan material. Setiap material bisa diatur nama dan warnanya untuk memudahkan dalam penyajian. Karakteristik pertama yang harus dimasukkan adalah bobot isi/*unit weight*. Setelah itu pilih jenis analisis kekuatan. Setiap jenis akan meminta parameter yang berbeda. Misalnya jika digunakan Mohr-Coulomb maka parameter yang harus dilengkapi adalah kohesi dan sudut geser dalam. Sedangkan *water parameters* berupa nilai *Ru* hanya akan muncul jika dalam *groundwater method* digunakan *Ru coefficient*.

Gambar 11. Langkah untuk membuka menu pengaturan material

Langkah selanjutnya adalah menempatkan material pada gambar berdasarkan *material boundary* dengan karakteristik yang telah dibuat. Tampilan lereng akan berubah dengan warna sesuai materialnya seperti pada gambar.

Gambar 12. Assignmaterial pada lereng

Gambar 13. Setiap jenis material diwakili oleh warna yang berbeda

Penentuan Bidang Gelincir

Kemungkinan bidang gelincir yang akan terjadi pada lereng yang dianalisis dapat dipilih dengan klik menu *Surfaces-Surface Options* kemudian akan muncul *top up menu* seperti pada gambar 17. Penentuan bidang gelincir disesuaikan dengan kemungkinan bidang longsor pada lereng yang akan dianalisis. Untuk lereng ini digunakan bidang gelincir berbentuk lingkaran karena merupakan material padatan yang homogen.

Gambar 14. Langkah untuk membuka pengaturan bidang gelincir

Setelah *Surface Type* dipilih *Circular* selanjutnya adalah mengatur metode pencarian kemungkinan bidang gelincir. *Radius Increment* menunjukkan jumlah interval antara radius terbesar dan terkecil pada setiap titik pusat gelincir. Sedangkan *composite surfaces* adalah bidang gelincir berbentuk busur lingkaran yang melewati lebih dari satu jenis material. Sedangkan *tension crack* dipilih karena kemungkinan bidang gelincir pada *lereng ini* hanya akan melewati *filled material*.

Gambar 15. *Surface Options*

Selanjutnya klik *Auto Grid* seperti gambar 15. untuk membuat *grid* yang memuat kemungkinan pusat gelincir. Jika dipilih *Auto Grid* maka Rocscience Slide akan membuat sebuah kota dengan kemungkinan bidang longsoran. Metode ini adalah metode paling lengkap dan efektif. Sebenarnya ada metode lain yang konvensional yaitu dengan menggambar sendiri kemungkinan busur

lingkarannya. Jumlah kemungkinan pusat gelincir pada kota tersebut bisa diatur dengan memilih *Grid Spacing*.

Gambar 16. Pengaturan dan tampilan setelah dibuat *grid*

Running/kalkulasi

Langkah terakhir dalam Rocscience adalah memulai perintah *running*. Caranya adalah menekan *toolbar* seperti pada gambar 3.23 kemudian Rocscience Slide akan melakukan perhitungan seperti pada gambar 3.24. Proses perhitungan tersebut memerlukan waktu beberapa menit (tergantung kecepatan bekerja komputer).

Gambar 17. Perintah untuk *running*

Gambar 18. Proses *running* Rocscience Slide

Top up menu Slope Stability Compute akan otomatis tertutup setelah proses perhitungan mencapai 100%. Selanjutnya adalah melakukan interpretasi nilai *FoS* dengan Rocscience Slide Interpret dengan perintah seperti pada gambar berikut :

Gambar 19. Perintah untuk membuka Rocscience Slide Interpret

Interpretasi nilai *FoS*

Rocscience Slide Interpret adalah *software* komplemen Slide yang berfungsi untuk melakukan interpretasi nilai *FoS* hasil kalkulasi dengan Rocscience Slide. Ketika pertama kali dibuka dari *file* Rocscience Slide yang sedang dikerjakan maka Rocscience Slide Interpret akan menunjukkan nilai *FoS* terkecil.

Gambar 20. Tampilan Rocscience Slide Interpret

Pada gambar terlihat di dalam kotak di atas lereng terdapat warna. Setiap warna menunjukkan nilai skala FoS tertentu sesuai dengan petunjuk di bagian kiri. Nilai FoS pada semua kemungkinan pusat gelincir yang terdapat pada skala warna tersebut dapat diketahui. Dari gambar di atas juga terlihat pada *failed material* terdapat bentuk busur lingkaran. Busur tersebut akan berubah jika dipilih pusat gelincir yang berbeda. Nilai FoS pada semua kemungkinan lokasi pusat gelincir tersebut dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar.

Gambar 21. Grafik nilai FoS berdasarkan koordinat pusat gelincir

Pada gambar 22. terlihat interpretasi hasil analisis kestabilan lereng lengkap dengan bidang gelincir berbentuk busur lingkaran, pusat gelincir disertai jari-jari, dan nilai FoS . Rocscience Slide Interpret juga dapat menunjukkan diagram gaya yang bekerja sesuai dengan karakteristik material dan geometri yang dibuat. Diagram tersebut dapat dilihat pada gambar 21. Data gaya yang bekerja tersebut juga dapat diinterpretasikan sebagai data numerik.

Gambar 22. Interpretasi hasil analisis kestabilan lereng

Gambar 23. Diagram gaya yang bekerja pada sebuah *slice* dengan metode Fellenius

Pendekatan yang digunakan menganggap bahwa keruntuhan lereng akan terjadi pada titik sepanjang permukaan runtuh yang diasumsikan maupaun diketahui, dan bentuk bidang longsor dalam dua dimensi.

Lereng yang terdiri dari tanah dan batuan dibagi menjadi 3 section di bandingkan pada saat sebelum konstruksi dan sesudah konstruksi dengan variable beban 0t/m², 2 t/m², 5 t/m², 10 t/m², 20 t/m², dan 40 t/m² dan pada kondisi kondisi kenyang air (*fully saturated*) dan kondisi kering (*dry*). Untuk pembebanan di atas lereng dilakukan analisis untuk mengetahui jarak aman pembebanan dari *crest* lereng dengan mencoba membandingkan nilai FoS yang didapat pada apabila beban diletakkan pada jarak 3 m, 5 m, dan 8 m.

Metode analisis yang digunakan adalah metode *Bishop Simplified* dan Fellenius (*Ordinary*). Dalam analisisnya Fellenius mengabaikan keseimbangan gaya di kedua sisi pias dan massa tanah yang diperkirakan akan runtuh sebagai satu kesatuan, metode ini merupakan metode dengan prosedur paling sederhana

serta sebagai dasar sernua metode selanjutnya. Sedangkan metode Bishopmeniadakan sernua gaya geser antar irisan, narnun keseirnbangan gaya horisontal diperhitungkan secara keseluruhan.

Setiap *section* mempunyai geometri yang berbeda dan spesifik sehingga nilai FoS untuk nilai variabel yang sama terhadap *section* yang berbeda juga akan berbeda. Oleh karena itu dilakukan analisis terhadap tiga *section* yang dianggap bisa mewakili *lereng* sehingga akan diperoleh hasil analisis yang komprehensif.

Hasil kalkulasi nilai FoS adalah nilai FoS *overall*, yaitu yang bidang gelincirnya melewati daerah yang terbebani, agar pengaruh beban dapat terlihat dari hasil nilai FoSnya.

Gambar 24. Bidang gelincir *section 1* dengan jarak dari crest lereng 5m dan beban 400 kN/m (Bishop-Dry)

Section 1

Analisis yang dilakukan dimulai dari section 1. Nilai FoS untuk *section 1* dengan metode Fellenius dan Bishop dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 dan grafik perbandingan nilai FoS pada section dapat dilihat pada gambar 4.2. Dari analisis pada *section 1* diperoleh *trend* semakin besar

Nilai FoS dalam kondisi *dry* selalu lebih besar daripada kondisi *wet*. Perbedaan nilai FoS antara kedua kondisi tersebut disebabkan oleh pengaruh tekanan air pori sebesar 12% berdasarkan nilai $R_u = 0.12$.

Tabel 1. Nilai FoS untuk *section 1* dalam keadaan kering

Working Load	FoS (dry)			FoS (dry)		
	Bishop			Fellenius (Ordinary)		
kN/m ²	off set 3m	off set 5m	off set 8m	off set 3m	off set 5m	off set 8m
0	1,482	1,482	1,482	1,437	1,437	1,437
20	1,468	1,482	1,482	1,437	1,437	1,437
50	1,424	1,482	1,482	1,388	1,437	1,437
100	1,339	1,482	1,482	1,28	1,437	1,437
200	1,194	1,367	1,482	1,012	1,193	1,437
400	0,996	1,11	1,437	0,782	0,886	1,05

Tabel 2. Nilai FoS untuk *section 1* dalam keadaan basah.

Working Load	FoS (wet)			FoS (wet)		
	Bishop			Fellenius (Ordinary)		
kN/m ²	off set 3m	off set 5m	off set 8m	off set 3m	off set 5m	off set 8m
0	1,285	1,285	1,285	1,224	1,224	1,224
20	1,273	1,285	1,285	1,224	1,224	1,224
50	1,246	1,285	1,285	1,224	1,224	1,224
100	1,187	1,285	1,285	1,122	1,224	1,224
200	1,078	1,246	1,285	0,909	1,077	1,224
400	0,926	1,031	1,285	0,697	0,815	0,967

Gambar 25. Grafik nilai FoS *section 1*

Pada section 1 tanpa *beban* diperoleh nilai *FoS* sebesar 1,285 (*wet*). Dengan penambahan *beban* 20 kN/m pada jarak 3 meter dari *crest* lereng diperoleh nilai *FoS* sebesar 1,273. Perubahan nilai *FoS* tersebut diakibatkan oleh penambahan *driving force* oleh beban bangunan dan jarak yang relatif dekat dengan *crest* lereng sehingga beban langsung menuju ke lereng dan mengurangi nilai *FoS*. Maka *beban* tersebut mempunyai pengaruh cukup besar terhadap nilai *FoS*.

Section 2

Nilai *FoS* section 2 menunjukkan trend yang menurun pada beban 100 kN/m pada jarak 3 m dan pada jarak 5 m penurunan nilai *FoS* terjadi pada beban 200 kN/m. Makin dekat jarak beban dari *crest* lereng maka nilai *FoS* makin kecil, dan makin besar beban diatas lereng maka nilai *FoS*nya makin kecil. Selain itu nilai pada *FoS* kondisi *dry* juga lebih besar daripada kondisi *wet*.

Tabel 3. Nilai *FoS* untuk section 2 dalam keadaan kering

Working Load	FoS (dry)			FoS (dry)		
	Bishop			Fellenius (Ordinary)		
kN/m ²	off set 3m	off set 5m	off set 8m	off set 3m	off set 5m	off set 8m
0	1,399	1,399	1,399	1,368	1,368	1,368
20	1,399	1,399	1,399	1,368	1,368	1,368
50	1,399	1,399	1,386	1,36	1,368	1,342
100	1,297	1,399	1,386	1,261	1,368	1,322
200	1,172	1,366	1,361	1,119	1,267	1,304
400	1,15	1,19	1,285	0,967	1,083	1,212

Tabel 4. Nilai *FoS* untuk section 2 dalam keadaan basah

Working Load	FoS (wet)			FoS (wet)		
	Bishop			Fellenius (Ordinary)		
kN/m ²	off set 3m	off set 5m	off set 8m	off set 3m	off set 5m	off set 8m
0	1,208	1,208	1,208	1,178	1,178	1,178
20	1,208	1,208	1,208	1,178	1,178	1,178
50	1,208	1,208	1,204	1,166	1,178	1,16
100	1,138	1,208	1,192	1,099	1,178	1,15
200	1,101	1,17	1,165	1,07	1,108	1,117
400	1,052	1,105	1,133	0,995	0,892	1,089

Gambar 26. Grafik nilai FoS *section 2*

Section 3

Secara umum grafik nilai *FoS* pada *section 3* sama dengan *section 1* dengan *trend* penurunan mulai dari beban 20 kN/m pada jarak 3 m karena makin dekat jarak beban dari crest lereng maka nilai *FoS* makin kecil.. Selain itu perbedaan nilai *FoS* untuk kondisi *wet* dan *dry* sama dengan dua *section* sebelumnya.

Tabel 5. Nilai FoS untuk *section 3* dalam keadaan kering

Working Load	FoS (dry)			FoS (dry)		
	Bishop			Fellenius (Ordinary)		
kN/m²	off set 3m	off set 5m	off set 8m	off set 3m	off set 5m	off set 8m
0	1,169	1,169	1,169	1,176	1,176	1,176
20	1,139	1,156	1,165	1,132	1,151	1,159
50	1,1	1,138	1,165	1,074	1,115	1,159
100	1,048	1,11	1,165	0,996	1,06	1,159
200	0,973	1,064	1,165	0,917	1,006	1,159
400	0,881	0,993	1,16	0,834	0,933	1,159

Tabel 6. Nilai FoS untuk *section 3* dalam keadaan basah

Working Load	FoS (wet)			FoS (wet)		
	Bishop			Fellenius (Ordinary)		
kN/m ²	off set 3m	off set 5m	off set 8m	off set 3m	off set 5m	off set 8m
0	0,997	0,997	0,997	1,003	1,003	1,003
20	0,997	0,988	0,991	0,969	0,981	0,983
50	0,951	0,976	0,991	0,925	0,951	0,983
100	0,916	0,956	0,991	0,866	0,906	0,983
200	0,863	0,924	0,991	0,863	0,867	0,983
400	0,801	0,873	0,988	0,755	0,817	0,983

Gambar 27. Grafik nilai FoS *section 3*

Perbandingan Nilai FoS Section 1, 2, dan 3

Analisis pada tiap *section* menunjukkan *trend* yang relatif sama, menurun dengan bertambahnya beban dan semakin dekatnya jarak beban dari crest lereng. Pada *section 2* penurunan nilai FoS terjadi pada jarak 3 m dengan beban 100 kN/m karena bentuk topografi pada *section 2* membentuk timbunan yang dapat menahan beban sehingga pada saat pembebanan 20 kN/m dan 50 kN/m

nilai FoS di section 2 tidak terjadi penurunan yang signifikan. Hasil FoS di Section 1 untuk semua variasi beban dan jarak dari crest lereng relatif paling besar dibandingkan section 2 dan 3. Hal ini disebabkan karena sudut kemiringan lereng keseluruhan section 1 paling kecil (landai) dibandingkan section 2 dan 3.

Gambar 28. Geometri lereng section 1 dengan sudut keseluruhan 29°

Gambar 29. Geometri lereng section 2 dengan sudut keseluruhan 37°

Gambar 30. Geometri lereng section 1 dengan sudut keseluruhan 42°

Nilai FoS dari ketiga *section* yang dianalisis bervariasi, nilai standar FoS yang digunakan adalah 1,2. Pada section 3 nilai FoS tidak memenuhi syarat baik pada kondisi kering maupun kondisi jenuh air. Maka dari itu untuk meningkatkan nilai FoS pada lereng ini terutama di section 3 sebaiknya dilakukan perbaikan lereng agar proses konstruksi bisa berjalan dan lereng tidak longsor. Dilakukan pembuatan horizontal drain untuk mengurangi air tanah agar kekuatan geser tanah lebih besar sehingga menghasilkan nilai FoS yang aman.

Analisis Pengaruh Sudut Keseluruhan Lereng terhadap Jarak Aman.

Dari hasil analisis diatas, sudut kemiringan lereng juga berpengaruh terhadap jarak aman, semakin besar sudut lereng makan jarak aman yang didapat akan makin besar dari crest lereng. Hal ini disebabkan oleh gaya pendorong longsor makin besar pada lereng dengan sudut kemiringan semakin besar. Ilustrasinya sebagai berikut :

Gambar 31. Gaya-gaya yang bekerja pada pusat longsor busur.

Pada gambar irisan diatas faktor kegempaan tidak diperhitungkan ($k_h = 0$ dan $k_v = 0$), maka faktor keamanannya menjadi :

$$FoS = \frac{\sum (C + N \tan \phi)}{\sum W \sin \alpha}$$

Dimana :

c = kohesi material

N = Gaya normal

W = Berat dari slice (irisn)

ϕ = sudut geser dalam material

α = kemiringan dari dasar irisan ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$)

Dapat dilihat berdasarkan persamaan diatas, bahwa dengan naiknya nilai sudut α , maka gaya dorong (penggerak) dari material akan meningkat. Sedangkan sudut α sebanding dengan sudut keseluruhan, sehingga dengan bertambahhnya sudut lereng makan α akan semakin besar.

Penelitian para ahli geoteknik (Barton, 1981 : Singh, 1986 : Hawley, 1986) menyatakan makin kecil kemiringan dan ketinggian lereng makan lereng tersebut akan semakin stabil, sebaliknya makin besar kemiringan dan ketinggian lereng maka lereng semakin tidak stabil, sehingga jarak aman minimum harus semakin besar pula.

Jarak aman yang didapat dari hasil analisis diatas adalah jarak 5 – 8 m karena pada jarak 3 m nilai FoS semakin menurun, beban diatas lereng dengan jarak 3 m sangat berpengaruh pada nilai FoS, karena ada beban di atas lereng

maka gaya pendorongnya (*driving forces*) makin besar sehingga nilai FoSnya menurun.

Analisis Pengaruh Air Tanah pada Lereng terhadap Jarak Aman dan nilai Faktor Keamanan.

Dari hasil analisis diatas, pada kondisi kering dan jenuh air (*fully saturated*) juga memperlihatkan hasil yang berbeda, dapat dilihat pada gambar

Gambar 32. Grafik nilai FoS section1,2,dan 3 pada kondisi kering

Pada grafik diatas dapat diasumsikan pada musim penghujan, maka grafik tersebut dapat diambil sebagai acuan.

Gambar 33. Grafik nilai FoS section1,2,dan 3 pada kondisi wet

Pada grafik diatas dapat diasumsikan pada musim penghujan, maka grafik tersebut dapat diambil sebagai acuan.

Air hujan akan menyebabkan terjadinya erosi dan penambahan beban pada lereng. Erosi akan menyebabkan perubahan geometri lereng terutama sudut lereng keseluruhan akibat tingkat pelapukan yang tinggi didaerah curah hujan tinggi yang curam karena sudut lereng keseluruhan lebih besar. Kecepatan pengikisan yang tinggi dan menyebabkan pengikisan akan lebih intensif dibandingkan daerah landai. Oleh karena itu perlu diperhatikan pada musim penghujan perubahan sudut lereng keseluruhan.

Kondisi jenuh air akan mempengaruhi besarnya tegangan normal pada permukaan gesek. Ilustrasinya sebagai berikut :

Gambar 34. Pengaruh kuat geser terhadap Faktor Keamanan pada longsor busur.

$$FS = \frac{\tau_{Max} \cdot L \cdot R}{W \cdot r_1 + F_{External} \cdot r_2}$$

Asumsi : Bidang gelincirnya sepanjang L dan τ max adalah konstan.

τ max adalah nilai kuat geser material pada lereng yang dihitung dengan criteria Mohr-Coulomb sebagai berikut :

$$\tau = C + \sigma_n \tan \phi$$

Akibat adanya permukaan air, maka akan timbul tekanan air pori (tegangan air pori) sebesar u, gaya normal σ_n yang bekerja pada dengan arah tegak lurus akan berkurang menjadi tegangan efektif (effective stress) sebesar ($\sigma_n - u$), maka persamaan diatas menjadi :

$$\tau = c + (\sigma - u) \tan \phi$$

Dari persamaan kekuatan geser tanah atau batuan diatas, jelas terlihat bahwa semakin besar nilai tegangan pori yang diakibatkan oleh adanya permukaan air, akan memperkecil harga kekuatan geser tanah atau batuan. Jadi dapat dikatakan bahwa suatu lereng yang kenyang air atau jenuh maka lereng tersebut kurang mantap pada geometri lereng yang sama.

Pengaruh perubahan tegangan geser terhadap jarak aman dari crest ke beban terlihat pada persamaan di atas . Berdasarkan persamaan tersebut terlihat nilai τ sebanding dengan nilai r_2 yang merupakan jarak antara beban dengan pusat longsor, sedangkan jarak aman yang dicari sebanding dengan nilai r_2

Disamping itu, kondisi lereng yang jenuh air dapat menambah beban pada bidang longsor sehingga akan meningkatkan gaya penggerak akibat total berat (W) yang meningkat dan menurunkan nilai FoS.

Kesimpulan

Dari hasil analisis dapat disimpulkan :

- 1) Semakin besar beban yang ada pada crest lereng maka nilai FoS semakin kecil. Makin besar beban maka *driving forces* yang ada pada lereng semakin besar sehingga nilai FoS semakin kecil.
- 2) Nilai FoS untuk semua metode, section, dan lebar *ramp* lebih besar dalam kondisi kering daripada basah. Oleh karena itu air sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng. Di *section* 1, 2, dan 3 air akan menurunkan nilai FoS sekitar 12% (sesuai dengan nilai R_u)
- 3) Semakin besar jarak beban dari crest lereng maka nilai FoS semakin besar. Semakin dekat jarak dari crest lereng maka pengaruh dari beban akan makin besar, sehingga nilai FoS makin kecil. Pada jarak 3m dari crest lereng penurunan nilai FoS sangat signifikan, pada section 1 dan 2 masih didapatkan nilai FoS yang aman dengan beban 50 kN/m, karena beban yang dapat diterima terlalu kecil, maka untuk jarak aman yang dapat dilakukan adalah jarak 5 m dan 8 m
- 4) Semakin kecil sudut lereng keseluruhan (landai) maka nilai FoS semakin besar.

Daftar Pustaka

- 1) Almanera, Raimundo dan Nasution, Yuda., *Rock Slope Stability Concepts*. (Presentasi Stabilitas Lereng) PT. Newmont Nusa Tenggara. 2007
- 2) Das.B.M.. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta. Erlangga, Terjemahan, 1988.
- 3) Darma, Edifrizal.. *Beban Ekstenal Pada Struktur*. Bahan Ajar Statika. Jakarta. 2009.
- 4) Maulana, H. Dan Inayatillah, A. *Tutorial Rocscience Slide V. 5.0 Untuk Kstabilan Lereng*. Jakarta, 2010