

PENGARUH LEBAR PONDASI DAN JUMLAH LAPISAN GEOGRID TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI PADA PEMODELAN FISIK LERENG TANAH PASIR PADA SUDUT KEMIRINGAN LERENG 56°

Muhammad Faisal Ghifari, Suroso, As'ad Munawir

Jurusan Teknik Sipil-Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: mfghifari@yahoo.com

ABSTRAK

Lereng merupakan suatu permukaan tanah yang miring dengan sudut tertentu terhadap bidang horizontal yang memiliki sifat tanah lunak dan sangat riskan akan terjadinya bahaya longsor. Kelongsoran terjadi karena tanah kehilangan kuat geser dan daya dukungnya karena kandungan air yang tinggi di dalam tanah. Daya dukung tanah adalah faktor penting yang berpengaruh terhadap runtuhnya lereng. Peningkatan daya dukung tanah menandakan kemampuan tanah untuk menahan beban di atasnya semakin baik.

Pada penelitian ini, dibuat 12 buah benda uji, dengan 3 variasi lebar pondasi dan 3 variasi jumlah lapisan geogrid. Pondasi yang digunakan merupakan pondasi menerus yang diletakkan di permukaan lereng dengan sudut 56° dan dengan RC 74%. Variasi lebar pondasi yang digunakan yaitu 4 cm, 6 cm dan 8 cm, serta variasi jumlah lapisan geogrid yang digunakan yaitu 1 lapis, 2 lapis dan 3 lapis perkuatan. Jarak dari tepi lereng ke pondasi adalah senilai dengan lebar pondasi yang digunakan. Jarak antar geogrid tiap lapisannya adalah 3 cm.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan terjadinya peningkatan daya dukung pondasi dengan adanya perkuatan menggunakan geogrid. Dengan bertambahnya lebar pondasi yang digunakan, beban runtuh yang dapat ditahan oleh pondasi akan bertambah juga, namun daya dukung pondasi semakin menurun. Semakin bertambahnya jumlah lapisan geogrid yang digunakan, semakin besar pula daya dukung yang dimiliki oleh pondasi. Bila ditinjau berdasarkan analisis BCI_{qu} dan BCI_s yang dilakukan, lebar dan jumlah lapis geogrid dengan peningkatan q paling maksimum terjadi saat $B = 4$ cm dan $n = 3$ lapisan. Sedangkan berdasarkan analisis peningkatan dan kontribusi variabel, variasi jumlah lapisan geogrid lebih dominan daripada variasi lebar pondasi.

Kata-kata kunci: *lereng pasir, daya dukung, pondasi menerus, perkuatan tanah, geogrid*

PENDAHULUAN

Kepadatan penduduk di Indonesia mengakibatkan adanya pembangunan pada daerah dengan permukaan tanah yang tidak datar (Lereng). Pembangunan pada daerah tersebut sangat riskan khususnya terhadap bahaya longsor. Pengertian lereng itu sendiri ialah suatu permukaan tanah yang miring dengan sudut tertentu terhadap bidang horizontal, akibat tingginya kandungan air dalam tanah lereng pada umumnya sifat tanah lereng lunak dan kekuatan geser serta daya dukungnya rendah.

Berbagai macam perbaikan tanah dapat dilakukan pada lereng, salah satunya dengan pemasangan material geogrid pada lapisan lereng yang dapat meningkatkan daya dukung yang merupakan faktor penting dalam keruntuhan lereng.

Hasil penelitian ini diharapkan menunjukkan mekanisme peningkatan daya dukung pondasi di atas lereng pada tanpa perkuatan dan dengan perkuatan. Serta mengetahui pengaruh dan parameter jumlah lapisan geogrid dan dimensi lebar pondasi. Selain itu juga mendapatkan kondisi dimana terjadi daya dukung terbesar.

TINJAUAN PUSTAKA

Pasir

Tanah pasir merupakan tanah dengan butiran tanah yang terpisah ketika keadaan kering dan akan melekat bila berada dalam keadaan basah akibat gaya tarik permukaan di dalam air. Tanah pasir merupakan tanah non-kohefif yang tidak memiliki garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air. Berdasarkan sistem klasifikasi tanah *Unified* (U.S.C.S) pasir adalah partikel-

TUJUAN

partikel batuan yang lolos saringan no. 4 (4,75 mm) dan tinggal dalam saringan no. 200 (0,075 mm).

Keruntuhan Lereng

Keruntuhan atau longsoran pada lereng ini dapat bersifat *progresif* dari lambat hingga amat lambat yang berarti bahwa keruntuhan geser tidak terjadi seketika pada seluruh bidang gelincir melainkan merambat dari suatu titik.

Sudut lereng yang sangat besar dan tanah yang berada dekat dengan kaki lereng tersebut berkekuatan tinggi mengakibatkan terjadinya keruntuhan pada lereng. Apabila tanah yang berada di atas dan bawah kaki lereng bersifat homogen maka akan terjadi keruntuhan pada kaki lereng. Sedangkan keruntuhan dasar lereng dapat diakibatkan oleh tanah yang berada di bawah kaki lereng lebih halus dan plastis daripada tanah di atasnya serta sudut lereng yang kecil.

Geogrid

Geogrid adalah pengembangan teknologi geosintetik yang dibuat untuk mengatasi mekanisme perkuatan dan masalah kekakuan bahan. Geogrid memiliki kekakuan bahan yang lebih tinggi daripada geotekstil. Dengan beban di atas tanah, tanah menahan tekan sedangkan geogrid menahan tarik yang diberikan beban.

Geogrid Biaxial yang mana akan digunakan sebagai bahan perkuatan tanah dan hendak dikaji dalam skripsi ini terbuat dari bahan dasar polypropylene (PP) dan banyak digunakan untuk meningkatkan tanah dasar lunak ($CBR < 1\%$). Bi-axial Geogrid adalah lembaran dengan bentuk lubang bujursangkar di mana dengan struktur lubang tersebut partikel tanah timbunan akan saling terkunci sehingga kuat geser tanah akan meningkat. Kuat tarik geogrid yang digunakan sebesar 40 kN/m. Geogrid Bi-Axial berfungsi sebagai stabilisasi tanah dasar. Seperti pada tanah dasar lunak (soft clay maupun tanah gambut).

Penyaluran Panjang Geogrid

Penelitian yang dilakukan oleh S.V. Anil Kumar yang berjudul "*Response of Footing on Sand Slopes*" menyatakan bahwa panjang penyaluran perkuatan berpengaruh terhadap peningkatan daya dukung.

Pada penelitiannya, ketika kondisi $L/B=3$ panjang penyaluran dibagi menjadi tiga bagian, yaitu sebelum pondasi sepanjang lebar pondasi (B), dibawah pondasi sepanjang lebar pondasi (B), dan setelah pondasi sepanjang lebar pondasi (B). Sehingga dapat disimpulkan panjang penyaluran geogrid setelah bidang runtuh yang dipergunakan adalah sepanjang $5B = 40$ cm.

Penyaluran Panjang Geogrid

Berdasarkan hasil penelitian dari Saeed Alamshahi yang berjudul "*Bearing Capacity of Strip Footings on Sand Slopes Reinforced with Geogrid and Grid-Anchor*" yang menyatakan bahwa jarak antar lapisan memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap perkuatan tanah dan hasil peningkatan paling maksimum terjadi pada saat jarak antar lapisan sebesar $0,75B$. Sehingga, pada penelitian ini menggunakan jarak antar lapis $0,75 \times 4$ cm = 3 cm.

Daya Dukung Pondasi Dangkal di Atas Lereng Tanpa Perkuatan

Daya dukung (*bearing capacity*) mengkaji tentang kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi dari struktur yang terletak di atasnya. Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan dari struktur diatasnya yang dapat diberikan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya.

Solusi Meyerhof

Daya dukung batas pondasi menurut Meyerhof untuk tanah pasir dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$q_u = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma q}$$

dengan;

q_u = Daya Dukung (kg/cm^2)

B = Lebar Pondasi (cm)

$N_{\gamma}q$ = Faktor Daya Dukung
 γ = Berat Isi Tanah (gr/cm³)

Solusi Hansen

Untuk kondisi pondasi berada di tepi lereng, Hansen menyatakan daya dukung batas dari pondasi menerus dengan persamaan;

$$q_u = cN_c\lambda_{cb} + qN_q\lambda_{qb} + \frac{1}{2}\gamma B N_{\gamma}\lambda_{\gamma\beta}$$

$$\lambda_{qb} = \lambda_{\gamma\beta} = (1 - \tan\beta)^2$$

dengan;

N_c, N_q, N_{γ} = Faktor Daya Dukung
 $\lambda_{cb}, \lambda_{qb}, \lambda_{\gamma\beta}$ = Faktor-faktor Lereng

Solusi Gempertine

Dari hasil penelitiannya, Shields menyatakan prosentase daya dukung tanah datar untuk menghitung nilai $N_{\gamma}q$ dengan menggunakan persamaan Gempertine.

$$N_{\gamma}q = f_{\phi} \times f_{\beta} \times f_{D/B} \times f_{B/Lp} \times f_{D/B, B/Lp} \times f_{\alpha, b/B} \times f_{\alpha, b/D, D/B} \times f_{\alpha, b/B, B/Lp}$$

Dengan :

ϕ = sudut geser dalam tanah (°)
 β = sudut kemiringan lereng (°)
 B = lebar pondasi (inci)
 D = kedalaman pondasi (inci)
 Lp = panjang pondasi (inci)
 b = jarak pondasi ke puncak lereng (inci)
 $f_{\phi} = 10^{(0,1159\phi - 2,386)}$
 $f_{\beta} = 10^{(0,34 - 0,2 \log B)}$
 $f_{D/B} = 1 + 0,65 (D/B)$
 $f_{B/L} = 1 - 0,27 (B/L)$
 $f_{D/B, B/Lp} = 1 + 0,39 (D/L)$
 $f_{\beta, b/B} = 1 - 0,8 [1 - (1 - \tan \beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$
 $f_{\beta, b/D, D/B} = 1 + 0,6 (B/L) [1 - (1 - \tan \beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$

$$f_{\beta, b/B, B/L} = 1 + 0,33 (D/B) \tan \beta \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$$

Selanjutnya dari nilai $N_{\gamma}q$ yang didapatkan dari solusi gempertine, dilanjutkan dengan solusi Meyerhof untuk mencari nilai daya dukung.

Bearing Capacity Improvement (BCI)

BCI merupakan perbandingan rasio yang membandingkan antara daya dukung tanah pada lereng dengan perkuatan dengan lereng tanpa perkuatan.

$$BCI = \frac{q}{q_0}$$

dimana;

BCI = *Improvement Bearing Capacity*

q = daya dukung dengan perkuatan

q_0 = daya dukung tanpa perkuatan

Pada penelitian ini, BCI ditentukan berdasarkan daya dukung pada saat ultimit (BCI_{qu}) dan daya dukung saat penurunan yang sama (BCI_s).

METODE PENELITIAN

Pengujian Dasar

Sebelum melakukan pengujian pada model, dilakukan terlebih dahulu pemeriksaan dasar tanah dengan memeriksa sifat fisik dan mekanik tanah dengan kepadatan relatif 74%, antara lain:

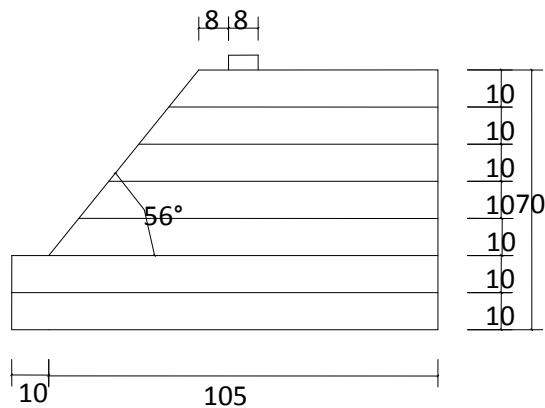
- Pemeriksaan analisis saringan (*Mechanical Grain Size*) menurut ASTM C-136-46
- Pemeriksaan berat jenis butiran tanah (*Specific Gravity*) mengikuti ASTM D-854-58
- Kepadatan standart (*Compaction*) berdasarkan ASTM D-698-70
- Pemeriksaan kekuatan geser langsung (*Direct Shear*) menurut ASTM D-3080-72

Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

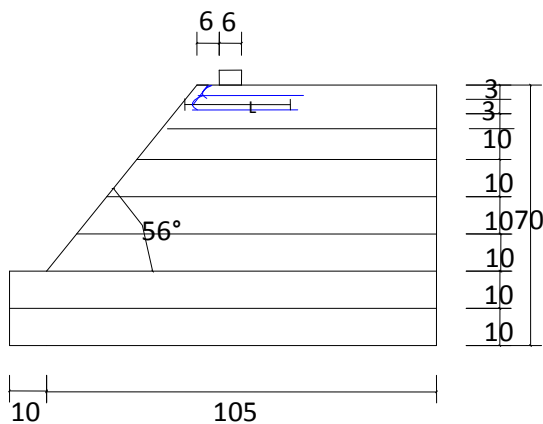
Dalam penelitian ini dibuat 12 benda uji yang terdiri dari 3 buah lereng tanpa perkuatan dan 9 buah lereng dengan perkuatan. Pada lereng tanpa perkuatan digunakan 3 macam variasi lebar pondasi,

yaitu 4 cm, 6 cm, dan 8 cm. Sedangkan untuk lereng dengan perkuatan variasi ditambah dengan menggunakan variasi jumlah lapisan geogrid, yaitu 1 lapis, 2 lapis dan 3 lapis.

Rasio Jarak dari pondasi ke tepi lereng (d/B) adalah 1. Sudut yang digunakan ialah sebesar 56° . Panjang penyaluran (L) dan jarak antar geogrid (sv) yang digunakan adalah 40 cm dan 3 cm.



Gambar 1. Contoh Model Lereng tanpa Perkuatan ($B = 8$ cm)



Gambar 2. Contoh Model Lereng dengan Perkuatan ($B = 6$ cm; $n = 2$ lapis)

Model boks uji yang digunakan berukuran panjang 1,5 m, lebar 1 m dan tinggi 1 m. Namun untuk pemodelan lerengnya sendiri hanya digunakan dengan ukuran panjang 1,15 m, lebar 1 m dan tinggi 0,7 m. Dasar dan sisi boks terbuat dari pelat baja *rigid* dengan tebal 1,2 mm, kecuali sisi depan boks menggunakan bahan fiber glass. Boks ini dibuat *rigid* dan dengan gesekan seminim mungkin untuk

dapat mempertahankan kondisi regangan yang terjadi.

Matriks variasi pemodelan lereng ditampilkan pada **Tabel 1.** dan **Tabel 2.**

Tabel 1. Variasi Lereng tanpa Perkuatan

RC 74% (d/B) = 1 (α) = 56°	Lebar Pondasi (B)		
	$B = 4$ cm	$B = 6$ cm	$B = 8$ cm
$n = 0$	✓	✓	✓

Tabel 2. Variasi Lereng dengan Perkuatan

RC 74% Jarak antar geogrid (sv)=3 cm Panjang geogrid (L) = 40 cm Jarak ke tepi lereng (d) = B Kemiringan sudut (α) = 56°	Jumlah Lapisan (n)		
	1	2	3
$B = 4$ cm	✓	✓	✓
$B = 6$ cm	✓	✓	✓
$B = 8$ cm	✓	✓	✓

Metode Pengambilan Data

Berdasarkan hasil pengujian pembebanan, diperoleh data beban dan penurunan untuk lereng tanpa perkuatan serta lereng dengan perkuatan geogrid. Lalu dihitung tiap kenaikan beban sebesar 5kg dan dihitung daya dukung pondasi dengan rumus berikut;

$$qu = \frac{Pu}{A}$$

Dimana;

Pu = beban runtuh mak (kg)

A = luas pondasi ($B \times L$) (cm^2)

Selanjutnya, dari daya dukung yang didapatkan dilakukan analisis peningkatan daya dukung dengan *BCI*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Daya Dukung untuk Lereng Tanpa Perkuatan

Analisis ini dilakukan dengan dua jenis metode, yaitu metode eksperimen dan

metode analitik. Metode analitik diperoleh dengan menggunakan solusi Meyerhoff - Gempeline dan solusi Hansen seperti yang sudah dijelaskan. Hasil dari analisis ini ditampilkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Nilai Daya Dukung Pondasi pada Lereng tanpa Perkuatan berdasarkan Eksperimen dan Analitik.

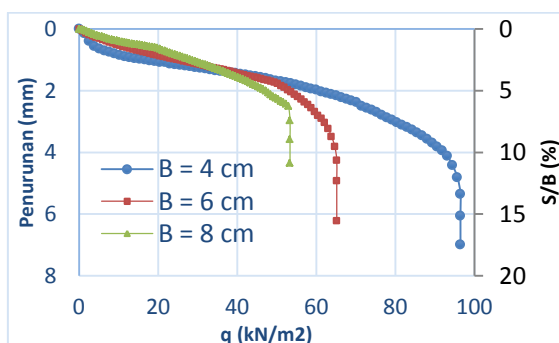
B (cm)	Metode		
	qu (kN/m ²)	Eksperimen	Metode Meyerhoff- Gempeline Hansen
4		27,168	16,794 6,964
6		26,700	23,229 10,446
8		25,957	29,241 13,928

Analisis Daya Dukung untuk Lereng dengan Perkuatan pada Variasi Lebar Pondasi dan Jumlah Lapisan Geogrid

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari hasil eksperimen di laboratorium. Diketahui bahwa nilai daya dukung dengan perkuatan yang paling maksimum terjadi pada variasi lebar pondasi **4 cm** dan jumlah lapisan geogrid **3 lapis**. Hasil dari analisis ini disajikan pada **Tabel 4**. dan **Gambar 3**.

Tabel 4. Nilai Daya Dukung Lereng Perkuatan dengan Lebar Pondasi (B) 4 cm dengan Variasi Jumlah Lapisan Perkuatan Geogrid (n)

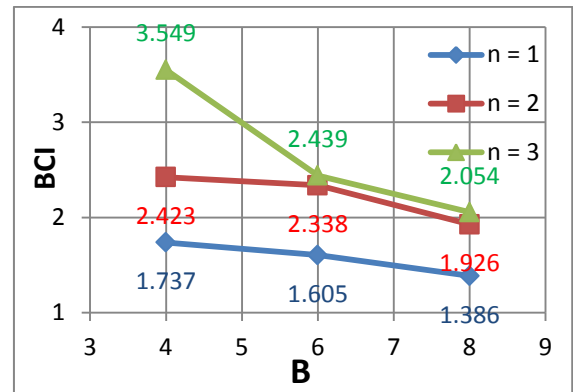
B	n	Penurunan (mm)	S/B (%)	qu (kN/m ²)
4	1	9,013	22,531	47,194
	2	8,600	21,500	65,816
	3	6,990	17,475	96,429



Gambar 5. Grafik Hubungan q dan Penurunan Tanah pada Lereng Perkuatan dengan Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 3

Analisis *Bearing Capacity Improvement (BCI_{qu})* Berdasarkan Daya Dukung *Ultimate*

Berdasarkan Hasil Analisis ini didapatkan nilai BCI_{qu} paling maksimum terjadi saat n = 3 lapis dan B = 4 cm yaitu sebesar 3,549.

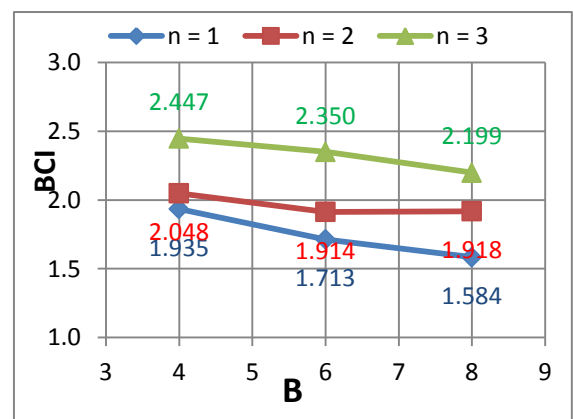


Gambar 5. Grafik Hubungan Nilai BCI dengan Variasi Lebar Pondasi

Analisis *Bearing Capacity Improvement (BCI_s)* Berdasarkan Penurunan

BCI_s (2%)

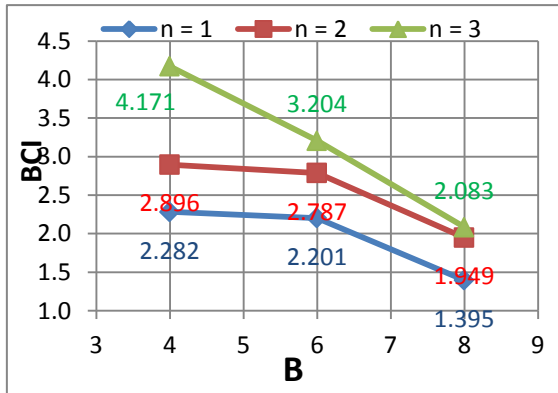
Hasil analisis menyatakan nilai (BCI_s) terbesar dalam variasi lebar pondasi saat penurunan (s/B = 2%) diperoleh saat n = 3 lapis dan B = 4 cm yaitu sebesar 2,447.



Gambar 6. Grafik Hubungan Nilai BCI dengan Variasi Lebar Pondasi pada s/B = 2%

BCIs (4%)

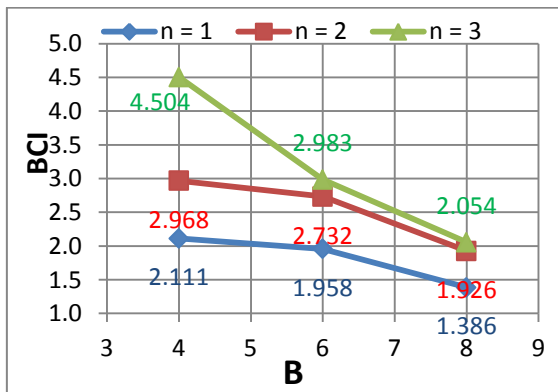
Hasil analisis menyatakan nilai (BCI_s) terbesar dalam variasi lebar pondasi saat penurunan ($s/B = 4\%$) diperoleh saat $n = 3$ lapis dan $B = 4$ cm yaitu sebesar 4,171.



Gambar 7. Grafik Hubungan Nilai BCI dengan Variasi Lebar Pondasi pada $s/B = 4\%$

BCIs (6%)

Hasil analisis menyatakan nilai (BCI_s) terbesar dalam variasi lebar pondasi saat penurunan ($s/B = 6\%$) diperoleh saat $n = 3$ lapis dan $B = 4$ cm yaitu sebesar 4,504.



Gambar 7. Grafik Hubungan Nilai BCI dengan Variasi Lebar Pondasi pada $s/B = 6\%$

Pengaruh Lebar Pondasi dan Jumlah Lapisan Geogrid terhadap Nilai Daya Dukung

Dari keseluruhan eksperimen yang telah dilakukan diketahui bahwa variasi lebar pondasi dan jumlah lapisan berpengaruh pada peningkatan daya dukung lereng.

Ditinjau dari hasil BCI_{qu} dan BCI_s diketahui bila semakin lebar pondasi yang

digunakan maka peningkatan daya dukung yang terjadi semakin kecil. Nilai BCI maksimum terjadi pada lebar pondasi 4 cm.

Sedangkan jika dilihat dari variasi jumlah lapisan geogrid, peningkatan daya dukung meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah lapisan. Nilai BCI maksimum terjadi pada jumlah lapisan sebanyak 3 lapis.

Analisis Persentase Kontribusi Variabel

Pada pembahasan ini akan membahas persentase peningkatan yang terjadi terhadap daya dukung ultimit, yaitu persentase peningkatan dari lereng dengan perkuatan terhadap lereng tanpa perkuatan.

Tabel 5. Hasil Peningkatan Daya Dukung Lereng pada Variasi n (%)

B	n	qo (kN/m ²)	qu (kN/m ²)	Peningkatan (%)	Rata-rata peningkatan n(%)
4	1	27.168	47.194	73.71%	156.96%
	2		65.816	142.25%	
	3		96.429	254.93%	
6	1	26.701	42.857	57.75%	134.74%
	2		62.415	129.73%	
	3		65.136	139.75%	
8	1	25.957	35.969	32.39%	90.14%
	2		50.000	84.04%	
	3		53.316	96.24%	
				Rata-rata Total	127.28%

Tabel 6. Hasil Peningkatan Daya Dukung Lereng pada Variasi B (%)

n	B	q_0 (kN/m ²)	q_u (kN/m ²)	Peningkatan (%)	Rata-rata peningkatan n(%)
1	4	27.168	47.194	73.71%	57.60%
	6	26.701	42.857	60.51%	
	8	25.957	35.969	38.57%	
2	4	27.168	65.816	142.25%	113.19%
	6	26.701	62.415	133.76%	
	8	25.957	50.000	92.63%	
3	4	27.168	96.429	254.93%	124.68%

6	26.701	65.136	143.95%
8	25.957	53.316	105.40%
Rata-rata Total Peningkatan			98.49%

Seperti yang dijelaskan pada tabel diatas, dari seluruh variasi yang digunakan, peningkatan terbesar terjadi pada jumlah lapisan (n) = 3 lapis dan lebar pondasi (B) = 4 cm yaitu sebesar 254,93%. Serta jika diamati berdasarkan total peningkatan masing-masing variabel, variasi jumlah lapisan menunjukkan kontribusi yang lebih besar dan lebih dominan daripada variasi lebar pondasi, yaitu sebesar 127,28%.

Nilai Faktor Daya Dukung N_{yq} dengan Perkuatan Geogrid

Nilai N_{yq} merupakan salah satu faktor yang digunakan dalam menghitung daya dukung. Besarnya nilai N_{yq} dapat diketahui dengan menggunakan rumus daya dukung dari Meyerhof yang mana nilai dari daya dukungnya (q_u) sudah didapatkan dari hasil eksperimen yang dilakukan.

Tabel 7. Nilai Faktor Daya Dukung N_{yq} pada Lereng dengan Perkuatan dengan Variasi Jumlah Lapisan Geogrid

B (cm)	(n)	$\alpha = 56^\circ$		
		γ_b (kN/m ³)	q_u (kN/m ²)	N_{yq}
4	1	14.625	33.029	112.920
	2	14.656	46.429	158.399
	3	14.612	70.453	241.080
6	1	14.709	42.060	95.316
	2	14.599	58.695	134.018
	3	14.568	64.099	146.671
8	1	14.616	35.969	61.523
	2	14.568	50.000	85.805
	3	14.634	53.316	91.083

Berdasarkan hasil yang ditampilkan di atas, dapat diketahui bahwa nilai N_{yq} terbesar terdapat pada lereng dengan jumlah lapisan geogrid (n) = 3, dan lebar

pondasi $B = 4$ cm. Semakin banyak jumlah lapisan yang digunakan maka semakin besar pula nilai N_{yq} , sedangkan semakin lebar pondasi yang digunakan maka nilai N_{yq} menurun.

KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh hasil penelitian serta analisa yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Adanya peningkatan daya dukung pondasi pada lereng dengan perkuatan geogrid jika dibandingkan dengan daya dukung pondasi lereng tanpa perkuatan.
2. Semakin lebar pondasi yang digunakan, maka beban runtuh yang dapat ditahan oleh pondasi juga meningkat, namun daya dukung pondasi semakin menurun. Hal ini tidak sesuai dengan teori daya dukung yang ada.
3. Meningkatnya penggunaan jumlah lapis perkuatan geogrid, menyebabkan semakin besarnya daya dukung yang diberikan oleh pondasi.
4. Nilai BCI_{qu} dan $BCIs$ maksimum terjadi pada lereng dengan lebar pondasi (B) = 4 cm dan jumlah lapisan perkuatan geogrid (n) yaitu 3 lapis. Berdasarkan analisis persentase kontribusi variabel, peningkatan terbesar terjadi pada jumlah lapisan geogrid (n) = 3 dan lebar pondasi (B) = 4 cm yaitu sebesar 254,93%. Sedangkan berdasarkan analisis peningkatan antar variabel, variasi jumlah lapisan geogrid (n) lebih dominan dan menunjukkan kontribusi yang lebih besar daripada variasi lebar pondasi.

DAFTAR PUSTAKA

Alamshahi, Saeed dan Hataf, Nader. Bearing Capacity of Strip Footings on Sand Slopes Reinforced with

- Geogrid and Grid-Anchor. *Geotextiles and Geomembranes*, 27:217-226. Iran : Shiraz University
- Arief, Saifudin. 2007. *Konsep Dasar Analisis Kstabilan Lereng*, www.scribd.com
- Bowles, J. E. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta : Erlangga
- Christady H., Hary. 1990. *Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada
- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga
- Das, Braja M. 1984. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakara : Erlangga
- DPU. 2009. *Pedoman Konstruksi Bangunan: Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik No. 003/BM/2009*
- El Sawwaf, Mostafa A dan Nazir, Ashraf K. 2011. Cyclic Settlement Behavior of Strip Footings Resting on Reinforced Layered Sand Slope. *Journal of Advanced Research*, 3: 315-324. Egypt : Cairo University
- Giani, Gian Paolo. 1992. *Rock Slope Stability Analysis*. Rotterdam : Technical University of Turin
- Graham, J., Andrews, M., and Shields, D. H. 1987. Stress Characteristic For Shallow Footings in Cohesionless Slopes. *Geotech*, 25:238-249. Canada
- Mohd Raihan Taha, Enas B. Altalhe. 2013. Numerical and Experimental Evaluation of Bearing Capacity Factor N_γ of Strip Footing on Sand Slopes. *International Journal Of Physical Science*, 8(36): 1807-1823. Malaysia : Universiti Kebangsaan Malaysia
- Naieni, S.A., Rabe, B. Khadem, dan Mahmoodi, E. 2011. Bearing Capacity and Settlement of Strip Footing on Geosynthetic Reinforced Clay Slopes. *Journal of Central South University*, 19: 1116-1124. Iran : Imam Khomeni International University
- Rahardjo, Salim & Widjaja, 2002. *Manual Kestabilan Lereng*. Bandung : Geotechnical Engineering Center Universitas Katolik Parahyangan
- Suroso, As'ad Munawir, dan Herlien Indrawahyuni. *Buku Ajar Teknik Pondasi*. Malang : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
- S.V. Anil Kumar, K. Ilamaparuthi. 2009. Respon of Footing on Sand Slopes. *Indian Geotechnical Society Chennai Chapter, Chennai-600025*. India : Anna University Chennai.