

ANALISIS STABILITAS LERENG
SEPANJANG TEPI SUNGAI DI KAWASAN
KAMPUS UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH MATARAM

By Heni Pujiastuti

ANALISIS STABILITAS LERENG SEPANJANG TEPI SUNGAI DI KAWASAN KAMPUS UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

Heni Pujiastuti

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram

Jl. KH. Ahmad Dahlan No.1 Pagesangan Mataram

Email : pujiastuti_h@yahoo.co.id

ABSTRAK

Lahan kampus berbatasan dengan sungai Songoran di sebelah utara. Hal ini mengindikasikan lahan tersebut mempunyai elevasi yang lebih rendah sehingga sebagai tempat limpasan air, dampak selanjutnya adalah penggerusan tanah dekat tebing sungai akibat erosi permukaan, jika penjuhan tanah pada lereng akibat hujan mampu menurunkan tegangan tanah sehingga menyebabkan tanah kehilangan kekuatan pada akhirnya ditandai dengan longsoran tebing sungai. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan sifat-sifat fisik dan mekanik material tanah penyusun lereng sepanjang sungai di kawasan kampus Universitas Muhammadiyah Mataram, melakukan analisis deformasi-tegangan dengan program SIGMA/W sehingga dapat menentukan perilaku keruntuhan yang terjadi, dan melakukan analisis stabilitas lereng dengan program SLOPE/W untuk menentukan faktor keamanan lereng sebagai dasar untuk menentukan lereng tersebut stabil atau tidak stabil. Pada penelitian ini lokasi lereng yang dianalisis kestabilannya adalah sebelah utara gedung rektorat, sebelah utara gedung FISIPOL dan sebelah utara gedung FKIP. Bahan penelitian adalah material lereng yang diambil pada ketiga lokasi selanjutnya dilakukan uji sifat-sifat fisik dan mekanik di laboratorium geoteknik Universitas Mataram, yang nantinya dipergunakan untuk menentukan input pada model konstutif material tanah linier elastis pada software SIGMA/W. Hasil analisis tegangan deformasi selanjutnya digunakan sebagai input pada SLOPE/W, yang menghasilkan faktor keamanan lereng. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Lereng sebelah utara rektorat dengan beban *body force* dan beban *body force* dan eksternal dalam kondisi stabil dengan faktor keamanan (SF) berturut-turut sebesar 1,312 dan 1,295. Lereng sebelah utara gedung FISIPOL dengan beban *body force* dalam kondisi stabil dengan faktor keamanan (SF) sebesar 2,644 dan lereng sebelah utara gedung FKIP dengan beban *body force* dalam kondisi stabil dengan faktor keamanan (SF) sebesar 2,475.

Kata Kunci : Stabilitas lereng, tebing sungai, UM Mataram

PENYIMPULAN

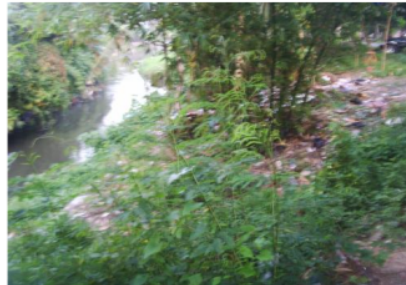
Bencana alam yang sering terjadi di Indonesia terutama pada musim penghujan adalah tanah longsor. Bencana ini biasanya menelan sejumlah korban baik korban jiwa maupun korban material. Longsoran tidak hanya terjadi pada lereng alam tetapi juga buatan. Adanya peningkatan jumlah fakultas dan jumlah mahasiswa yang menuntut ilmu mendorong UM Mataram untuk melengkapi fasilitas tempat perkuliahan terutama membangun gedung kuliah, rektorat, serta aula serba guna. Lokasi atau lahan kampus berbatasan dengan sungai Songoran di sebelah utara, karena keterbatasan lahan maka terpaksa gedung tempat kuliah dibangun mendekati sungai. Berbagai sumber pustaka menyebutkan bahwa lahan yang berbatasan dengan sungai akan mempunyai elevasi yang lebih rendah sehingga sebagai tempat limpasan air, dampak selanjutnya adalah penggerusan tanah dekat tebing sungai akibat erosi permukaan, jika penjuhan tanah pada lereng akibat hujan mampu menurunkan tegangan tanah sehingga menyebabkan tanah kehilangan kekuatan ya ng pada akhirnya ditandai

dengan longsoran tebing sungai.

Pada penelitian ini lokasi lereng yang dianalisis kestabilannya adalah sebelah utara gedung rektorat, depan fakultas FISIPOL dan depan fakultas FKIP (Gambar 1, 2 dan 3). Ketiga lokasi ini memiliki potensi yang cukup untuk longsor karena memiliki kemiringan lebih dari 60%, rembesan aliran air tanah melalui bagian bawah telapak dinding karena pada dinding tidak dilengkapi dengan drainase air tanah. Pada lokasi 1 telah ada tanda retak-retak selebar 3mm pada bench.



Gambar 1. Sebelah utara gedung rektorat



Gambar 2. Depan gedung FISIPOL



Gambar 3. Depan gedung FKIP

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan sifat-sifat fisik dan mekanik material tanah penyusun lereng sepanjang sungai di kawasan Kampus Universitas Muhammadiyah Mataram, melakukan analisis deformasi-tegangan dengan bantuan program SIGMA/W (*Geo-Slope*, 1995) sehingga dapat menentukan perilaku keruntuhan yang terjadi, dan melakukan analisis stabilitas lereng dengan bantuan program SLOPE/W (*Geo-Slope*, 1995) untuk menentukan faktor keamanan lereng sebagai dasar untuk menentukan lereng tersebut stabil atau tidak stabil.

TINJAUAN PUSTAKA

2 Stabilitas Lereng

Menurut Hardiyatmo (2003) lereng adalah permukaan tanah yang tidak horizontal, dimana komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Apabila komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui maka akan terjadi longsor lereng.

Penyebab kelongsoran lereng karena rendahnya kuat geser tanah untuk mampu menahan tinggi dan kemiringan lereng yang ada akibat adanya beban luar (Djamil, Sukatja dan Sardjono, 1999) atau bila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan (Dep ESDM, 2010).

Selanjutnya Abramson et.al.(1995) menyatakan beban fondasi pada lereng akan mempengaruhi stabilitas lereng jika sudut lereng lebih besar dari pada $\frac{1}{2} \phi'$. Disamping itu penggalian untuk konstruksi fondasi pada lereng atau yang berdekatan dengan lereng dan beban lateral pada fondasi dalam dapat menyebabkan pergerakan tanah (*ground movement*).

3 Lereng tanah dikatakan stabil apabila lereng tersebut dengan kondisi tanah yang membentuk lereng kenyang air sebagian, dan sudut lereng tidak melebihi sudut geser internal tanah (ϕ' atau ϕ_d) yang ditentukan dari hasil uji geser langsung atau triaksial dilaboratorium dengan tipe uji CU atau CD (Suryolelono, 1999).

3 Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan bantuan program SIGMA/w dan SLOPE/W (*Geo-Slope*, 1995). Dengan metode ini diperoleh faktor keamanan suatu lereng yang diuji, dengan cara memperbandingkan gaya yang mempertahankan massa tanah untuk tetap stabil dengan gaya yang menggerakkan massa tanah sepanjang bidang longsor. Perhitungan faktor keamanan terhadap kestabilan lereng dilakukan dengan metode irisan (Tami dan Irsyam, 1998).

Analisis dilakukan dengan memberikan asumsi bidang-bidang keruntuhan pada massa tanah dan membagi daerah-daerah tersebut menjadi irisan-irisan vertikal. Bidang-bidang runtuh dapat berupa lingkaran, komposit (misalnya gabungan antara lingkaran dan bidang runtuh linier) atau bentuk-bentuk lain yang dispesifikasikan.

Magnituda dari gaya geser yang termobilisasi untuk mencapai kondisi kesetimbangan batas adalah :

$$S_m = \frac{s\beta}{F} = \frac{\beta(c' + (\sigma_n - u)\tan\phi')}{F}$$

dengan :

$$\sigma_n = \frac{N}{\beta} = \text{rata-rata tegangan normal pada dasar setiap irisan(slice)}$$

Berdasarkan metoda kesetimbangan momen harga *safety factor* (SF) yang didapat adalah sebagai berikut :

$$F_m = \frac{\sum(c'\beta R + (N - u\beta)R \tan\phi')}{\sum W_x - \sum N_f + \sum kWe \pm [Dd] \pm Aa}$$

Sedangkan harga SF untuk kesetimbangan gaya adalah sebagaimana pada persamaan berikut :

$$F_f = \frac{\sum (c' \beta \cos \alpha + (N - u \beta) \tan \phi' \cos \alpha)}{\sum N \sin \alpha + \sum kW - [D \cos \omega] \pm A}$$

Kedua persamaan diatas bersifat non linier, hal ini disebabkan gaya normal (N) adalah fungsi dari harga SF. Persamaan gaya normal pada dasar irisan diperoleh dengan menjumlahkan gaya-gaya vertikal pada setiap irisan sehingga didapatkan bentuk :

$$N = \frac{W + (X_R - X_L) - \frac{c' \beta \sin \alpha + u \beta \sin \alpha \tan \phi'}{F} + [D \sin \omega]}{\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi'}{F}}$$

Harga angka keamanan (F) diatas adalah sama dengan SF (F_m) untuk kesetimbangan momen jika digunakan untuk menyelesaikan persamaan kesetimbangan momen. Pada persamaan tersebut harga F juga akan sama dengan SF gaya (F_f) jika digunakan untuk menyelesaikan persamaan kesetimbangan gaya.

Menurut Hardiyatmo (2003) umumnya faktor aman stabilitas lereng atau faktor aman terhadap kuat geser tanah diambil lebih besar atau sama dengan 1,2.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan penelitian adalah material lereng yang diambil pada lokasi sebelah utara gedung rektorat, sebelah utara kampus FISIPOL dan sebelah utara kampus FKIP. Selanjutnya dilakukan uji sifat-sifat fisik dan mekanik di laboratorium geoteknik Universitas Mataram. Uji sifat-sifat fisik dilakukan dengan seperangkat uji sifat fisik, antara lain : uji kadar air, uji berat volume dan uji specific gravity. Uji laboratorium penentuan kadar air material lereng untuk mengetahui kadar air tanah pada saat sampel diambil, uji berat volume untuk menentukan berat volume tanah (γ), uji specific gravity untuk menentukan specific gravity tanah (G). Uji sifat-sifat mekanis antara lain : uji geser langsung menggunakan seperangkat alat uji geser langsung dilakukan untuk mendapatkan parameter kuat geser tanah yaitu sudut geser dalam tanah (ϕ) dan kohesi tanah (c), yang nantinya dipergunakan untuk menentukan input pada model konstitutif material tanah linier elastis pada software SIGMA/W. Secara keseluruhan input SIGMA/W antara lain c (kohesi), ϕ (sudut gesek dalam), E (modulus elastisitas), γ (berat volume), K_0 (koefisien tekanan tanah saat diam) dan ν (poisson ratio). Hasil analisis tegangan deformasi selanjutnya digunakan sebagai input pada SLOPE/W, yang menghasilkan faktor keamanan lereng.

Rencana Penelitian

Penelitian mengenai analisis deformasi-tegangan dan stabilitas lereng sepanjang tebing sungai di kawasan UM Mataram ini dibagi menjadi :

Tabel .1 Rencana Penelitian

No.	Model Struktur Lereng	Type Pembebanan
1	Dinding penahan sebelah utara gedung rektorat (Model1)	Berat sendiri tanah dan struktur (<i>body force</i>)
2	Dinding penahan sebelah utara gedung rektorat (Model 1)	Beban <i>body force</i> dan beban eksternal (jalan dan fondasi gedung)
3	Dinding penahan depan gedung FISIPOL (Model 2)	Beban <i>body force</i>
4	Dinding penahan depan gedung FKIP (Model 3)	Beban <i>body force</i>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Teknis Material Penyusun Lereng

Parameter teknis merupakan hasil uji sifat fisik dan mekanik material penyusun lereng seperti diperlihatkan pada Tabel 5.1.

Tabel 2. Parameter teknis material lereng

No.	Parameter	TB1	TB2	TB3	TA
1	Kadar air (w)	27,11 %	43,93%	24,84%	19,58%
2	Spesific gravity (G)	2,59	2,16	2,65	2,48
3	Berat volume basah (γ)	16,4 kN/m^3	15,7 kN/m^3	16,3 kN/m^3	13,3 kN/m^3
4	Berat volume kering (γ_d)	12,9 kN/m^3	10,9 kN/m^3	13 kN/m^3	11,2 kN/m^3
5	Angka pori (e)	1,01	1,36	1,03	1,23
6	Porositas (n)	0,50	0,58	0,51	0,55
7	Derajad kejenuhan (S)	69,43%	83,00%	63,80%	39,67%
8	Sudut geser dalam (ϕ)	22,449°	22,504°	11,439°	14,331°
9	Kohesi (c)	1,6 kN/m^2	8,6 kN/m^2	38,6 kN/m^2	1,8 kN/m^2
10	Modulus Elastisitas (E), (Hardiyatmo, 2003)	25000 kN/m^2	25000 kN/m^2	25000 kN/m^2	20000 kN/m^2
11	Poisson ratio (ν) (Hardiyatmo, 2003)	0,25	0,25	0,25	0,3
12	Koefisien tekanan tanah saat diam (K_0) (Hardiyatmo, 2003)	0,618	0,617	0,8	0,75

Keterangan :

TB1 : timbunan tanah lokasi di sebelah utara rektorat

TB 2 : timbunan tanah lokasi di sebelah utara fakultas teknik sebelah barat

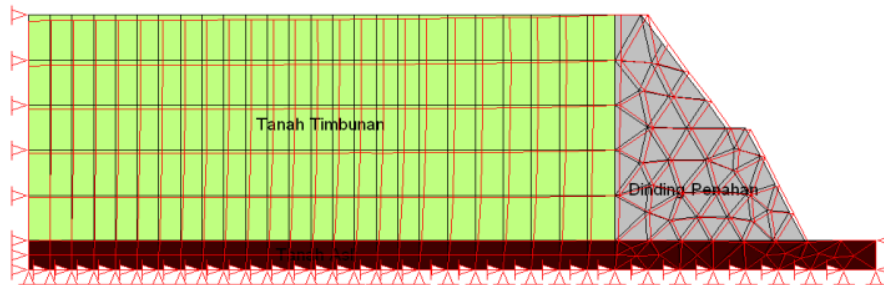
TB 3 : tanah asli lokasi di sebelah utara fakultas teknik sebelah timur (tanah sama dengan di utara FISIPOL dan FKIP)

TA : tanah asli lokasi di sebelah utara rektorat

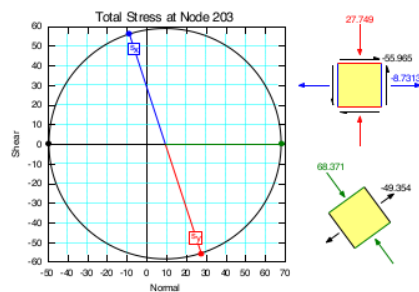
Analisis Deformasi-Tegangan dan Stabilitas Lereng Diperkuat Dinding

Penahan (Model 1) Akibat Beban *Body Force*

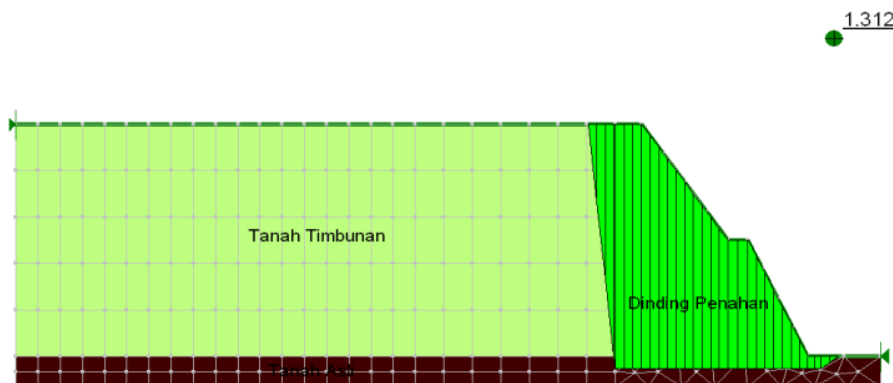
Analisis deformasi-tegangan dengan bantuan program SIGMA/W mengindikasikan deformasi arah x akibat beban sendiri tanah-struktur (*body force*) ditinjau pada titik A (kaki bawah dinding penahan), sebesar 4,3mm seperti terlihat pada Gambar 4. Sedangkan tegangan total maksimum yang terjadi sebesar $68,371 \text{ kN/m}^2$ seperti terlihat pada Gambar 5. Keruntuhan lereng yang diperkuat dengan dinding penahan tanah akibat beban *body force* menunjukkan keruntuhan tanah aktif.



Gambar 4. Deformasi model 1 akibat beban *body force*



Gambar 5. Tegangan pada model 1 akibat beban *body force*

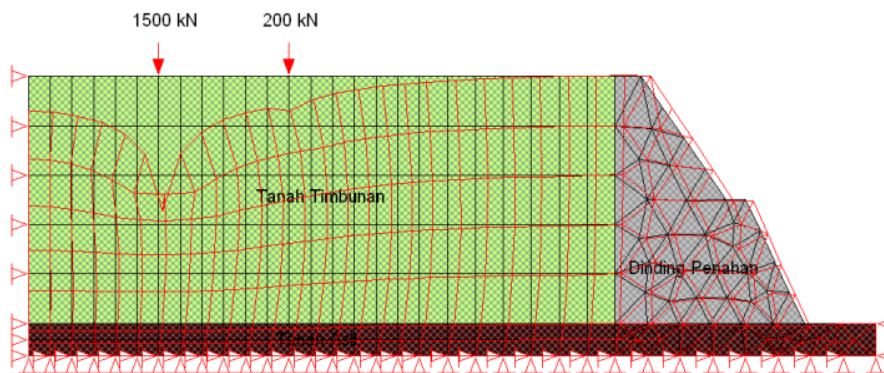


Gambar 6. Stabilitas lereng pada model 1 akibat beban *body force*

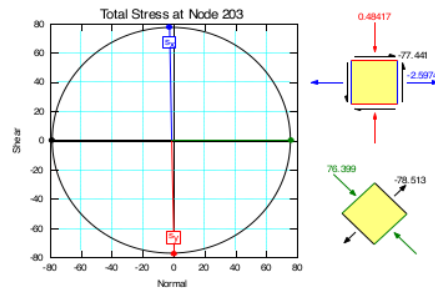
Berdasarkan Analisis SLOPE/W lereng akibat beban *body force* dalam kondisi stabil dengan angka keamanan 1,312 dengan bidang longsor berjarak 0,8m dari dinding penahan seperti terlihat pada Gambar 6.

Hasil Analisis Model 1 Akibat Beban *body force* dan Beban Eksternal

Deformasi arah x akibat beban *body force* dan beban eksternal dengan tinjauan yang sama pada titik A sebesar 5,7mm. Sedangkan tegangan total maksimum yang terjadi sebesar 76,399 kN/m² seperti terlihat pada Gambar 8. Peningkatan deformasi arah x disebabkan adanya peningkatan tegangan total yang menyebabkan pergerakan tanah arah lateral (*ground movement*). Keruntuhan lereng yang diperkuat dengan dinding penahan tanah akibat beban *body force* dan beban eksternal menunjukkan keruntuhan tanah aktif seperti terlihat pada Gambar 7.

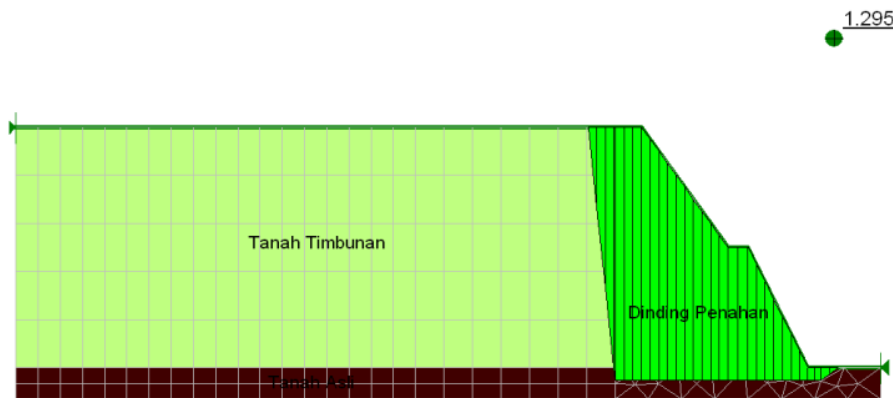


Gambar 7. Deformasi pada model 1 akibat beban *body force* dan beban eksternal



Gambar 8. Tegangan pada model 1 akibat beban *body force* dan beban eksternal

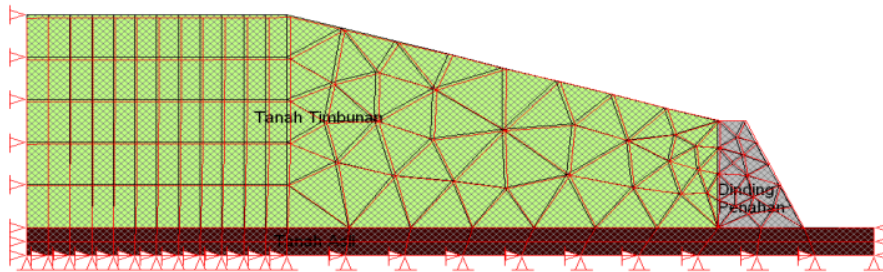
Berdasarkan Analisis GEO SLOPE/W lereng akibat beban *body force* dan beban eksternal masih dalam kondisi stabil dengan angka keamanan 1,295 turun sebesar 0,017 point dari angka keamanan yang terjadi akibat beban *body force*, hal ini mengindikasikan bahwa pembebanan yang ada di dekat lereng berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Bidang longsor berjarak 0,8m dari dinding penahan seperti terlihat pada Gambar 9, sehingga disarankan pembangunan gedung atau jalan sebaiknya diluar jarak kritis tersebut karena akan memicu keruntuhan lereng.



Gambar 9. Stabilitas lereng pada model 1 akibat beban *body force* dan eksternal

Analisis Deformasi-Tegangan dan Stabilitas Lereng Diperkuat Dinding Penahan (Model 2) Akibat Beban *Body Force*

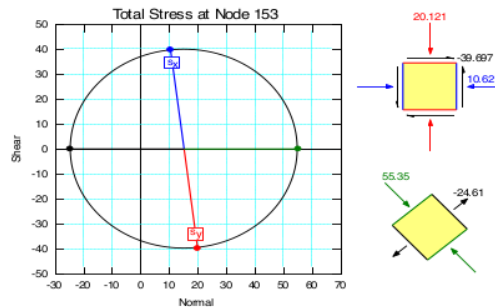
Analisis deformasi-tegangan dengan bantuan program SIGMA/W mengindikasikan deformasi arah x akibat beban sendiri tanah-struktur (*body force*) ditinjau pada titik A (kaki bawah dinding penahan), sebesar 2,9mm. Sedangkan tegangan total maksimum yang terjadi sebesar 55.35 kN/m² seperti terlihat pada Gambar 11. Keruntuhan lereng yang diperkuat dengan dinding penahan tanah akibat beban *body force* menunjukkan keruntuhan tanah aktif seperti terlihat pada Gambar 10.



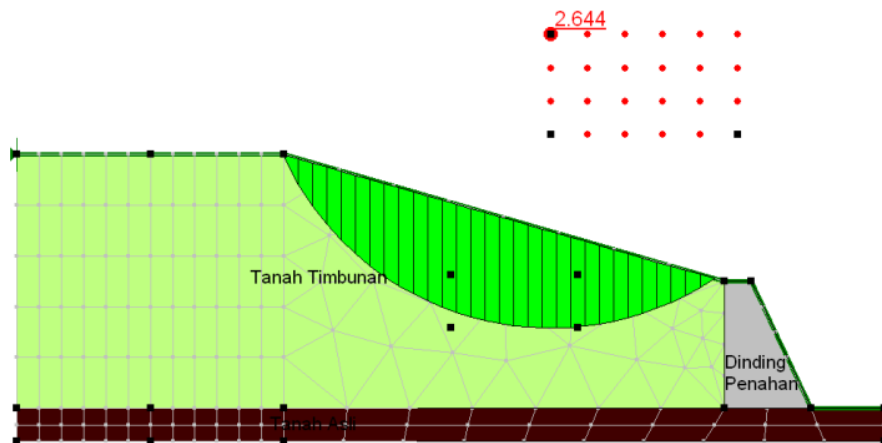
Gambar 10. Deformasi pada model 2 akibat beban *body force*

Berdasarkan Analisis SLOPE/W lereng akibat beban *body force* masih dalam kondisi stabil dengan angka keamanan 2,644 seperti terlihat pada Gambar 5.9. Kestabilan lereng pada lokasi ini didukung oleh sifat mekanik tanah terutama kohesi dan sudut gesek dalam yang relatif tinggi sehingga meningkatkan gaya penahan longsoran. Disamping itu sudut lereng yang landai serta jauh dari beban eksternal (jalan dan gedung) sehingga mereduksi gaya pemicu longsoran. Namun berdasarkan pengamatan di lapangan tanah sedikit demi sedikit tergerus oleh limpasan air hujan yang telah membentuk alur menuju ke sungai dan membawa material tanah sehingga menutup dinding penahan. Demikian juga tanah yang tergerus mengalami penurunan elevasi sedikit demi sedikit. Apabila tidak diantisipasi maka gerusan

tanah ini akan semakin meluas. Disarankan untuk meninggikan dinding penahan tebing sungai dan membuat drainase untuk mengalirkan limpasan air hujan sehingga dapat meminimalisasi gerusan permukaan tanah (erosi permukaan tanah).



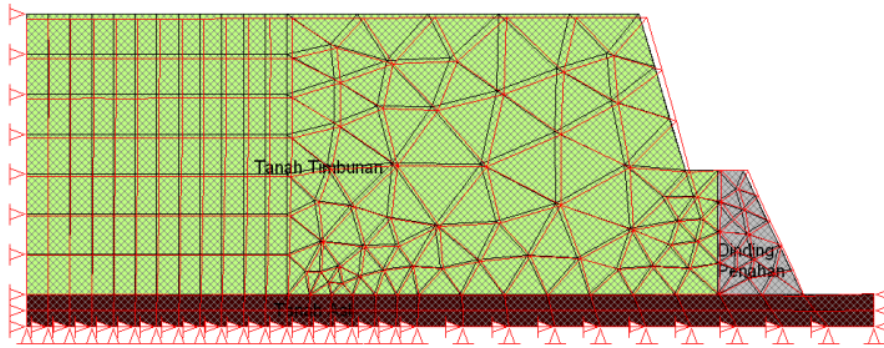
Gambar 11 Tegangan pada model 2 akibat beban *body force*



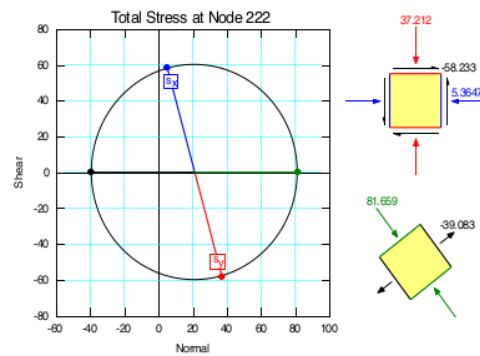
Gambar 12. Stabilitas lereng pada model 2 akibat beban *body force*

Analisis Deformasi-Tegangan dan Stabilitas Lereng Diperkuat Dinding Penahan (Model 3) Akibat Beban *Body Force*

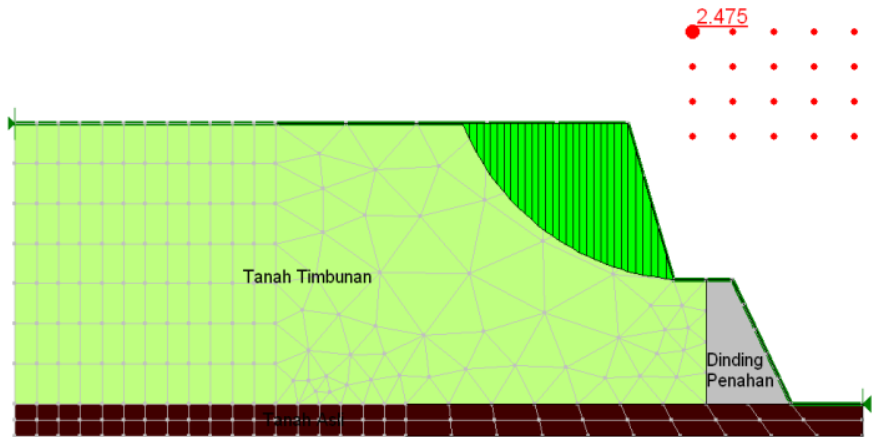
Analisis deformasi-tegangan dengan program SIGMA/W mengindikasikan deformasi arah x akibat beban sendiri tanah-struktur (*body force*) ditinjau pada titik A (kaki bawah dinding penahan), sebesar 3,99mm. Sedangkan tegang¹³ total maksimum yang terjadi sebesar 81,659 kN/m² seperti terlihat pada Gambar 14. Hasil analisis secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 3. Keruntuhan lereng yang diperkuat dengan dinding penahan tanah akibat beban *body force* menunjukkan keruntuhan tanah aktif seperti terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Deformasi pada model 3 akibat beban *body force*



Gambar 14. Tegangan pada model 3 akibat beban *body force*



Gambar 15. Stabilitas lereng pada model 3 akibat beban *body force*

Berdasarkan Analisis SLOPE/W lereng akibat beban *body force* masih dalam kondisi stabil dengan angka keamanan 2,475 seperti terlihat pada Gambar 15. Kestabilan lereng pada lokasi ini didukung oleh sifat mekanik tanah terutama kohesi dan sudut gesek dalam yang relatif

tinggi sehingga meningkatkan gaya penahan longsor. Disamping itu sudut kemiringan lereng yang relatif curam meskipun jauh dari beban eksternal (jalan dan gedung) meningkatkan sedikit gaya pemicu longsor dibandingkan lokasi di depan FISIPOL, sehingga faktor keamanan cenderung turun dibandingkan lokasi model 2. Berdasarkan pengamatan di lapangan lereng tergolong curam dengan sudut 73° sehingga jika tanah tersebut mengalami penjuhan oleh air hujan maka lereng akan menjadi tidak stabil. Disarankan untuk meninggikan dinding penahan tebing sungai dan membuat drainase untuk mengalirkan limpasan air hujan.

1 KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa hal yaitu :

1. Lereng dengan model 1 (sebelah utara rektorat) dengan pembebanan type 1 (*body force*) dan type 2 (*body force* dan eksternal) dalam kondisi stabil dengan faktor keamanan (SF) berturut-turut sebesar 1,312 dan 1,295.
2. Lereng dengan model 2 (sebelah utara FISIPOL) dengan pembebanan type 1 (*body force*) dalam kondisi stabil dengan faktor keamanan (SF) sebesar 2,644
3. Lereng dengan model 3 (sebelah utara FKIP) dengan pembebanan type 1 (*body force*) dalam kondisi stabil dengan faktor keamanan (SF) sebesar 2,475

Saran

1. Perlu dikaji pada lokasi lain yang belum dikaji pada penelitian ini.
2. Faktor intensitas hujan perlu diperhitungkan dalam analisis program

10 DAFTAR PUSTAKA

Abramson, L.W. et al., 1995, "Slope Stabilization and Stabilization Methode", John Wiley & Sons, Inc., Canada.

Departemen ESDM, 2010, "Pengenalan Gerakan Tanah", www.google.com

Djamil, H., Sukatja B., dan Sarjono, 1999, "Penelitian Penanggulangan Longsor Tebing Dengan Sistem Geosintetik Diangkur", Prosiding Seminar Nasional Geoteknik'99 Hal. 92-96, Yogyakarta.

Geo-Slope International Ltd., 1995, "Slope/W", User Guide, Calgary, Alberta, Canada.

Hardiyatmo, H. C., 2003, "Mekanika Tanah II", Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Suryolelono, K.B., 1999, "Penanggulangan Kelongsoran Lereng di Kawasan Perumahan Ramayana Kota Balikpapan Kalimantan Timur", Prosiding Seminar Nasional Geoteknik'99 Hal. 66-71, Yogyakarta.

9 Tami, D. dan Irsyam, M., 1998, "Analisis Stabilitas Timbunan *Backfilling* pada Lokasi Depot Pertamina di Kertapati-Palembang", *Finite Element Application for Geotechnical Engineering*, Bandung.

ANALISIS STABILITAS LERENG SEPANJANG TEPI SUNGAI DI KAWASAN KAMPUS UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

ORIGINALITY REPORT

14%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	ejournal.ftunram.ac.id Internet	59 words — 2%
2	dspace.uui.ac.id Internet	52 words — 2%
3	www.journal.unrika.ac.id Internet	46 words — 2%
4	pt.scribd.com Internet	36 words — 1%
5	id.scribd.com Internet	35 words — 1%
6	repository.ub.ac.id Internet	32 words — 1%
7	docplayer.info Internet	28 words — 1%
8	library.binus.ac.id Internet	25 words — 1%
9	personal.ftsl.itb.ac.id Internet	16 words — 1%

10	core.ac.uk Internet	14 words — < 1%
11	journal.eng.unila.ac.id Internet	14 words — < 1%
12	rpal02.blogspot.com Internet	11 words — < 1%
13	eprints.uny.ac.id Internet	9 words — < 1%
14	123dok.com Internet	8 words — < 1%
15	K. Been, G. C. Sills. "Self-weight consolidation of soft soils: an experimental and theoretical study", Géotechnique, 1981 Crossref	8 words — < 1%
16	T. D. O'Rourke. "Lifeline Performance under Extreme Loading During Earthquakes", Geotechnical Geological and Earthquake Engineering, 2007 Crossref	7 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY OFF

EXCLUDE MATCHES OFF