

ANALISIS STABILITAS LERENG BERTINGKAT DENGAN PERKUATAN *GABION*

Rendi Teguh Prayitno¹⁾ Bambang Setiawan²⁾ Harya Dananjaya³⁾

¹⁾Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

²⁾³⁾Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126. Telp: 0271-634524.

Email: renditeguh.ngw1@gmail.com

Abstract

Additional reinforcement at the slope is needed to make the dislocation of soil not happen. The additional reinforcement at slope structure which is often to used is gabion. This paper discusses the safety factor (safety factor / SF) of double decker slope with gabion modeling. The analysis use a model combination of gabion gravity and gabion terramesh at double decker slope with soil parameter which is resulted by correlation of N-SPT value. The results of the analysis is there improvement of safety factor at the slope which reinforcement by gabion, it showed by terramesh gabion modelling with the length of anchor is 6 m and 72° of slope at the upper the lower is 55,18%.

Keywords: safety factor, gabion, double decker, Plaxis.

Abstrak

Perkuatan tambahan pada lereng diperlukan agar tidak terjadi kelongsoran. Aplikasi struktur perkuatan tambahan pada lereng yang sering digunakan adalah *gabion*. Penelitian ini membahas angka keamanan (*safety factor/SF*) pada lereng bertingkat dengan pemodelan tipe *gabion*. Analisis dilakukan dengan metode elemen hingga dengan menggunakan bantuan program *Plaxis*. Data analisis menggunakan kombinasi pemodelan *gabion* gravitasi dan *gabion terramesh* pada tingkatan lereng dengan data tanah hasil korelasi *N-SPT*. Hasil analisis didapatkan peningkatan angka keamanan diperkuat *gabion* ditunjukkan pemodelan *gabion terramesh* dengan panjang ankur 6 m dan kelandaian 72° pada lereng atas dan lereng bawah sebesar 55,18%.

Kata Kunci : angka keamanan, *gabion*, lereng bertingkat, *Plaxis*.

PENDAHULUAN

Permukaan tanah yang miring menyebabkan komponen berat tanah yang sejajar dengan kemiringan lereng bergerak kebawah. Komponen material tanah mempunyai kekuatan alami untuk melawan pergerakan tanah yang menyebabkan kelongsoran lereng. Jika kemampuan komponen tanah tidak mampu melawan pergerakan tanah, maka diperlukan perkuatan tambahan berupa *gabion* (DAS 1985). *Gabion* merupakan struktur perkuatan yang bekerja sebagai satu kesatuan (secara monolit). Struktur dari *gabion* fleksible untuk menerima settlement, defleksi, maupun tegangan. Berdasarkan klasifikasi struktur perkuatan tanah, *gabion* dapat berfungsi sebagai dinding gravitasi, salah satu jenis sistem stabilisasi eksternal. Oleh karena itu, *gabion* dapat menahan tekanan tanah lateral dengan menggunakan berat strukturnya sendiri. Struktur *gabion* dapat pula didesain sebagai *reinforced soil structure* untuk meningkatkan efisiensi dari dinding *gabion*. *Reinforce soil structure* adalah perkuatan tanah yang tersusun atas *wire mesh* yang ditempatkan di antara susunan *box gabion* dan diperpanjang hingga menembus *backfill*. Metode analisis stabilitas lereng yang digunakan dalam menganalisis kestabilan lereng sangat banyak, salah satunya adalah menggunakan metode elemen hingga. Pehitungan elemen hingga umumnya sulit dilakukan secara manual, sehingga diperlukan bantuan dengan menggunakan program komputer. *Plaxis* adalah program komputer yang menggunakan prinsip metode elemen hingga untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan geoteknik.

TINJAUAN PUSTAKA

Maccaferri (1987) mendefinisikan bahwa *gabion* terbentuk dari suatu *box* anyaman kawat yang diisi dengan batu. Tiap-tiap *gabion box* tersusun atas kawat (*double twist hexagonal*) yang telah diberi lapisan galvanis. Aplikasi *gabion* adalah sebagai struktur penahan tanah, perkuatan jalan, perkuatan lereng, pelindung jembatan, pelindung tepian sungai, dan pelindung jalur kereta api. *Gabion* biasanya digunakan karena mempunyai karakteristik seperti fleksibel, permeabel, ekonomis, mudah dipasang, dapat dipasang dilingkungan yang beragam dan ramah lingkungan. Penelitian Lin (2000) melakukan simulasi terhadap *gabion* tunggal dengan menggunakan program *Plaxis*. Berdasarkan hasil analisis simulasi *gabion* tunggal pada pengujian terkekang dan terkekang didapatkan tren hubungan tegangan dan regangan sama dengan pengujian laboratorium.

Stabilitas Lereng

Faktor keamanan lereng didapatkan dengan cara mengurangi nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) secara bertahap hingga tanah mengalami keruntuhan. Metode ini dikenal dengan nama *strength reduction* atau *phi c reduction method*. Perhitungan *phi c reduction method* dilakukan dengan prosedur peningkatan beban jumlah langkah. Peningkatan faktor pengali M_{ϕ} digunakan untuk menentukan peningkatan dari reduksi kekuatan dan langkah perhitungan pertama. Peningkatan ini secara proporsional diatur ke 0.1, yang umumnya merupakan nilai awal yang memadai. Parameter kekuatan selanjutnya direduksi secara otomatis hingga seluruh langkah tambahan telah digunakan.

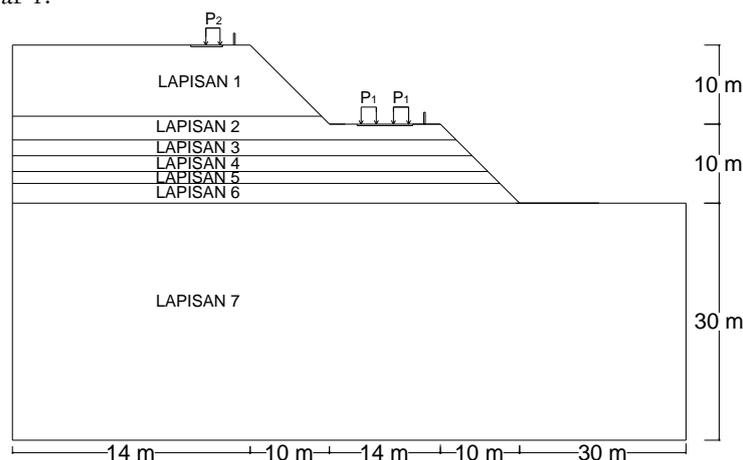
Parameter tanah

Data parameter tanah yang diperlukan dalam desain struktur geoteknik didapatkan dari pengujian langsung di lapangan, pengujian di laboratorium, ataupun dengan menggunakan korelasi empiris antar parameter yang telah direkomendasikan oleh para tenaga ahli. Parameter tanah umumnya diperoleh dari hasil pengujian di lapangan dan laboratorium. Korelasi empiris antar parameter biasanya digunakan apabila data yang diperlukan untuk desain tidak tersedia dari hasil pengujian langsung di lapangan ataupun laboratorium. Selain itu, korelasi empiris digunakan untuk verifikasi hasil data dengan data lainnya. Korelasi empiris yang digunakan pada penelitian berdasarkan korelasi hubungan nilai $N-SPT$ yang direkomendasikan oleh para tenaga ahli, seperti: Mayerhoff (1965), Terzaghi dan Peck (1987), Bowles (1997), B. M. Das (1998), Hatanaka dan Uchida (1996).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode elemen hingga dengan menggunakan bantuan program komputer. Jenis pemodelan elemen hingga yang dipilih dalam penelitian ini berupa *plane strain*. Jenis perhitungan elemen hingga dalam penelitian menggunakan perhitungan (*calculation type*) menggunakan *plastic* dan *phi/c reduction*. Jenis *plastic* digunakan untuk melakukan analisis deformasi elastis-plastis dimana tidak diperlukan untuk mengikutsertakan proses berkurangnya tekanan air pori berlebih terhadap waktu dalam perhitungan, sedangkan jenis *phi/c reduction* digunakan untuk analisis angka keamanan.

Beban yang digunakan pada penelitian ini menggunakan beban lalu lintas. Beban lalu lintas yang digunakan pada pemodelan ini dibagi menjadi dua kendaraan terberat yang melintas jalan lereng tersebut. Berat kendaraan rencana yang melintas lereng bawah sebesar 25 ton, untuk kendaraan yang melintas pada lereng atas sebesar 10 ton. Beban kendaraan diasumsikan sebagai beban garis. Pemodelan geometri lereng alami dalam penelitian ini merupakan asumsi lereng bertingkat hasil pemotongan gunung. Lereng ini memiliki dua tingkatan, yaitu: lereng bawah merupakan lereng yang dimanfaatkan sebagai jalan kolektor, sedangkan pada lereng atas dimanfaatkan sebagai jalan lokal. Jalan kolektor pada lereng bawah mempunyai *bench* 14 m, sedangkan pada jalan lokal mempunyai *bench* 9 m. Pemodelan lereng alami diasumsikan mempunyai kemiringan 45° pada tingkatan lereng seperti yang ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Sketsa pemodelan lereng alami

Lapisan tanah pada lereng ini didapatkan dari data sekunder hasil pengujian *bore log* sedalam 24 meter di Cianjur. Berdasarkan hasil pengujian *bore log* didapatkan 7 lapisan tanah. Parameter masukan data tanah ditunjukkan pada Tabel 1. Pemodelan perkuatan yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan variasi perkuatan *gabion* pada lereng atas dan lereng bawah. Tipe *gabion* yang digunakan pada penelitian adalah tipe gravitasi dan tipe *terramesh*.

Tabel 1. Parameter data tanah

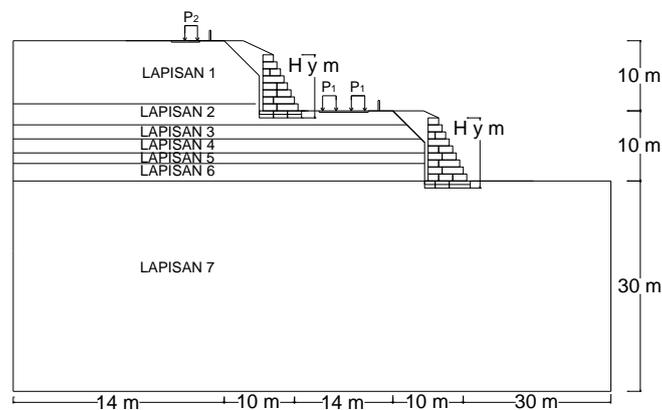
Identifikasi	Lapisan 1	Lapisan 2	Lapisan 3	Lapisan 4	Lapisan 5	Lapisan 6	Lapisan 7
Kedalaman (m)	00,00-09,00	9,00-12,00	12,00-14,00	14,00-16,00	16,00-17,50	17,50-20,00	20,00-21,00
N	19.5	50	36	50	50	50	50
Material Model	<i>Mobr Coulomb</i>						
Material Type	<i>Drain</i>						
γ_{sat} (kN/m ³)	14.49	20.00	15.12	20.00	20.00	18.22	20.00
γ_{sat} (kN/m ³)	15.93	22.86	15.95	22.86	22.86	20.40	22.86
k_x (m/hari)	3.97	3.97	0.01	864.00	864.00	0.01	864.00
k_y (m/hari)	3.97	3.97	0.01	864.00	864.00	0.01	864.00
E (kN/m ²)	1280.00	10000.00	2000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00
ν	0.32	0.28	0.30	0.10	0.20	0.30	0.20
c (kN/m ²)	7.10	0.00	7.60	0.00	0.00	346.67	0.00
ϕ (°)	32.25	45	33.26	45.00	45.00	45.00	45.00

Kombinasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan model *gabion* gravitasi dengan tinggi 7 m, 8 m, 9 m, dan 10 m. Kombinasi analisis model *gabion* gravitasi ditunjukkan Tabel 2. Model *gabion* gravitasi pada penelitian ini adalah *back face* gravitasi dan *front face* gravitasi.

Tabel 2. Kombinasi analisis perkuatan *gabion* gravitasi

Lereng Atas / Lereng Bawah	<i>Gabion</i> gravitasi tinggi 7 m	<i>Gabion</i> gravitasi tinggi 8 m	<i>Gabion</i> gravitasi tinggi 9 m	<i>Gabion</i> gravitasi tinggi 10 m
<i>Gabion</i> gravitasi tinggi 7 m	✓			
<i>Gabion</i> gravitasi tinggi 8 m		✓		
<i>Gabion</i> gravitasi tinggi 9 m			✓	
<i>Gabion</i> gravitasi tinggi 10 m	✓	✓	✓	✓

Sketsa kombinasi pemodelan *gabion front face* gravitasi pada lereng atas dan lereng bawah ditunjukkan pada Gambar 2.



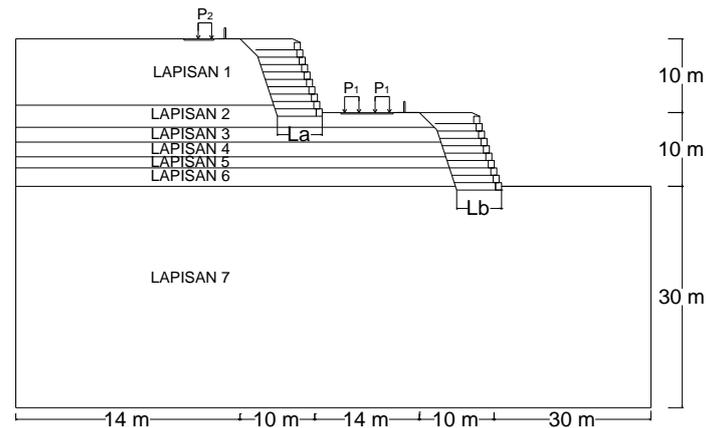
Gambar 2. Sketsa pemodelan *gabion* gravitasi

Kombinasi yang digunakan pada lereng bertingkat dengan perkuatan *gabion* tipe *terramesh* adalah kemiringan perkuatan dan panjang angkur perkuatan. Model *gabion* tipe *terramesh* yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan angkur 4 m, 5 m, dan 6 m. Adapun kombinasi yang digunakan pada lereng bertingkat dengan perkuatan *gabion* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kombinasi analisis perkuatan *gabion terramesh*

Angkur / Kemiringan	72°	78°	84°	90°
L _{atas} 6 m, L _{bawah} 6 m	✓	✓	✓	✓
L _{atas} 5 m, L _{bawah} 5 m	✓	✓	✓	✓
L _{atas} 5 m, L _{bawah} 6 m	✓	✓	✓	✓
L _{atas} 4 m, L _{bawah} 5 m	✓	✓	✓	✓

Sketsa kombinasi pemodelan *gabion terramesh* pada lereng atas dan lereng bawah ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sketsa pemodelan *gabion terramesh*

Pendekatan material *gabion* yang digunakan untuk pemodelan perkuatan dibagi menjadi dua material, yaitu batuan pengisi dan kawat/*wire mesh*. Berdasarkan penelitian sebelumnya pendekatan material batuan pengisi yang digunakan adalah model *Mohr-Coulomb*, sedangkan kawat/*wire mesh* pendekatan yang digunakan adalah geogrid. Geogrid dipilih karena material kawat/*wire mesh* memiliki sifat elastis seperti material geogrid.

1. Batuan pengisi

Parameter pendekatan model *Mohr-Coulomb* batuan pengisi *gabion* diambil dari buku keluaran *Maccaferri, 1987*. Parameter batu pengisi *gabion* untuk masukan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter batu pengisi *gabion* (*Maccaferri, 1987*)

Identifikasi	Batu Pengisi
Material Model	MC
Jenis Material	D
γ_{unsat} (kN/m ³)	17,5
γ_{sat} (kN/m ³)	20,5
E (kN/m ²)	1040
ν	0,30
c (kN/m ²)	19,00
ϕ (°)	33,75

2. Kawat/ *wire mesh*

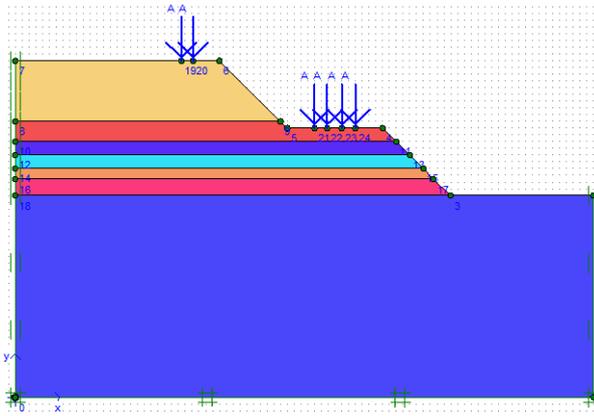
Parameter yang dibutuhkan pada material geogrid adalah parameter kekakuan axial elastis (EA). Parameter kekakuan axial elastis didapatkan dari spesifikasi kawat/*wire mesh*, yaitu: *tensile strength* (F) dan *elongation* (ϵ). Besarnya parameter spesifikasi kawat/*wire mesh* tergantung jenis material penyusun, diameter kawat, dan ukuran anyaman kawat/*wire mesh*. Spesifikasi kawat/*wire mesh* yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari brosur spesifikasi produk *gabion box* dan *terramesh gabion* yang dikeluarkan oleh perusahaan *Maccaferri*. Parameter geogrid untuk masukan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter pendekatan kawat/ *wire mesh*

Identifikasi	<i>Gabion Box</i>	<i>Terramesh Gabion</i>
Jenis Material	Geogrid	Geogrid
Kekakuan axial tarik/EA (kN/m)	1022	1250

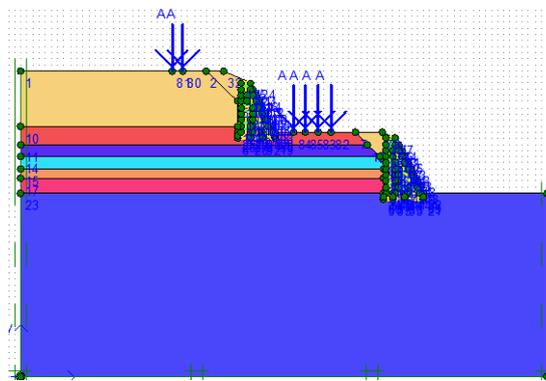
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lereng alami pada penelitian ini digunakan sebagai acuan/pembanding pengaruh angka keamanan setelah diperkuat *gabion*. Pemodelan lereng alami dengan beban lalu lintas pada lereng atas dan lereng bawah ditunjukkan pada Gambar 4.



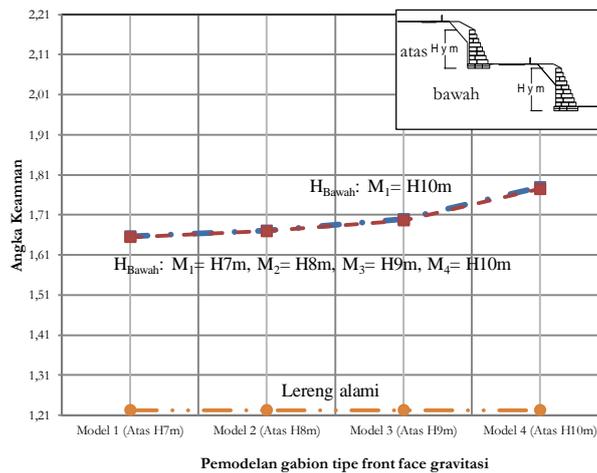
Gambar 4. Hasil pemodelan lereng alami

Gambar 5 menunjukkan pemodelan penggunaan model *gabion* gravitasi. Kombinasi yang digunakan pada pemodelan ini adalah penggunaan *gabion* dengan ketinggian 9 m pada lereng atas dan ketinggian 10 m pada lereng bawah.



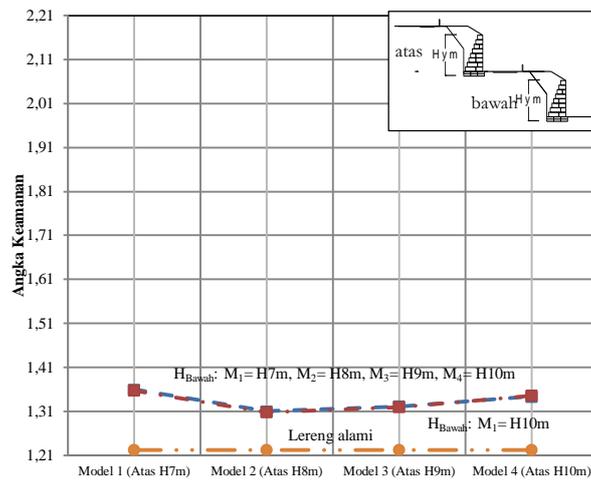
Gambar 5. Hasil pemodelan *gabion* gravitasi

Angka keamanan pemodelan *gabion front face* gravitasi ditampilkan pada Gambar 6. Angka keamanan meningkat seiring dengan bertambahnya tinggi perkuatan *gabion*. Hal ini mengakibatkan lebar perkuatan semakin besar, sehingga gaya perlawanan perkuatan semakin besar. Tren angka keamanan penggunaan model *gabion front face* yang digunakan pada lereng atas dan bawah memberikan kesamaan.



Gambar 6. Hubungan pemodelan *gabion* tipe front face gravitasi dengan angka keamanan

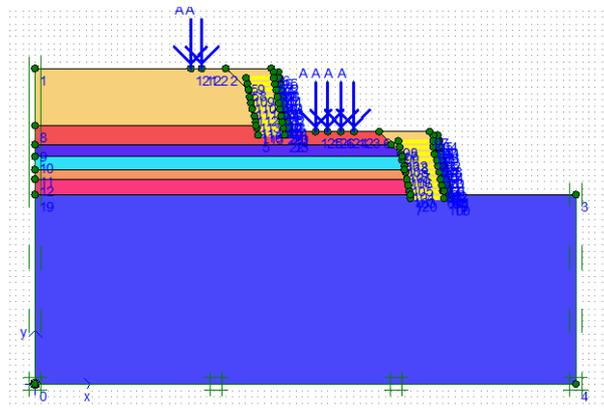
Gambar 7 menunjukkan angka keamanan pemodelan *gabion back face* gravitasi didapatkan tren yang sama. Hasil analisis angka keamanan terbesar ditunjukkan pemodelan dengan ketinggian 7 m. Pemodelan dengan ketinggian 8 m menurun, dan meningkat seiring peningkatan ketinggian pada pemodelan perkuatan *gabion back face* gravitasi dengan ketinggian 9 m dan 10 m. Hal ini mengindikasikan pemodelan *gabion back face* gravitasi memberikan perilaku yang berbeda.



Pemodelan gabion tipe back face gravitasi

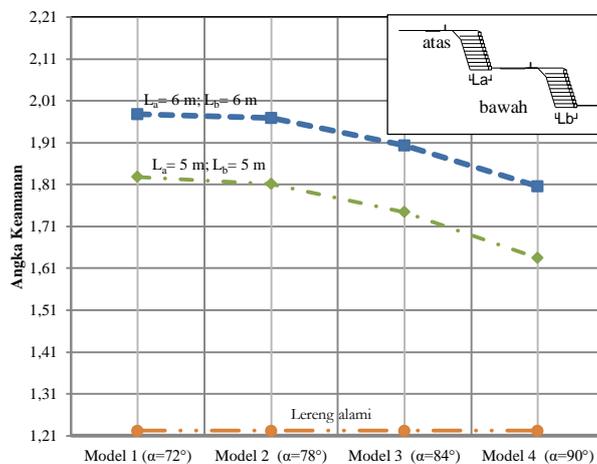
Gambar 7. Hubungan pemodelan *gabion* tipe *back face* gravitasi dengan angka keamanan

Pemodelan gabion *terramesh* ditunjukkan pada Gambar 8. Kombinasi yang digunakan adalah penggunaan gabion terramesh dengan panjang angkur 5 m pada lereng atas, sedangkan pada lereng bawah digunakan angkur dengan panjang 6 m.



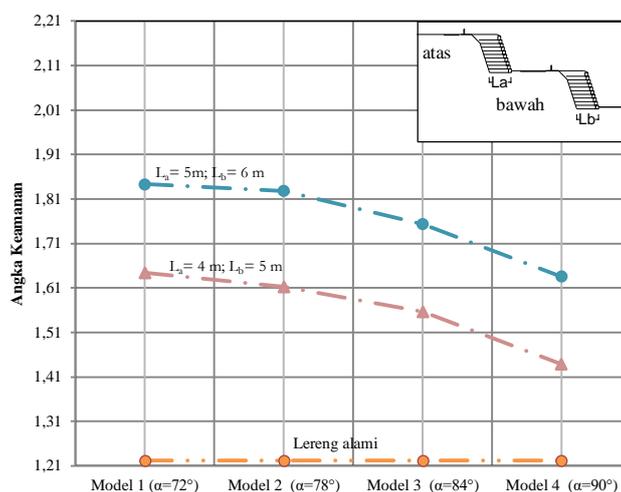
Gambar 8. Hasil pemodelan *gabion terramesh*

Hasil analisis pemodelan *gabion terramesh*, ditampilkan pada Gambar 9. Angka keamanan mengalami penurunan seiring pengurangan panjang angkur dan meningkatnya sudut kemiringan pemodelan. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya angka keamanan dipengaruhi oleh panjang angkur dan sudut kemiringan pemodelan *gabion*. Tren angka keamanan yang didapatkan pada pemodelan *gabion terramesh* didapatkan kesamaan untuk hubungan sudut kemiringan dan dengan angka keamanan.



Pemodelan gabion tipe terramesh variasi 1

a. Hubungan pemodelan *gabion* tipe *terramesh* variasi 1 dengan angka keamanan



Pemodelan gabion tipe terramesh variasi 2

- b. Hubungan pemodelan *gabion* tipe *terramesh* variasi 2 dengan angka keamanan
 Gambar 9. Hubungan pemodelan *gabion* tipe *terramesh* dengan angka keamanan

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Angka keamanan terbesar tipe *gabion* gravitasi ditunjukkan pemodelan *gabion front face* gravitasi dengan tinggi model 10 m pada lereng atas dan lereng bawah.
2. Angka keamanan pemodelan *gabion front face* gravitasi dengan tinggi model 10m pada lereng atas dan lereng bawah meningkat sebesar 45.23% .
3. Angka keamanan terbesar tipe *gabion terramesh* ditunjukkan pemodelan *gabion terramesh* dengan panjang angkur 6 m dan kelandaian 72° pada lereng atas dan lereng bawah.
4. Angka keamanan pemodelan *gabion terramesh* dengan panjang angkur 6 m dan kelandaian 72° pada lereng atas dan lereng bawah meningkat sebesar 55,18%
5. Angka keamanan terbesar pemodelan *gabion* ditunjukkan pada pemodelan *gabion terramesh*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Dr. Bambang Setiawan, S.T., M.T. dan Harya Dananjaya H.I, S.T., M.Eng.

REFERENSI

- Adriani, Ressi Dyah., 2014. *Analisis Stabilitas Lereng Sungai Mulki, Tembaga-pura dengan Alternatif Perkuatan*. Tugas Akhir. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Bowles, J.E., 1984. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah Edisi ke-2 (Terjemahan)*. Erlangga, Jakarta.
- Bowles, J.E., 1997. *Analisis dan Desain Pondasi*. Erlangga, Jakarta.
- Brinkgreve, R.B.J, & Broere, W. 2002. *Manual Plaxis 2D Version 8*. Netherland: Delft University of Technology & Plaxis.
- Choiron, Agus dkk. 2014. *Modul Ajar Metode Elemen Hingga*. Malang: Universita Brawijaya.
- Das, B. M., 1998. *Mekanika Tanah : Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 1 (Terjemahan)*. Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M., 1998. *Mekanika Tanah : Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2 (Terjemahan)*., Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2006. *Mekanika Tanah I*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2007. *Mekanika Tanah II*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2012. *Tanah Longsor dan Erosi : Kejadian dan Penanganan*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Herman, Dave Juven G., 2012. Analisis Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method. *Proceeding Konferensi Nasional Geoteknik Indonesia ke 16*, Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia. Jakarta
- Jayasree, P. K., 2008. *Analisis Performance of Gabion Faced Reinforced Earth Retaining Walls*. Thesis. Khochi: Cochin University of Science and Technology.
- Lin, Guy-Der.,2000, Deformation Analyses Of Gabion Structures. *Associate profesor, Departement of Soil and Water conservation, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan R.O.C*
- Terzaghi, K., dan Peck, R., 1987., *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekaya Jilid 1 (Terjemahan)*. Erlangga, Jakarta.

Terzaghi, K., dan Peck, R., 1987. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekaya Jilid 2 (Terjemahan)*. Erlangga, Jakarta.
Whilliam T., Whitman, dan Robert V., 1962. *Soil Mechanics*.
<http://www.maccaferri.com/id/en/documents/>