

**PENGARUH PANJANG PONDASI DAN JARAK ANTAR LAPIS GEOGRID
TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH PASIR PADA PONDASI PERSEGI DENGAN
KEDALAMAN PONDASI (Df/B) = 0,6 DAN JARAK LAPIS TERATAS GEOGRID
(U/B) = 0,3**

(Effect of Footing Length and Spacing Between Geogrid Layers on Bearing Capacity of Sand Soil for Rectangular Footing with Footing Depth (Df/B) = 0,6 and Geogrid Top Layer Spacing (u/B) = 0,3)

Anasrullah Wahid, As'ad Munawir, Harimurti

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia
Email : nasrullah.doubleu@gmail.com

ABSTRAK

Pondasi dangkal merupakan jenis pondasi yang sering digunakan untuk bangunan rumah tinggal karena memiliki biaya konstruksi yang ekonomis. Pondasi dangkal hanya bisa digunakan pada kondisi tanah yang baik yang mampu menerima beban dari sebuah struktur. Untuk kondisi tanah pasir lepas dengan gradasi buruk, peningkatan daya dukung tanah menggunakan geogrid menjadi salah satu cara yang efektif. Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap perilaku tanah pasir akibat variasi panjang pondasi (1B; 1,5B; 2B) dan jarak antar lapis geogrid (0,2B; 0,25B; 0,3B) dengan permodelan pondasi persegi dengan dan tanpa perkuatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai daya dukung dan BCR maksimum berada pada permodelan dengan perkuatan berada pada panjang pondasi sebesar 1B dan jarak antar lapis geogrid sebesar 0,2B.

Kata Kunci : daya dukung, tanah pasir, perkuatan geogrid, variasi panjang pondasi, variasi jarak antar lapis geogrid, *overburden*.

ABSTRACT

Shallow foundation is a type of foundation that is often used for residential buildings because it has an economical construction cost. Shallow foundations can only be used in good soil conditions that able to receiving loads from a structure. For the condition of loose sand soils with poor gradation, increasing the bearing capacity of the soil using geogrid becomes one of the effective ways. In this research, the main focus is the behavior of sand soil caused by the variation of foundation length (1B, 1.5B, 2B) and geogrid layers spacing (0.2B, 0.25B, 0.3B) with modeling of rectangular footing with and without reinforcement. The results showed that the maximum bearing capacity and BCR in the model with the reinforcement were at the length of the foundation of 1B and the geogrid layers spacing of 0.2B.

Keywords: bearing capacity, sand soil, geogrid reinforcement, variation of footing length, variation of geogrid layers spacing, *overburden*.

PENDAHULUAN

Pondasi dangkal merupakan jenis pondasi yang sering digunakan untuk bangunan rumah tinggal karena memiliki biaya konstruksi yang ekonomis. Pondasi dangkal hanya bisa digunakan pada kondisi tanah yang baik dengan yang mampu menerima tegangan yang diterima oleh pondasi. Untuk kondisi tanah pasir lepas dengan gradasi buruk, peningkatan daya dukung tanah menggunakan geogrid menjadi salah satu cara yang efektif.

TUJUAN

Untuk mengetahui pengaruh perkuatan geogrid terhadap peningkatan nilai daya dukung dan mendapatkan nilai konfigurasi pemasangan pondasi dengan perkuatan geogrid yang memberikan peningkatan nilai daya dukung yang terbesar dari variasi rasio panjang pondasi (L/B) dan rasio jarak antar lapis geogrid (h/B) dibandingkan dengan nilai daya dukung tanah pasir tanpa perkuatan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pasir

Pasir adalah material granular yang mudah meloloskan air. Berdasarkan *Unified Soil Classification System* (USCS) tanah pasir memiliki sifat fisik dengan ketentuan ukuran butiran pada uji gradasi memiliki kondisi lebih dari 50% tertahan pada saringan no. 200. Sementara sifat mekanis tanah pasir memiliki nilai kohesi (c) yang relatif kecil dan mendekati nol namun pasir memiliki nilai sudut geser (ϕ) yang besar.

Kepadatan Relatif

Kepadatan relatif adalah persentase perbandingan berat isi kering pada

kepadatan tertentu dari lapangan atau model dengan berat isi kering maksimum di laboratorium menurut pemadatan standar, dimana nilai kepadatan ini juga mempengaruhi kuat geser tanah. Persamaan kepadatan relatif adalah sebagai berikut:

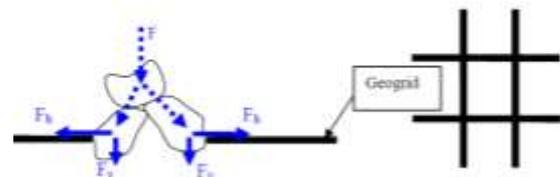
$$R_c = \frac{\gamma_d - \text{model}}{\gamma_d - \text{lab}} \times 100\% \quad (1)$$

dimana,

- R_c = Kepadatan relatif
 $\gamma_d - \text{model}$ = Kepadatan tanah model/lapangan
 $\gamma_d - \text{lab}$ = Kepadatan tanah maksimum di laboratorium

Geogrid

Geogrid adalah salah satu produk geosintetik yang terdiri dari jaringan yang beraturan dengan rongga yang besar sehingga memungkinkan untuk saling mengunci dengan tanah, batuan ataupun material lain. Fungsi utama geogrid adalah sebagai perkuatan.



Gambar 1. Mekanisme kerja geogrid pada butiran tanah yang menerima beban.

Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal didefinisikan sebagai pondasi yang menerima beban secara langsung dan meneruskan beban menuju tanah pada kedalaman yang dangkal. Pondasi dangkal terdiri dari pondasi telapak, pondasi memanjang, dan pondasi rakit. Pondasi telapak (*rectangular footing*) adalah pondasi yang berdiri sendiri dalam menopang beban sebuah kolom.

Daya Dukung

Meyerhof (1963) telah mengembangkan rumus perhitungan kapasitas daya dukung dengan mempertimbangkan faktor bentuk, kedalaman dan kemiringan beban dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + \gamma \cdot D_f \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$$

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi$$

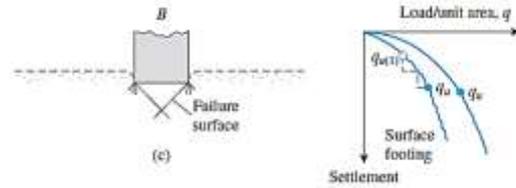
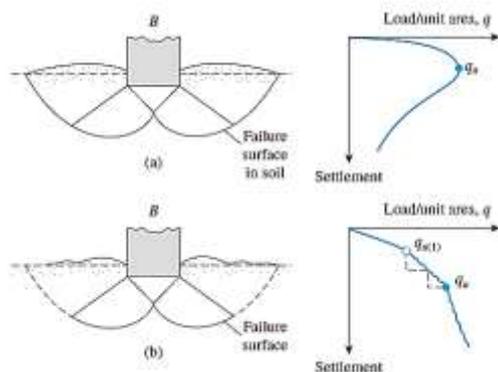
$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi \quad (2)$$

dengan,

- q_u = daya dukung maksimum
- c = kohesi tanah
- ϕ = sudut geser tanah
- B = lebar pondasi
- γ = berat isi tanah
- D_f = kedalaman pondasi
- $F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ = faktor bentuk
- $F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ = faktor kedalaman
- $F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$ = faktor kemiringan beban
- $N_c; N_q; N_\gamma$ = faktor daya dukung

Keruntuhan Pondasi Tanpa Perkuatan

Menurut Vesic (1963) mekanisme keruntuhan pondasi dibagi menjadi 3 macam yaitu keruntuhan geser umum, lokal dan penetrasi.



Gambar 2. Pola keruntuhan pondasi tanpa perkuatan (a) umum, (b) lokal dan (c) penetrasi.

Keruntuhan Pondasi dengan Perkuatan

Huang dan Menq (1997) melakukan penelitian terhadap pondasi pada tanah pasir dengan perkuatan. Efek dari adanya perkuatan multilayer menimbulkan sudut distribusi tegangan dari dasar pondasi hingga dasar lapis perkuatan. Akibat distribusi tersebut keruntuhan geser terjadi pada dasar lapis perkuatan dengan pertambahan lebar. Persamaan daya dukung Huang and Menq (1997) adalah sebagai berikut :

Pada tanah tanpa perkuatan:

$$q_{u(\text{unreinforce}, D_f=0)} = \eta \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (3)$$

Pada tanah dengan perkuatan:

$$q_{u(R)} = q_{u(\text{unreinforce}, D_f=d)} = \eta \cdot \gamma \cdot (B + \Delta B) \cdot N_\gamma + \gamma \cdot d \cdot N_q \quad (4)$$

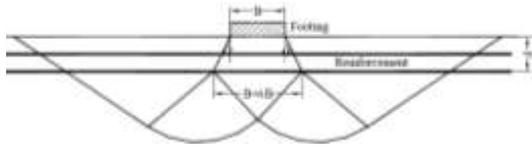
Sudut distribusi tegangan :

$$\tan a = 0,68 - 2,071 \cdot (h/B) + 0,743 \cdot CR + 0,03 \cdot (l/B) + 0,076 \cdot N \quad (5)$$

dengan,

- q_u = Daya dukung tanah tanpa perkuatan
- $q_{u(R)}$ = Daya dukung tanah dengan perkuatan
- D_f = Kedalaman pondasi
- η = Koefisien tergantung bentuk pondasi
- γ = Berat isi kering tanah
- B = Lebar pondasi
- N_q, N_γ = Faktor daya dukung tanah
- ΔB = Penambahan lebar pondasi karena perkuatan ($2x d$) $\tan a$
- a = Sudut distribusi tegangan

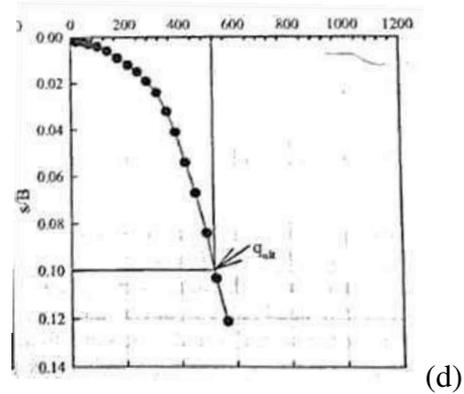
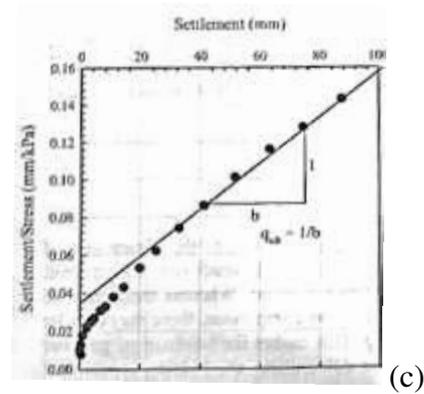
- CR = Luas perkuatan / Luas tanah yang diberi perkuatan
- h = Jarak antar lapis geogrid
- l = Panjang perkuatan
- N = Jumlah perkuatan



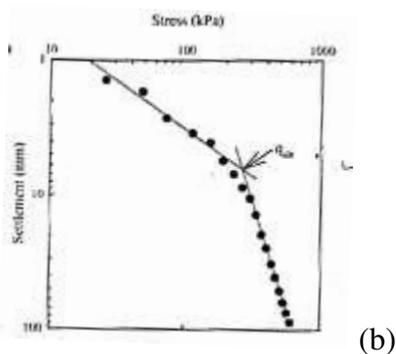
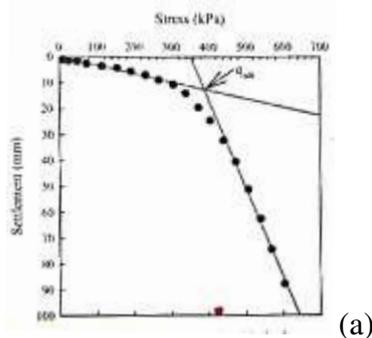
Gambar 3. Keruntuhan pondasi dengan perkuatan (Huang dan Menq, 1997).

Penentuan Nilai Daya Dukung Ultimit

Pada pola keruntuhan geser umum, nilai daya dukung ultimit pada grafik hubungan tegangan-penurunan dapat dilihat melalui titik runtuhnya. Sementara untuk mencari nilai daya dukung ultimit pada pola keruntuhan geser lokal dan penetrasi yang tidak diketahui terdapat beberapa metode untuk menentukan nilai daya dukung, yaitu metode *tangent intersection*, metode Log-log, metode *Hiperbolic*, metode penurunan ijin 0,1B.



Gambar 4. Metode penentuan nilai daya dukung pada pondasi dangkal (a) Metode *tangent intersection*; (b) Metode Log-log; (c) Metode *Hiperbolic*; (d) Metode penurunan ijin 0,1B.



Bearing Capacity Ratio (BCR)

Bearing Capacity Ratio (BCR) didefinisikan sebagai rasio dari daya dukung tanah dengan perkuatan dengan daya dukung tanah tanpa perkuatan. Persamaan BCR adalah sebagai berikut

$$BCR = \frac{q_{u(R)}}{q_u} \quad (6)$$

dengan,

BCR = *Bearing Capacity Ratio*.

$q_{u(R)}$ = Nilai daya dukung tanah ultimit dengan perkuatan.

q_u = Nilai daya dukung tanah ultimit tanpa perkuatan.

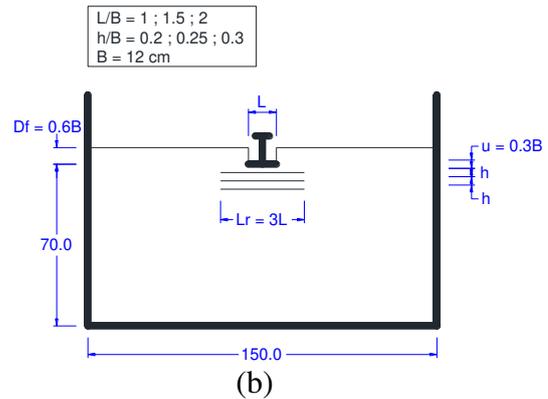
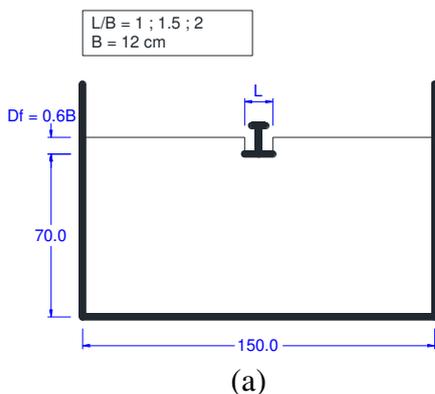
METODE PENELITIAN

Pengujian Dasar

Pengujian dasar dilakukan untuk mendapatkan sifat fisik dan mekanis tanah pasir sebelum dilakukan permodelan. Pengujian dasar yang dilakukan antara lain pemeriksaan *specific gravity* butiran tanah mengikuti ASTM D-854-58, pemeriksaan analisis saringan menurut ASTM C-136-46, pemeriksaan kekuatan geser langsung menurut ASTM D-3080-72 dan pemadatan standar mengikuti ASTM D-698-70.

Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

Permodelan dilakukan dengan membuat 12 benda uji dengan rincian 3 benda uji tanpa perkuatan (variasi panjang pondasi 12;18;24 cm) dan 9 buah benda uji dengan perkuatan dengan 2 variabel bebas yaitu panjang pondasi (3 variasi 12,18,24 cm) dan jarak antar lapis geogrid (3 variasi 2,4;3;3,6 cm) untuk pondasi persegi persegi yang diletakkan di tanah pasir RC 85% pada kedalaman 7,2 cm dengan lebar pondasi sebesar 12 cm. Selain itu permodelan untuk tanah pasir dengan perkuatan dilakukan dengan konfigurasi jarak lapis teratas geogrid sebesar 3,6 cm; jumlah lapis perkuatan 3 lapis; lebar dan panjang perkuatan 3 kali dari lebar dan panjang pondasi.

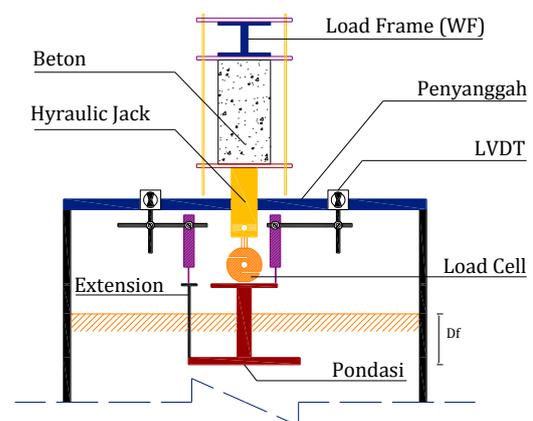


Gambar 5. Potongan melintang Model Tes Percobaan (a) Tanpa perkuatan; (b) Dengan perkuatan.

Metode permodelan dilakukan dengan memadatkan tanah pasir tiap ketinggian 10 cm yang telah dimasukkan ke dalam box uji dengan metode gilasan hingga mencapai kepadatan yang telah ditentukan dengan melakukan kontrol kepadatan. Potongan memanjang dari permodelan pada box uji dapat dilihat pada **Gambar 5**.

Pengujian Pembebanan

Pembebanan dilakukan dengan menaikkan beban tiap 20 kg dimana pembacaan penurunan dilakukan pada waktu yang bersamaan. Pembacaan penurunan didapat dari pembacaan 2 dial LVDT yang diletakkan di tengah dan ujung pondasi. Skema pembebanan dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Skema pembebanan.

Metode Analisis Data

Berdasarkan hasil uji pembebanan dilakukan konversi beban menjadi tegangan berdasarkan jenis panjang dan luasan pondasi. Selanjutnya dilakukan plot hubungan tegangan-penurunan untuk dilakukan analisis nilai daya dukung ultimit. Setelah didapatkan nilai daya dukung ultimit lalu dilakukan analisis BCR untuk mengetahui besar peningkatan dan perbandingan peningkatan yang terbesar dari variabel yang diterapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Dasar

Dari analisis saringan didapatkan tanah pasir yang digunakan tergolong *Poorly Graded Sand* (SP) atau pasir bergradasi buruk dengan nilai *specific gravity* sebesar 2,644. Dari uji pemadatan standar didapat nilai berat isi kering pada kepadatan maksimum (γ_{dmaks}) laboratorium sebesar $1,725 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimum 10,2%. Sedangkan hasil uji geser langsung didapat nilai sudut geser tanah (ϕ) sebesar $31,691^\circ$ dan nilai kohesi (c) sebesar $0,0029 \text{ kg/cm}^2$.

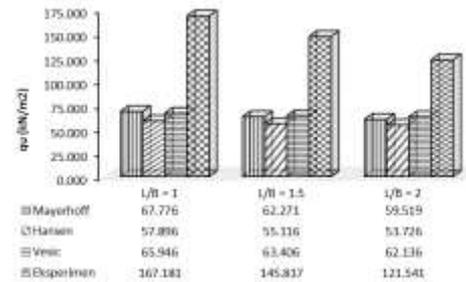
Daya Dukung Pondasi Tanpa Perkuatan

Pengujian model tanpa perkuatan terdiri dari 3 sampel dengan panjang pondasi yang berbeda-beda.

Tabel 1. Daya dukung ultimit tanah pasir tanpa perkuatan.

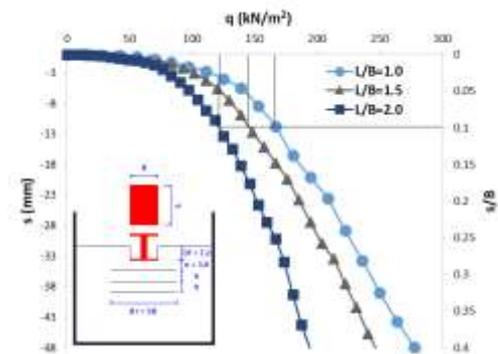
Kedalaman Pondasi (cm)	Panjang Pondasi (cm)	Beban (kg)	q_u (kN/m ²)
7.2	12	240.74	167.181
	18	314.965	145.817
	24	350.038	121.541

Dari variasi panjang pondasi pada sampel tanpa perkuatan didapatkan nilai daya dukung terbesar berada pada nilai panjang pondasi sama dengan lebar pondasi dan semakin menurun dengan bertambahnya panjang pondasi.



Gambar 7. Perbandingan daya dukung eksperimen dengan teoritis.

Dari **Gambar 7** didapatkan bahwa nilai daya dukung eksperimen lebih besar dari teoritis, hal tersebut juga terjadi pada penelitian-penelitian sebelumnya pada pondasi persegi milik De Beer (1970) dan juga Lavasann dan Ghazavi (2012). Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai efek skala model.



Gambar 8. Hubungan tegangan-penurunan model tanpa perkuatan.

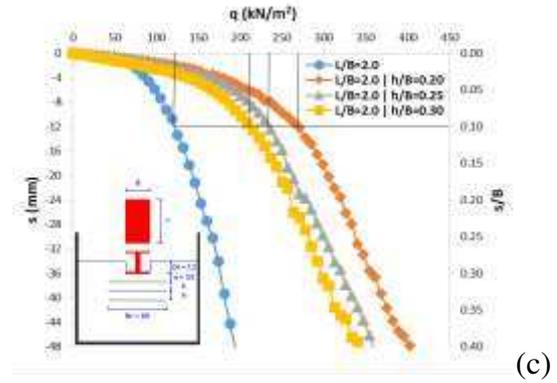
Daya Dukung Pondasi dengan Perkuatan

Dari hasil uji pembebanan model tanah pasir dengan perkuatan dengan penerapan variasi panjang pondasi dan jarak antar lapis geogrid didapatkan nilai daya dukung yang ditunjukkan pada **Tabel 2** berikut.

Tabel 2. Daya dukung ultimit tanah pasir dengan perkuatan.

No	Panjang Pondasi (L)	Jarak Antar Geogrid (h)	Beban (kg)	qu (kN/m ²)
1	1B	0,2B	584.407	405.838
2		0,25B	552.893	383.953
3		0,3B	473.908	329.103
4	1,5B	0,2B	736.176	340.822
5		0,25B	672.308	311.254
6	2B	0,3B	598.305	276.993
7		0,2B	775.155	269.151
8		0,25B	673.716	233.929
9		0,3B	610.991	212.150

Dari **Tabel 2** didapatkan bahwa pada panjang pondasi sebesar 1B daya dukung berada pada kondisi maksimum dan semakin menurun dengan bertambahnya panjang pondasi. Sementara untuk variabel jarak antar lapis geogrid daya dukung terbesar berada pada jarak terkecil (0,2B) dan semakin menurun dengan bertambahnya jarak antar lapis geogrid. Untuk perbandingan grafik hubungan tegangan-penurunan antara tanah pasir dengan dan tanpa perkuatan dapat dilihat pada **Gambar 9**.



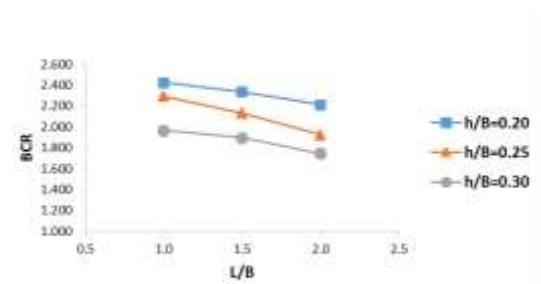
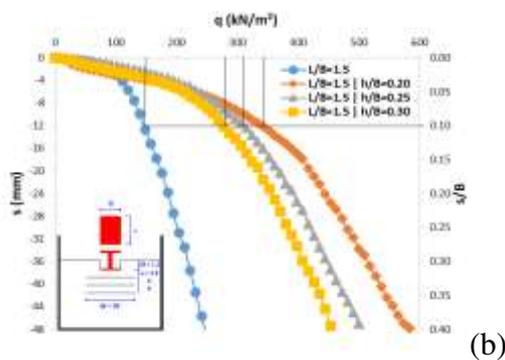
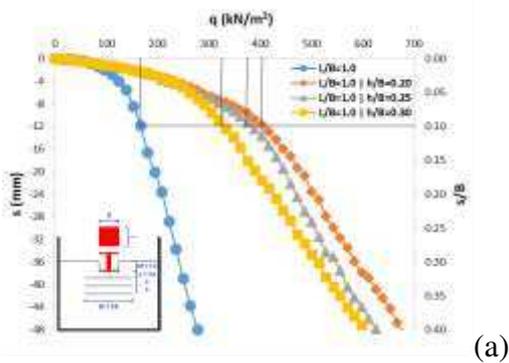
Gambar 9. Grafik hubungan tegangan-penurunan antara model dengan dan tanpa perkuatan (a) L=1B; (b) L=1,5B; (c) L=2B.

Analisis *Bearing Capacity Ratio* (BCR)

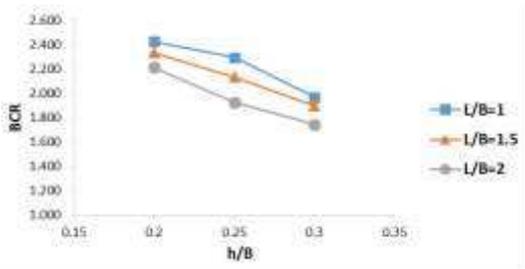
Dari pengujian 3 sampel tanpa perkuatan dan 9 sampel dengan perkuatan dilakukan perbandingan nilai daya dukung ultimit dalam bentuk BCR antara sampel dengan dan tanpa perkuatan pada pondasi yang sama. Nilai BCR dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut.

Tabel 3. Nilai BCR

No	Panjang Pondasi (L)	qu Tanpa Perkuatan (kN/m ²)	Jarak Antar Geogrid (h)	qu dengan Perkuatan (kN/m ²)	BCR
1	1B	167.181	0,2B	405.838	2.428
2			0,25B	383.953	2.297
3			0,3B	329.103	1.969
4	1,5B	145.817	0,2B	340.822	2.337
5			0,25B	311.254	2.135
6	2B	121.541	0,3B	276.993	1.900
7			0,2B	269.151	2.214
8			0,25B	234.268	1.927
9			0,3B	212.150	1.745



Gambar 10. Grafik hubungan BCR-L/B pada variasi nilai h/B



Gambar 11. Grafik hubungan BCR-h/B pada variasi nilai L/B

Dari **Gambar 10** dan **11** didapatkan peningkatan daya dukung terbesar berada pada kondisi panjang pondasi sebesar 1B dan jarak antar lapis geogrid sebesar 0,2B.

Pengaruh Perubahan Nilai Variabel

Berdasarkan nilai BCR yang ada dilakukan analisis perubahan nilai BCR pada variabel yang sama dengan nilai yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4** dan **5**.

Tabel 4. Selisih peningkatan daya dukung (BCR) pada variabel h

Variabel	Perubahan	Selisih peningkatan		
		L/B = 1	L/B = 1,5	L/B = 2
h/B	0.2-0.25	5.70%	9.50%	14.89%
	0.25-0.3	16.67%	12.37%	10.43%

Tabel 5. Selisih peningkatan daya dukung (BCR) pada variabel L

Variabel	Perubahan	Selisih peningkatan		
		h/B = 0,2	h/B = 0,25	h/B = 0,3
L/B	1-1,5	3.86%	3.63%	10.74%
	1,5-2	7.59%	5.55%	8.83%

Dari **Tabel 4** dan **5** didapatkan bahwa selisih peningkatan yang memiliki nilai paling besar adalah penerapan variabel jarak antar lapis geogrid (h) dengan perubahan dari nilai h/B sebesar 0,3 menjadi 0,25 dengan selisih nilai peningkatan sebesar 16,67% dari nilai BCR pada h/B sebesar 0,3.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan variasi jarak antar lapis geogrid dan panjang pondasi dengan 3 lapis geogrid; rasio $u/B=0,3$; rasio $Df/B=0,6$ dan $B=12$ cm, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya dukung tanah pasir dengan perkuatan geogrid meningkat dengan nilai peningkatan maksimum sebesar 2,428 kali lipat untuk panjang pondasi 12cm (1B), 2,337 kali lipat untuk panjang pondasi 18cm (1,5B) dan 2,214 kali lipat untuk panjang pondasi 24cm (2B).
2. Pada variasi rasio jarak antar lapis geogrid (h/B), nilai daya dukung tanah pasir mengalami peningkatan maksimum pada nilai $h/B = 0,2$ yang menghasilkan daya dukung sebesar $405,838 \text{ kN/m}^2$.
3. Pada variasi rasio panjang pondasi (L/B), nilai daya dukung tanah pasir mengalami peningkatan maksimum pada nilai $L/B = 1$ yang menghasilkan daya dukung sebesar $405,838 \text{ kN/m}^2$. (Daya dukung maksimum ini terjadi pada benda uji yang sama ketika variasi rasio jarak antar lapis geogrid (h/B) sebesar 0,2).
4. Didapatkan variabel yang memberikan perubahan peningkatan nilai daya dukung (BCR) yang lebih dominan adalah variabel jarak antar lapis geogrid (h) pada perubahan nilai h/B sebesar 0,3 menjadi 0,25 dengan selisih nilai BCR sebesar 16,67%.

SARAN

Agar didapatkan hasil penelitian yang sempurna dibutuhkan ketelitian, waktu yang cukup, dan metode pelaksanaan yang baik. Oleh karena itu, ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yang sejenis antara lain sebagai berikut:

1. Dalam melakukan permodelan perlu dilakukan peninjauan terhadap efek skala apabila terjadi perbedaan hasil terhadap analisa teoritis.
2. Untuk pembebanan menggunakan pompa hidrolis diharapkan adanya perubahan beban yang konstan ketika memompa agar setiap sampel memiliki pola penurunan yang sama.
3. Metode pemadatan yang sesuai sangat diperlukan. Kepadatan sampel uji yang dilakukan per lapis memungkinkan perbedaan kepadatan pada tiap lapis.
4. Kekuatan Dasar box yang terbuat dari plat besi harus dikontrol agar tidak mengalami lendutan saat diberikan beban pasir, ataupun saat sampel dilakukan pengujian pembebanan.
5. Kondisi profil WF pada box uji yang menyangga pompa hidrolis harus dikontrol stabilitasnya agar tidak terjadi kemiringan atau lendutan yang mungkin terjadi selama pembebanan. Hal ini perlu dilakukan agar pembebanan tidak mengalami eksentrisitas.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C-136 Standard test method for Sieve analysis of fine and coarse aggregate, Annual Books of ASTM Standards, USA, 2002.
- ASTM D-698 Standard test method for Laboratory Compaction Characteristic using Standard Effort, Annual Books of ASTM Standards, USA, 2002.
- ASTM D-854 Standard test methods for specific gravity of soil solids by water pycnometer, Annual Books of ASTM Standards, USA, 2002.
- ASTM D-3080 Standard test method direct shear test of soils under consolidated drained conditions, USA, 2002.
- Alam, S. (2014) "Bearing Capacity of Rectangular Footing Resting Over Geogrid Reinforced Sand Under Eccentric Loading", A Thesis. National Institute of Technology Rourkela.
- Bowles, J.E. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Brinch Hansen, J. 1970. A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity. Copenhagen : Danish Geotechnical Institute Bulletin No. 28, DGI.
- Chen, Q. (2007) "An Experimental Study on Characteristics and Behavior of Reinforced Soil Foundation", A Dissertation. Louisiana State University.
- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2009. *Modul Pelatihan Geosintetik*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2009. *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah Dengan Geosintetik*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Dinas Pekerjaan Umum. 2009. *Modul Pelatihan Geosintetik Volume 1: Klasifikasi dan Fungsi Geosintetik*. Jakarta : Dinas Pekerjaan Umum.
- Ghazavi, M., & Mirzaeifar, H. (2010) "Bearing Capacity of Multi-Edge Shallow Foundations on Geogrid-Reinforced Sand", 600, 1–9.
- Ghazavi, M., Lavasan, A.A. (2008) "Interference effect of shallow foundations constructed on sand reinforced with geosynthetics", *Geotextiles and Geomembranes* 26 (5), 404–415.

- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Teknik Fondasi 1 Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H.C. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hussin D. James .(2006). *The Foundation Engineering Handbook*.
- Koerner,R.M.,1984, *Construction and Geotechnical Method in Foundation Engineering*, McGraw-Hill.
- Marto, Aminaton et al. 2013. An Experimental Study On Characteristics And Behavior Of Reinforced Soil Foundation. *EJGE*. Vol. 18 [2013].
- Meyerhof,G.G. (1955). Influence of Roughness of base and Ground-Water conditions on the Ultimate Bearing Capacity of Foundations, *Geotechnique* 5:227-242.
- Meyerhof, G.G. (1963). "Some Recent Research on the Bearing Capacity of Foundations," *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 1, pp. 16-26.
- NYSDOT Geotechnical .(2013). *Geotechnical Design Manual Chapter 14 Ground. Improvement Technology*.
- Omar, M.T, Das, B.M, Puri, V.K. and Yen, S.C. (1993) "Ultimate Bearing Capacity of Shallow Foundations on Sand with Geogrid Reinforcement", *Canadian Geotechnical Journal*, 30, pp. 545 ~549.
- Patra CR, Das MB, dan Shin EC. 2005. Ultimate Bearing Capacity Of Eccentrically Loaded Strip Foundation On Sand Reinforce With Geogrid .Makalah dalam *Symposium in Tsunami Reconstruction with Geosynthetics*.National Institue of Technology. Bangkok, 8-9 Desember 2005.
- Shin, E.C. and Das, B.M., (2000). Experimental Study of Bearing Capacity of a Strip Foundation on Geogrid Reinforced Sand. *Geosynthetics International*, Vol. 7, No. 1, pp. 59-71.
- Shin, E.C., Das, B.M., Lee, E.S., and Atalar, C., 2002. "Bearing capacity of strip foundation on geogrid-reinforced sand." *Geotechnical and Geological Engineering*, 20, pp. 169-180.
- Taha and Altalhe, (2013). Numerical and Experimental Evaluation of Bearing Capacity Factor Ng of Strip Footing on Sand Slopes. *International Jurnal of Physical Science* Vol. 8 (36), pp 1807-1823.
- Tiwari S. K., Kumawat N. K., (2014), "Recent Development in Ground Improvement Techniques – A Review". *International Journal of Recent Development in Engineering and Technology*, Vol. 2, Issue 3, March 2014.
- Vesic, A.S. 1963. *Ultimate Loads and Settlements of Deep Foundation in Sand*. Proc. Symp. On Bearing Capacity and Settlement of Foundation, Duke University.
- Vesic, A.S., 1975. *Foundation Engineering Handbook*. Winterkorn and Fang, Van Nostrand Reinhold, pp. 121-147.
- Yetimoglu, T.,Wu, J.T.H., Saglamer, A., (1994), " *Bearing capacity of rectangular footings on geogridreinforced sand*", *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*, 120 (12), pp. 2083–2099.