

**PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN LERENG DAN LEBAR PONDASI
MENERUS DENGAN $d/B=1$ TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DENGAN
RC PASIR 85% MENGGUNAKAN GEOGRID**

Atika Nikmatul Ulya, As'ad Munawir, Yulvi Zaika
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jalan Mayjen Haryono 167 Malang 65145 – Telp (0341) 567886
Email: ulyaatika369@gmail.com

ABSTRAK

Resiko terhadap bahaya longsor bagi pembangunan diatas tanah lereng sangatlah tinggi dan untuk menghindari bahaya tersebut, tanah lereng harus memiliki kekuatan yang cukup serta daya dukung pondasi yang cukup pula untuk menahan beban diatasnya. Salah satu metode perkuatan tanah yang dapat digunakan pada lereng adalah dengan pemasangan material geogrid pada lapisan lereng. Oleh sebab itu, dilakukan sebuah penelitian guna memperoleh parameter sudut kemiringan lereng dan lebar pondasi yang dapat menghasilkan daya dukung paling optimum pada sebuah lereng dengan perkuatan geogrid, sehingga resiko kelongsoran dapat diminimalisir. Pada penelitian ini dilakukan pengujian model fisik lereng dengan perkuatan geogrid. Variasi yang diterapkan pada sampel model lereng berupa sudut kemiringan lereng dan lebar pondasi. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya pengaruh terhadap daya dukung pada lereng dengan perkuatan geogrid dibandingkan dengan daya dukung pada lereng tanpa perkuatan geogrid. Berdasarkan penelitian ini, peningkatan daya dukung terbesar terletak pada sudut kemiringan 46° dan lebar pondasi 4 cm.

Kata kunci : daya dukung pondasi, lereng tanah pasir, perkuatan geogrid, sudut kemiringan lereng, lebar pondasi.

ABSTRACT

Risks of landslide on land slope is very high and to avoid it, the land slope must have sufficient strength and bearing capacity that can withstand the load. One of soil reinforcement methods that can be performed on the slopes is to install geogrid material in the lining of the slopes. Therefore, conducted a study in order to obtain the parameters of slope and width of the footing that can produce the most optimum bearing capacity on a slope with the type of geogrid reinforcement, so that the risks of landslope can be reduce. In this research, physical model test slope with geogrid reinforcement. Variations were applied to the sample in the form of a slope angle of the slope and width of the footing. The main objective of this study was to determine the effect on the bearing capacity on slopes with geogrid reinforcement as compared with the bearing capacity on a slope without reinforcement. Based on this research, the ratio of the biggest increase in the bearing capacity is in the angle of 46° and a width of footing 4 cm.

Keywords: bearing capacity, sand slope, geogrid reinforcement, slope angles, footing width.

PENDAHULUAN

Resiko terhadap bahaya longsor bagi pembangunan diatas tanah lereng sangatlah tinggi dan untuk menghindari bahaya tersebut, tanah lereng harus memiliki kekuatan yang cukup serta daya dukung pondasi yang cukup pula untuk menahan beban diatasnya. Salah satu metode perkuatan tanah yang dapat digunakan pada lereng adalah melakukan pemasangan material geosintetik seperti geotextile dan geogrid pada lapisan lereng.

TUJUAN

Tujuan Penelitian ini antara lain adalah untuk menemukan mekanisme perkuatan lereng dengan membandingkan daya dukung tanah pada lereng pasir tanpa perkuatan dengan lereng pasir yang diberi perkuatan geogrid dengan memberikan variasi kemiringan sudut lereng dan lebar pondasi, pada rasio $d/B=1$. Serta untuk mengetahui kemiringan sudut lereng dan lebar pondasi yang optimum untuk daya dukung tanah pondasi menerus pada lereng tanah pasir yang diperkuat dengan geogrid.

KAJIAN PUSTAKA Geogrid

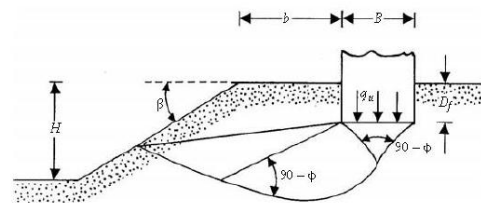
Geogrid merupakan suatu contoh dari jenis geosintetik yang berbentuk jaring terbuka. Fungsi utama geogrid adalah sebagai perkuatan. Penguatan mengacu pada mekanisme dimana sifat teknis tanah komposit / agregat dapat ditingkatkan secara mekanis. Geogrid dibentuk oleh suatu jaring teratur dengan elemen-elemen tarik dan mempunyai bukaan berukuran tertentu sehingga saling mengunci dengan bahan pengisi di sekelilingnya.

Geogrid yang digunakan sebagai bahan perkuatan harus memiliki ikatan antara tanah dengan geogrid untuk mencegah tanah tergelincir atau geogrid tercabut dari tanah. Ikatan antara

geosintetik dengan tanah bergantung pada interaksi di bidang kontakannya. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui interaksi di bidang kontak adalah uji cabut dan uji geser langsung. Geogrid memiliki kemampuan *interlocking*, yang mengakibatkan nilai cabut dan geser yang besar.

Pola Keruntuhan Pondasi di Dekat Lereng

Gambar di bawah menunjukkan sebuah pondasi menerus dengan lebar B yang diletakkan pada lereng dengan tinggi H. Pondasi tersebut diletakkan dengan jarak b dari tepi lereng.



Gambar 1. Pondasi dangkal diatas lereng

Solusi Meyerhof

Meyerhof menyatakan daya dukung pondasi menerus di atas lereng tanah pasir dengan persamaan di bawah ini:

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

dimana,

q_u = daya dukung ulimit (kN/m^2)

B = Lebar pondasi (cm)

$N_{\gamma q}, N_{cq}$ = Faktor daya dukung

γ = Berat isi tanah (gr/cm^3)

Solusi Gemperline

Persamaan Gemperline adalah sebagai berikut:

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

dimana,

ϕ = sudut geser dalam tanah ($^{\circ}$)

β = sudut kemiringan lereng ($^{\circ}$)

B = lebar pondasi (inchi)
 D = kedalaman pondasi (inchi)
 L = panjang pondasi (inchi)
 b = jarak pondasi ke puncak lereng (inchi)
 $f_{\phi} = 10^{(0,1159\phi - 2,386)}$
 $f_B = 10^{(0,34 - 0,2 \log B)}$
 $f_{D/B} = 1 + 0,65 (D/B)$
 $f_{B/L} = 1 - 0,27 (B/L)$
 $f_{D/B, B/L} = 1 + 0,39 (D/L)$
 $f_{\beta, b/B} = 1 - 0,8 [1 - (1 - \tan \beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$
 $f_{\beta, b/D, D/B} = 1 + 0,6 (B/L) [1 - (1 - \tan \beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$
 $f_{\beta, b/B, B/L} = 1 + 0,33 (D/B) \tan \beta \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$

METODE PENELITIAN

Pengujian Dasar

Dalam penelitian ini dilakukan penelitian dasar pada tanah, yaitu:

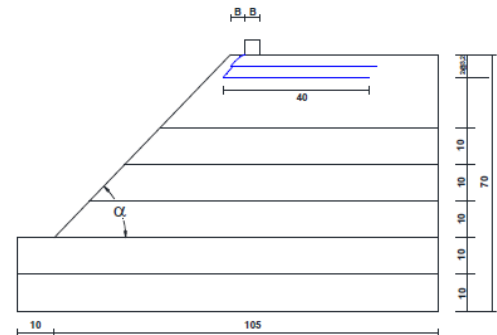
1. Pemeriksaan analisis saringan sesuai ASTM C-136-46
2. Pemeriksaan specific gravity butiran tanah sesuai ASTM D-854-58
3. Kepadatan standar (Compaction) sesuai ASTM D-698-70
4. Pemeriksaan kekuatan geser langsung (Direct Shear) sesuai ASTM D-3080-72

Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

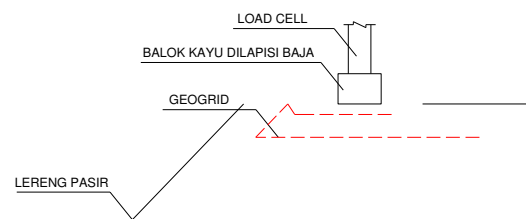
Pada percobaan ini dibuat 9 buah benda uji dengan 3 variasi kemiringan sudut lereng dan 3 variasi lebar pondasi yang diletakkan pada permukaan lereng dengan RC 85%. Pondasi menerus diposisikan dengan jarak sebesar lebar pondasi ke tepi lereng. Dengan kondisi tanpa perkuatan dan dengan perkuatan 2 lapis geogrid. Jarak vertikal antar geogrid adalah 3cm dan panjang penyaluran geogrid yaitu 40cm. Model test percobaan ditunjukkan pada **Gambar 2**.

Pembebanan dilakukan dengan menggunakan *hydraulic jack* yang memberikan beban bertahap setiap kelipatan 5 kg, lalu pembacaan

penurunan dilakukan hingga lereng mengalami keruntuhan atau saat pembacaan menunjukkan 3 kali nilai beban yang sama. Susunan pembebanan ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 2. Model test percobaan



Gambar 3. Susunan pembebanan

Metode Analisis Data

Dari hasil pengujian tersebut diperoleh hasil beban runtuh dan penurunan, Daya dukung dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini:

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

dimana,

P_u = beban maksimum

A = luasan pondasi

Setelah mengetahui daya dukung yang terjadi, dilakukan analisis BCI untuk mengetahui rasio peningkatan yang terjadi dengan membandingkan ketika kondisi dengan perkuatan geogrid dan tanpa perkuatan.

PEMBAHASAN

Analisis Daya Dukung Lereng Tanpa Perkuatan

Dari uji pembebanan diperoleh nilai daya dukung paling optimum yang disajikan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Hasil uji pembebanan lereng tanpa perkuatan dengan variasi lebar pondasi

α (°)	B (cm)	Beban (Kg)	Penurunan (mm)	q (Kg/cm ²)	q (kN/m ²)
46	4	182.5	1.95	0.466	46.556
	6	258	6.11	0.439	43.878
	8	300	4.74	0.383	38.265
51	4	171	3.91	0.436	43.622
	6	247	4.37	0.420	42.007
	8	291	6.515	0.371	37.117
56	4	160	2.145	0.408	40.816
	6	224.5	4.995	0.382	38.180
	8	272	5.195	0.347	34.694

Tabel 2. Hasil uji pembebanan lereng tanpa perkuatan dengan variasi sudut kemiringan

B (cm)	α (°)	Beban (Kg)	Penurunan (mm)	q (Kg/cm ²)	q (kN/m ²)
4	46	182.5	1.95	0.466	46.556
	51	171	3.91	0.436	43.622
	56	160	2.145	0.408	40.816
6	46	258	6.11	0.439	43.878
	51	247	4.37	0.420	42.007
	56	224.5	4.995	0.382	38.180
8	46	300	4.74	0.383	38.265
	51	291	6.515	0.371	37.117
	56	272	5.195	0.347	34.694

Analisis Daya Dukung Lereng dengan Perkuatan

Dari uji pembebanan diperoleh nilai daya dukung paling optimum yang disajikan pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

Tabel 3. Hasil uji pembebanan lereng dengan perkuatan variasi lebar pondasi

α (°)	B (cm)	Beban (Kg)	Penurunan (mm)	q (Kg/cm ²)	q (kN/m ²)
46	4	450	6.505	1.148	114.796
	6	567	10.625	0.964	96.429
	8	645	9.335	0.823	82.270
51	4	388	6.9	0.990	98.980
	6	505	9.81	0.859	85.884
	8	577	8.01	0.736	73.597
56	4	360	4.325	0.918	91.837
	6	454	10.525	0.772	77.211
	8	527	7.375	0.672	67.219

Tabel 4. Hasil uji pembebanan lereng dengan perkuatan variasi sudut kemiringan

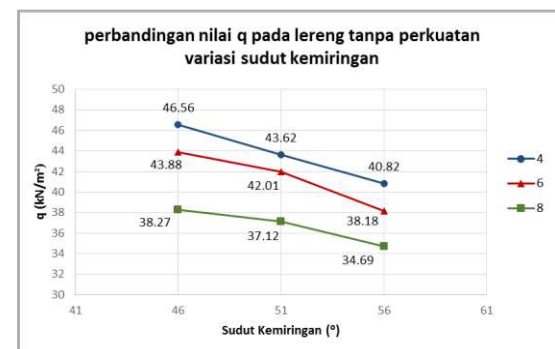
B (cm)	α (°)	Beban (Kg)	Penurunan (mm)	q (Kg/cm ²)	q (kN/m ²)
4	46	450	6.505	1.148	114.796
	51	388	6.9	0.990	98.980
	56	360	4.325	0.918	91.837
6	46	567	10.625	0.964	96.429
	51	505	9.81	0.859	85.884
	56	454	10.525	0.772	77.211
8	46	645	9.335	0.823	82.270
	51	577	8.01	0.736	73.597
	56	527	7.375	0.672	67.219

Perbandingan Daya Dukung Lereng dan Beban Runtuh dengan Variasi Sudut Kemiringan Lereng

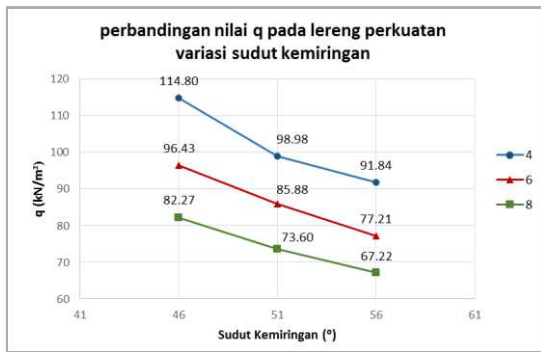
Dari hasil penelitian, hasil peningkatan dari variasi sudut kemiringan disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Perbandingan nilai daya dukung lereng dan beban runtuh dengan variasi sudut kemiringan lereng

B (cm)	α (°)	Tanpa Perkuatan		Perkuatan	
		P (kg)	q (kN/m ²)	P (kg)	q (kN/m ²)
4	46	182.5	46.56	450	114.80
	51	171	43.62	388	98.98
	56	160	40.82	360	91.84
6	46	258	43.88	567	96.43
	51	247	42.01	505	85.88
	56	224.5	38.18	454	77.21
8	46	300	38.27	645	82.27
	51	291	37.12	577	73.60
	56	272	34.69	527	67.22

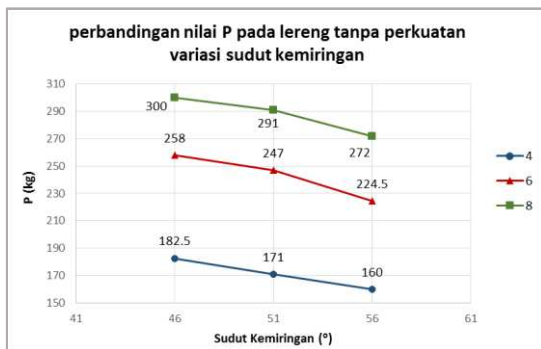


(a)

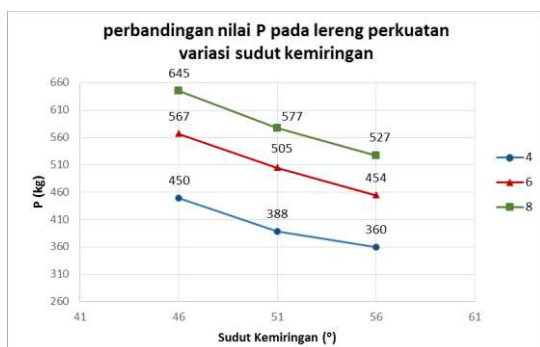


(b)

Gambar 4.(a) perbandingan nilai q pada lereng tanpa perkuatan (b) perbandingan nilai q pada lereng perkuatan variasi sudut kemiringan



(a)



(b)

Gambar 5.a) perbandingan nilai P pada lereng tanpa perkuatan (b) perbandingan nilai P pada lereng perkuatan variasi sudut kemiringan

Perbandingan Daya Dukung Lereng dan Beban Runtuh dengan Variasi Sudut Kemiringan Lereng

Dari hasil penelitian, hasil peningkatan dari variasi sudut kemiringan disajikan pada **Tabel 6**.

Tabel 6.Perbandingan nilai daya dukung lereng dan beban runtuh dengan variasi lebar pondasi

α (°)	B (cm)	Tanpa Perkuatan		Perkuatan	
		P (kg)	q (kN/m²)	P (kg)	q (kN/m²)
46	4	182.5	46.56	450	114.80
	6	258	43.88	567	96.43
	8	300	38.27	645	82.27
51	4	171	43.62	388	98.98
	6	247	42.01	505	85.88
	8	291	37.12	577	73.60
56	4	160	40.82	360	91.84
	6	224.5	38.18	454	77.21
	8	272	34.69	527	67.22



(a)



(b)

Gambar 6.(a) perbandingan nilai q pada lereng tanpa perkuatan (b) perbandingan nilai q pada lereng perkuatan variasi lebar pondasi



(a)



(b)

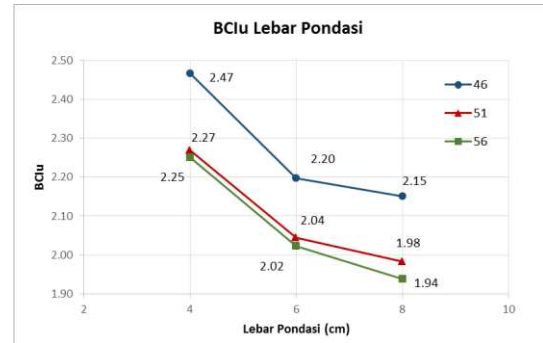
Gambar 7.a) perbandingan nilai P pada lereng tanpa perkuatan (b) perbandingan nilai P pada lereng perkuatan variasi lebar pondasi

Analisis *Bearing Capacity Improvement* berdasarkan daya dukung ultimit (BCIu)

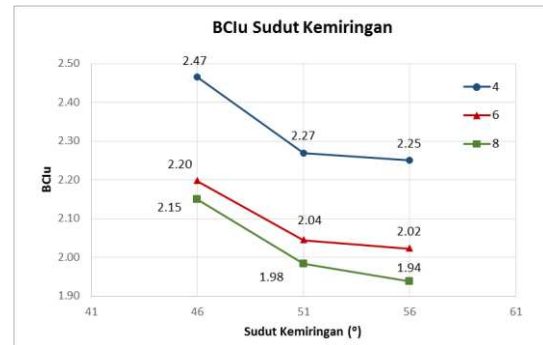
Dari analisis beban maksimum yang dilakukan untuk setiap variasi, maka didapatkan nilai BCIu pada **Tabel 4**.

Tabel 7.Nilai BCIu

B (cm)	α (°)	q (kN/m ²)		BCIu
		Tanpa Perkuatan	Perkuatan	
4	46	46.56	114.80	2.47
	51	43.62	98.98	2.27
	56	40.82	91.84	2.25
	46	43.88	96.43	2.20
6	51	42.01	85.88	2.04
	56	38.18	77.21	2.02
	46	38.27	82.27	2.15
8	51	37.12	73.60	1.98
	56	34.69	67.22	1.94



(a)



(b)

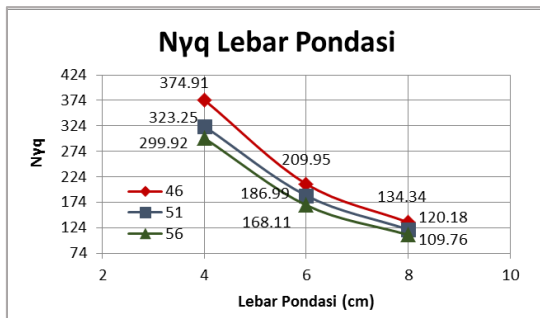
Gambar 8.(a) Perbandingan BCIu untuk variasi lebar pondasi (b) Perbandingan BCIu untuk variasi lereng sudut kemiringan

Analisis Faktor *Ny* berdasarkan daya Dukung Ultimit

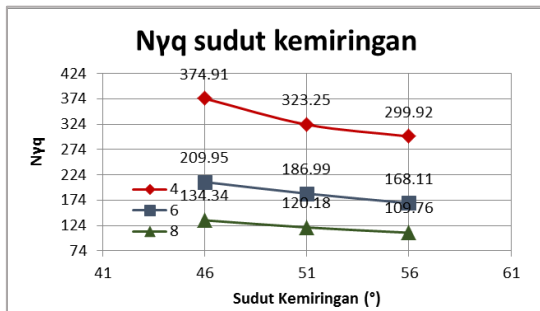
Pengaruh variasi lebar pondasi dan sudut kemiringan lereng terhadap nilai faktor *Ny* disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 8.Nilai Faktor *Ny*

α (°)	B (cm)	q Perkuatan (kN/m ²)	<i>Nyq</i>
46	4	114.796	374.91
	6	96.429	209.95
	8	82.270	134.34
51	4	98.980	323.25
	6	85.884	186.99
	8	73.597	120.18
56	4	91.837	299.92
	6	77.211	168.11
	8	67.219	109.76



(a)



(b)

Gambar 9.(a) Perbandingan nilai faktor Ny untuk variasi lebar pondasi (b) Perbandingan nilai faktor Ny untuk variasi sudut kemiringan pada lereng dengan perkuatan

Pengaruh Sudut Kemiringan Lereng dan Lebar Pondasi terhadap Nilai Daya Dukung

Data hasil eksperimen pada variasi kemiringan lereng menunjukkan terjadi peningkatan nilai daya dukung dan nilai beban runtuh yang hampir seragam dari lereng tanpa perkuatan terhadap lereng yang menggunakan perkuatan geogrid. Untuk peningkatan yang ditinjau dari nilai daya dukung ultimit dan nilai beban runtuh memiliki trendline serupa, yaitu semakin besar sudut kemiringan lereng maka daya dukung dan beban runtuh akan menurun.

Jika ditinjau dari peningkatan beban runtuh maksimal pada variasi lebar pondasi diperoleh hasil semakin lebar pondasi, maka nilai beban runtuh semakin besar, dimana pondasi dengan lebar 8 cm memiliki beban paling maksimal. Namun hal sebaliknya terjadi

pada nilai daya dukung, dimana semakin besar lebar pondasi, maka nilai daya dukung akan semakin mengecil, dimana pondasi dengan lebar 4 cm memiliki daya dukung paling besar.

Secara keseluruhan terjadi peningkatan nilai daya dukung dengan perkuatan geogrid dibandingkan tanpa menggunakan geogrid. Dari penelitian didapatkan hasil bahwa peningkatan terbesar terjadi pada kondisi lebar pondasi 4 cm dan kemiringan sudut 46° dengan peningkatan sebesar 146,575%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terjadi peningkatan nilai daya dukung dari kondisi lereng tanpa perkuatan dengan lereng yang menggunakan perkuatan geogrid.
2. Terjadi peningkatan nilai daya dukung dan nilai beban runtuh yang dipengaruhi oleh variasi kemiringan sudut lereng dimana semakin kecil kemiringan sudut lereng, maka daya dukung yang dihasilkan akan semakin besar.
3. Terjadi peningkatan nilai beban runtuh tetapi penurunan daya dukung pada variasi lebar pondasi dimana semakin besar lebar pondasi, nilai beban runtuh semakin besar sementara daya dukung semakin kecil. Hal ini disebabkan karena nilai daya dukung yang diperoleh dari penelitian merupakan model dalam skala kecil yang nantinya tidak bisa dibandingkan dengan nilai daya dukung lapangan dalam skala besar.
4. Daya dukung maksimum berada dalam kondisi pada saat $B = 4$ cm. Hal ini disebabkan lebar pondasi sebesar 4 cm masuk kedalam rentang $sv \ 0.75B$, sedangkan pada kondisi lebar pondasi $B = 8$ cm daya dukung akan menurun

karena pada kondisi tersebut tidak termasuk kedalam rentang sv maksimum. Ditinjau dari nilai BC_{Iu}, maka yang menghasilkan daya dukung maksimum adalah kondisi pada saat B = 4cm dan pada kemiringan sudut 46°.

SARAN

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada penelitian selanjutnya:

1. Dalam pengujian, harus diperhatikan cara pemadatan yang lebih baik, karena kurang baiknya pemadatan saat pengujian mengakibatkan respon dari lereng yang ditunjukkan oleh grafik hubungan penurunan dan daya dukung menjadi kurang sempurna.
2. Diperlukan perhatian terhadap pemeriksaan kalibrasi alat pengujian seperti *Hydrolic jack*, *Load cell* dan LVDT.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai jarak antar lapis geogrid dan panjang penyaluran perkuatan geogrid untuk setiap lebar pondasi yang akan diuji.
4. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai variabel lebar pondasi dan sudut kemiringan dengan variasi lebih beragam untuk memperoleh hasil yang lebih optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- 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 1*. Jakarta : Erlangga
- Das, Braja M. 1984. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakarta : Erlangga
- Das, Braja M. 2009. *Shallow Foundations Second Edition*. New York : Taylor and Francis Group
- Graham, J., Andrews, M., and Shields, D. H., 1987. Stress Characteristics 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 Physcial Sciences*. Malaysia : Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Permata, D. 2015. *Pengaruh Sudut Kemiringan lereng dan Lebar Pondasi dengan rasio $d/B=1$ Terhadap Daya Dukung Pondasi pada Pemodelan Fisik Lereng dengan Perkuatan Geogrid*. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- S.V. Anil Kumar, K. Ilamaparuthi. 2009. Respon of Footing on Sand Slopes. *Indian Geotechnical Society Chennai Chapter*. India : Anna University Chennai.
- Saeed Alamshahi, Nader Hataf. 2009. Bearing Capacity of Strip Footings on Sand Slopes Reinforced with Geogrid and Grid-Anchor. *ELSEVIER*. Iran : Universitas Shiraz