

**PENGARUH JARAK ANTAR LAPIS GEOGRID DAN JARAK LAPIS
PERTAMA GEOGRID TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH PASIR PADA
PONDASI PERSEGI DENGAN PANJANG PONDASI (L/B) = 2 DAN
KEDALAMAN PONDASI (D_f/B) = 0,3**

*Effect of Geogrid Layers Spacing and Geogrid Top Layers Spacing on Bearing
Capacity of Sand for Rectangular Foundation with Length of Foundation
($L/B = 2$) and Depth of Foundation ($D_f/B = 0,3$)*

Karunia Az Zahra, As'ad Munawir, Suroso
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia
Email: karuniazahra@gmail.com

ABSTRAK

Permasalahan utama pada tanah pasir *poorly graded* adalah penurunan dan daya dukung tanah yang rendah apabila diberikan pembebanan di atasnya. Untuk mencegah hal tersebut, perlu dilakukan upaya pemberian perkuatan tanah pada jenis tanah pasir. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan material geosintetik seperti geotekstil dan geogrid. Dalam penelitian ini dilakukan uji pemodelan fisik pondasi persegi pada tanah pasir Rc 85% dengan perkuatan maupun tanpa perkuatan geogrid. Uji model dilakukan dengan ukuran pondasi 24 cm x 12 cm pada kedalaman pondasi sebesar 3,6 cm dan menggunakan 3 lapis geogrid. Variasi yang digunakan adalah 3 variasi jarak lapis pertama geogrid sebesar 0,3B; 0,4B; 0,5B, dan 3 variasi jarak antar lapis geogrid sebesar 0,2B; 0,25B; dan 0,3B. Berdasarkan analisis BCR menunjukkan bahwa semakin kecil nilai jarak lapis pertama geogrid dan jarak antar lapis geogrid maka semakin besar nilai BCR yang dihasilkan. Sehingga dalam penelitian ini penggunaan perkuatan geogrid menghasilkan kondisi maksimum saat nilai jarak lapis pertama geogrid 0,3B dan jarak antar lapis geogrid 0,2B.

Kata kunci: daya dukung, tanah pasir, pondasi persegi, perkuatan geogrid, jarak lapis pertama geogrid, jarak antar lapis geogrid.

ABSTRACT

The main problem of poorly graded sand soil is the settlement and low bearing capacity was given by a load on it. Therefore, it requires to apply the soil reinforcement on the sand soil. One of the used methods is geosynthetic materials such as geotextiles and geogrid. In this research, physical model of rectangular foundation has done in sand soil Rc 85% with neither reinforcement nor without geogrid reinforcement. Model was tested with foundation size 24 cm x 12 cm at the foundation depth of 3.6 cm and using 3 layers of geogrid. This research used 3 variations of geogrid top layers spacing of 0.3B; 0.4B; 0.5B, and 3 variations of the geogrid layers spacing of 0.2B; 0.25B; 0.3B. Based on BCR analysis indicate that geogrid top layers spacing and the geogrid layers spacing is smaller, the greater the value of BCR produced. So in this study the used of geogrid reinforcement produces a maximum condition when the geogrid top layers spacing 0.3B and the geogrid layers spacing 0.2B.

Keywords : bearing capacity, sand soil, rectangular foundation, geogrid reinforcement, geogrid top layers spacing, geogrid layers spacing.

PENDAHULUAN

Pondasi merupakan komponen yang cukup penting dari suatu konstruksi struktur bawah bangunan. Fungsinya adalah menopang bangunan yang berada di atasnya dan menyalurkan beban tersebut ke tanah tanpa adanya kegagalan geser (*shear failure*) dan penurunan (*settlement*) yang dapat ditoleransi untuk konstruksi tersebut.

Tanah pasir memiliki sifat yang kurang menguntungkan, terutama pasir yang mempunyai nilai kerapatan relatif yang rendah (pasir lepas). Permasalahan utama pada tanah pasir lepas adalah penurunan besar dan daya dukung yang rendah apabila diberikan pembebanan di atasnya. Oleh karena itu apabila akan mendirikan sebuah bangunan diatas tanah berjenis pasir diperlukan suatu usaha perbaikan tanah untuk mengurangi penurunan yang berlebihan pada tanah pasir serta untuk meningkatkan daya dukungnya. Salah satu perbaikan tanah pada tanah pasir adalah dengan menggunakan material geogrid.

TUJUAN

Tujuan penelitian ini antara lain adalah untuk mengetahui pengaruh perkuatan dengan membandingkan hasil daya dukung tanah pasir pada pondasi persegi tanpa perkuatan dan dengan perkuatan geogrid yang mempunyai variasi jarak lapis pertama geogrid dan variasi jarak antar lapis geogrid. Serta untuk mengetahui pengaruh dari variasi jarak lapis pertama geogrid dan variasi jarak antar lapis geogrid yang paling optimum agar dihasilkan daya dukung yang maksimum.

TINJAUAN PUSTAKA

Pasir

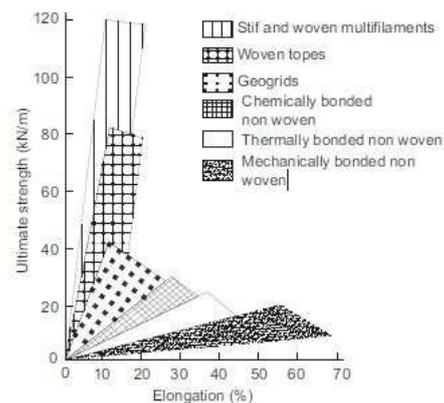
Tanah pasir termasuk tanah yang berbutir kasar. Tanah pasir merupakan tanah non-kohefif, artinya tidak memiliki ikatan antar butiran partikelnya. Sifat non-kohefif inilah yang menyebabkan tanah

tanah pasir tidak memiliki gaya ikat satu dengan lainnya ketika diberi beban, sehingga mudah terjadi penurunan segera.

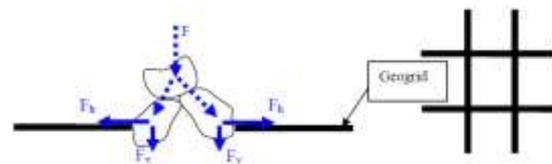
Geogrid

Geogrid merupakan bagian dari jenis geosintetik. Fungsi utama geogrid adalah sebagai perkuatan tanah yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi.

Peran geogrid adalah sebagai elemen tarik apabila tanah diatas geogrid dibebani. Saat tanah di berikan beban, maka akan terjadi gesekan antara geogrid dengan butiran tanah sehingga timbul keadaan saling mengikat (*interlocking*). Adanya keadaan *interlocking* inilah yang dapat menjaga stabilitas massa tanah sehingga tanah akan semakin kuat dalam menahan beban.



Gambar 1. Diagram kuat tarik geogrid

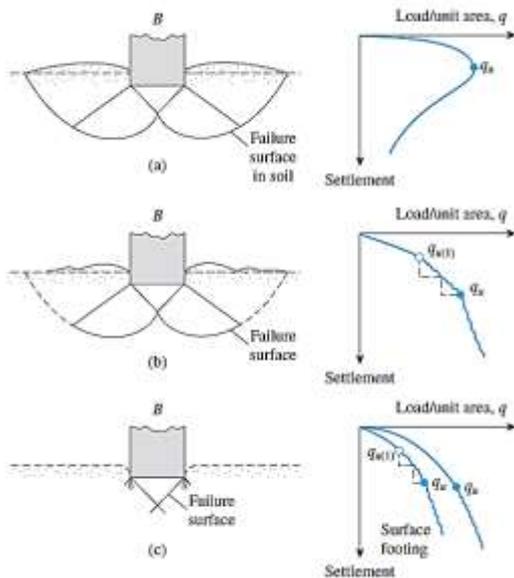


Gambar 2. Mekanisme Kerja Geogrid dengan Butiran Pasir

Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi

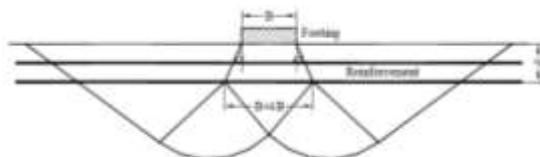
Pondasi apabila dibebani akan meneruskan beban ke lapisan tanah dibawahnya, sehingga tanah akan mengalami deformasi vertikal dan horizontal. Pada saat diberikan beban per satuan luas secara bertahap, maka penurunan akan meningkat.

Berdasarkan hasil uji model Vesic (1963) membagi mekanisme keruntuhan pondasi menjadi 3, yaitu:



Gambar 3. Macam keruntuhan pondasi tanpa perkuatan (a) Keruntuhan geser umum; (b) Keruntuhan geser lokal; (c) Keruntuhan penetrasi

Berdasarkan penelitian Huang and Menq (1997) efek dari adanya perkuatan multilayer menyebabkan penyaluran serta pelebaran tegangan dari pondasi. Konsep dasar penyebaran beban adalah dari daya dukung pondasi dengan lebar B apabila diterima oleh tanah dengan perkuatan menjadi lebih lebar yaitu $B+\Delta B$.



Gambar 4. Keruntuhan pondasi dangkal dengan perkuatan

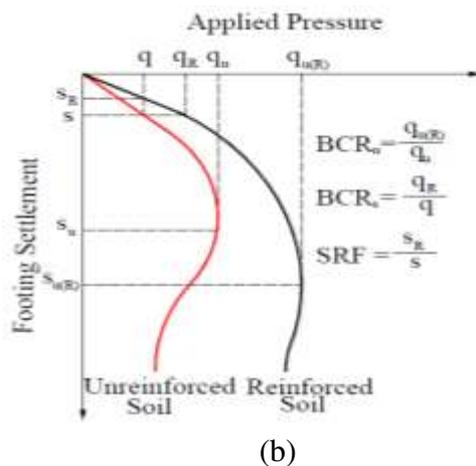
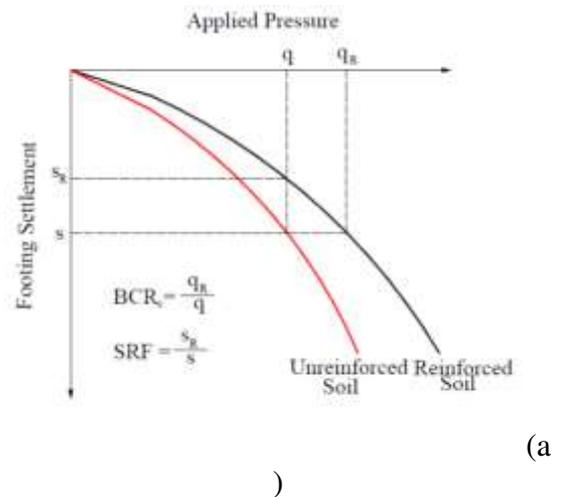
Daya Dukung Tanah

Tanah mempunyai kemampuan untuk menahan atau mendukung beban pondasi dari struktur/bangunan yang diletakkan di atasnya. Kemampuan tanah inilah yang disebut daya dukung (*bearing capacity*).

Penentuan BCR dan SRF

BCR diartikan sebagai rasio dari daya dukung tanah dengan perkuatan dengan daya dukung tanah tanpa perkuatan, sedangkan SRF didefinisikan sebagai rasio dari penurunan dari tanah dengan perkuatan dengan penurunan tanah tanpa perkuatan (Q. Chen, 2007).

Pada hasil penelitian menunjukkan titik keruntuhan seperti **Gambar 4**. (a) titik runtuh tidak diketahui maka hanya dapat dihitung dengan BCRs dan SRF dan (b) titik runtuh diketahui maka dapat dihitung dengan BCRs, BCRu dan SRF.



Gambar 5. Penentuan BCR untuk (a) titik runtuh tidak diketahui, (b) titik runtuh diketahui.

Penentuan nilai *bearing capacity ratio* (BCR) didefinisikan berdasarkan beban pada saat penurunan 10% dari lebar pondasi ($s/B = 0,1$) (Lavasan dan Ghazavi, 2012).

METODE PENELITIAN

Pengujian Dasar

Dilakukan penelitian dasar pada tanah, antara lain :

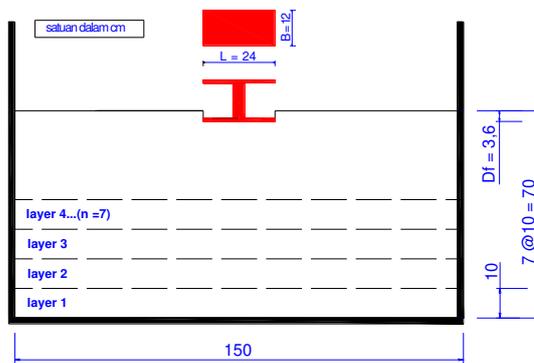
- Pemeriksaan gradasi tanah melalui analisis saringan (ASTM C-136-46)
- Specific gravity* butiran tanah (ASTM D-854-58)
- Kepadatan tanah standar (*Compaction*) sesuai ASTM D-698-70 metode B
- Kekuatan geser langsung (*Direct Shear*) sesuai ASTM D-3080-72

Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

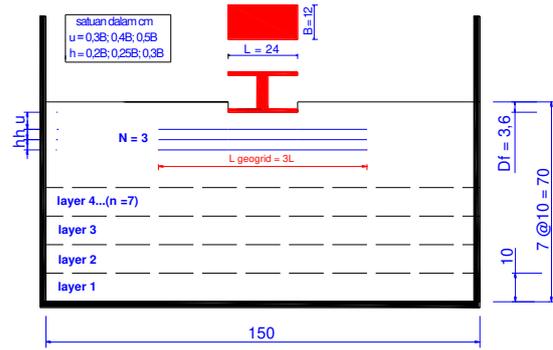
Pada percobaan ini, dilakukan pengujian sebanyak 10 kali dengan pembagian 1 kali percobaan pada tanah pasir tanpa perkuatan geogrid dan 9 kali percobaan pada tanah pasir dengan perkuatan geogrid. Matriks percobaan model tes seperti **Tabel 1** dan model tes percobaan ditunjukkan pada **Gambar 5**.

Tabel 1. Matriks Percobaan Model Tes

Rc = 85% ; Df = 0,3 B		L = 2B ; B = 12 cm		Jarak Antar Lapis Geogrid (h/B)		
		u/B = 0,3	u/B = 0,4	u/B = 0,5	h/B = 0,2	h/B = 0,25
Jarak Lapis Pertama Geogrid (u/B)	u/B = 0,3	√	√	√	√	√
	u/B = 0,4	√	√	√	√	√
	u/B = 0,5	√	√	√	√	√



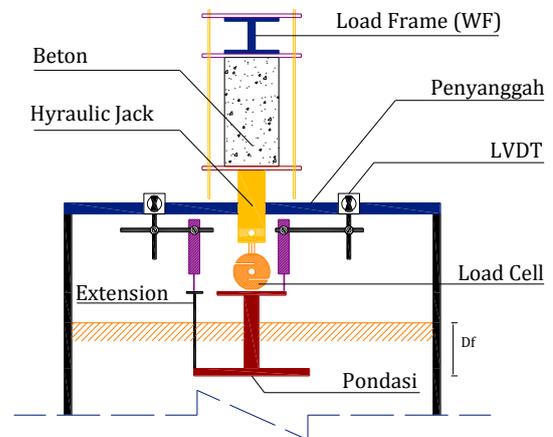
(a)



(b)

Gambar 5. Potongan Melintang Pemodelan Tes (a) Tanpa Perkuatan; (b) Dengan Perkuatan

Uji Pembebanan dilakukan dengan menggunakan *hydraulic jack*. Pembacaan beban dan penurunan pondasi dilihat melalui *load cell* dan LVDT. Pembacaan beban dan penurunan dilakukan tiap kenaikan tiap 20 kg hingga beban tidak dapat ditambahkan lagi atau mengalami keruntuhan. Detail dari uji pembebanan ini dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Detail Uji Pembebanan

Metode Analisis Data

Berdasarkan hasil uji pembebanan, didapat data beban serta penurunan yang terjadi pada pondasi. Data yang diambil merupakan data dari pondasi tanpa perkuatan dan pondasi dengan perkuatan geogrid variasi rasio u/B dan rasio h/B .

Daya dukung dihitung dengan persamaan berikut:

$$q_u = \frac{P_u}{A} \quad (1)$$

Dengan:

P_u = beban maksimum yang dicatat saat uji pembebanan

A = luasan pondasi

Setelah mengetahui daya dukung yang terjadi, dilakukan analisis BCR untuk mengetahui pengaruh penggunaan geogrid dalam meningkatkan daya dukung.

Persamaan BCR sebagai berikut:

$$BCR = \frac{q_{u(R)}}{q_u} \quad (2)$$

Dengan:

BCR = *Bearing Capacity Ratio*

$q_{u(R)}$ = daya dukung dengan perkuatan

q_u = daya dukung tanpa perkuatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Dasar

Dari pengujian dasar yang dilakukan terhadap tanah pasir, didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Analisis Saringan (*Grainsize*)

Menurut sistem klasifikasi *unified* (U.S.C.S) diketahui bahwa tanah tergolong tanah pasir SP (*Poorly Graded Sand*), yaitu pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.

b. Analisis *Specific Gravity*

Didapatkan hasil pengujian *specific gravity* sebesar 2,644.

c. Analisis Kepadatan (*Compaction*)

Berdasarkan pengujian di laboratorium kepadatan standar (*compaction*) didapatkan nilai berat isi kering (γ_d) maksimum sebesar 1,725gr/cm³ dengan kadar air optimum (OMC) sebesar 10,20%. Pada penelitian ini digunakan kepadatan relatif 85% sehingga kepadatan tanah model (γ_{lap}) nilainya 1,466gr/cm³.

d. Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*)

Hasil dari pengujian di laboratorium diperoleh nilai sudut geser dalam tanah (ϕ) sebesar 31,691° dan nilai kohesi (c) sebesar 0,0029 kg/cm²

Analisis Daya Dukung Tanah Pasir Tanpa Perkuatan

Berdasarkan hasil uji pembebanan yang sudah dilakukan pada eksperimen di laboratorium diperoleh hasil nilai daya dukung tanah pasir tanpa perkuatan ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Nilai Daya Dukung Berdasarkan Eksperimen untuk Tanah Pasir tanpa Perkuatan pada $s/B = 10\%$.

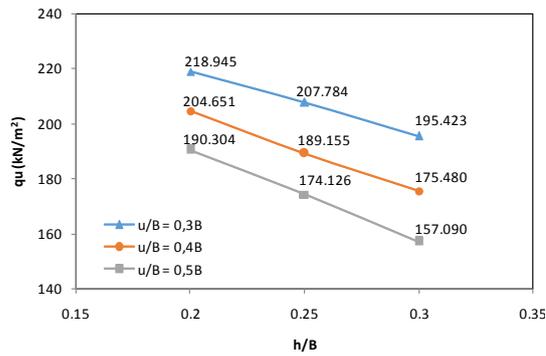
Panjang Pondasi (cm)	Kedalaman Pondasi (cm)	Beban (Kg)	q_u (kN/m ²)
24	3,6	272,838	94,735

Analisis Daya Dukung Tanah Pasir dengan Perkuatan

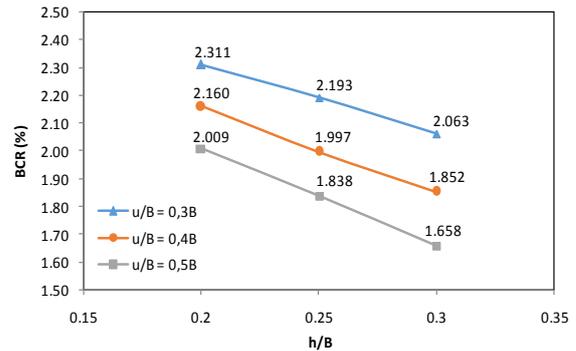
Berdasarkan hasil uji pembebanan yang sudah dilakukan pada eksperimen di laboratorium dengan variasi jarak lapis pertama geogrid dan jarak antar lapis geogrid diperoleh hasil nilai daya dukung tanah pasir dengan perkuatan yang ditunjukkan pada **Tabel 3** dan **Gambar 6**.

Tabel 3. Nilai Daya Dukung Berdasarkan Eksperimen untuk Tanah Pasir dengan Perkuatan pada $s/B = 10\%$

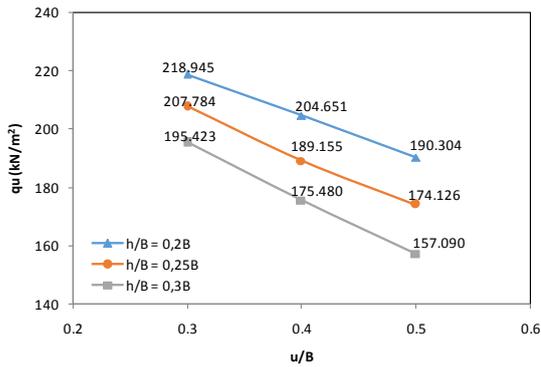
No.	Jarak Lapis Pertama Geogrid (u)	Jarak Antar Lapis Geogrid (h)	Beban (kg)	q_u (kN/m ²)
1.	0,3B	0,2B	630.563	218.945
		0,25B	598.417	207.784
		0,3B	562.818	195.423
2.	0,4B	0,2B	589.395	204.651
		0,25B	544.767	189.155
		0,3B	505.382	175.480
3.	0,5B	0,2B	548.077	190.304
		0,25B	501.483	174.126
		0,3B	452.420	157.090



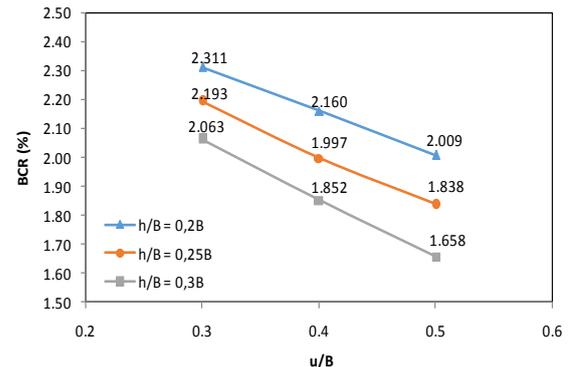
(a)



(a)



(b)



(b)

Gambar 6. (a) Hubungan q_u dan jarak antar lapis geogrid (b) Hubungan q_u dan jarak lapis pertama geogrid

Gambar 7. (a) Hubungan BCR dan jarak antar lapis geogrid (b) Hubungan BCR dan jarak lapis pertama geogrid

Analisis *Bearing Capacity Ratio (BCR)*

Analisis ini merupakan perbandingan daya dukung antara tanah pasir dengan perkuatan geogrid terhadap tanah pasir tanpa perkuatan. Untuk mengetahui nilai BCR tanah pasir terhadap variasi jarak lapis pertama geogrid dan jarak antar lapis geogrid, maka dapat dilihat dari **Tabel 4** dan **Gambar 7**.

Tabel 4. Nilai BCR pada $s/B = 10\%$

No	Jarak Lapis Pertama Geogrid (u)	Jarak Antar Lapis Geogrid (h)	q_u Tanpa Perkuatan (kN/m^2)	q_u Dengan Perkuatan (kN/m^2)	BCR
1	0,3B	0,2B	94.735	218.945	2.311
2		0,25B	94.735	207.784	2.193
3		0,3B	94.735	195.423	2.063
4	0,4B	0,2B	94.735	204.651	2.160
5		0,25B	94.735	189.155	1.997
6		0,3B	94.735	175.480	1.852
7	0,5B	0,2B	94.735	190.304	2.009
8		0,25B	94.735	174.126	1.838
9		0,3B	94.735	157.090	1.658

Analisis Peningkatan Nilai Daya pada Tanah Pasir $R_c 85\%$

Dari hasil analisis BCR, maka dapat dilihat peningkatan daya dukung yang terjadi perbedaan variasi jarak antar lapis geogrid, serta jarak lapis pertama geogrid berpengaruh terhadap peningkatan nilai daya dukung tanah. Hasil presentase peningkatan nilai daya dukung dapat dilihat pada **Tabel 5** sampai **Tabel 7**.

Tabel 5. Presentase Peningkatan q_u

Jarak Antar Lapis Geogrid (h)	Jarak Lapis Pertama Geogrid (u)	q_u Tanpa Perkuatan (kN/m^2)	q_u Dengan Perkuatan (kN/m^2)	Peningkatan (%)	Rata-rata peningkatan (%)
0,2B	0,3B	94.735	218.945	131.112	116.005
	0,4B	94.735	204.651	116.024	
	0,5B	94.735	190.304	100.880	
0,25B	0,3B	94.735	207.784	119.331	100.933
	0,4B	94.735	189.155	99.667	
	0,5B	94.735	174.126	83.803	
0,3B	0,3B	94.735	195.423	106.283	85.778
	0,4B	94.735	175.480	85.231	
	0,5B	94.735	157.090	65.820	
Rata-Rata Peningkatan Total					100.906

Tabel 6. Peningkatan q_u antar Variasi Jarak Antar Lapis Geogrid (h/B)

Jarak Lapis Pertama Geogrid (u)	Jarak Antar Lapis Geogrid (h)	q_u Dengan Perkuatan (kN/m^2)	Peningkatan q_u antar Variasi (%)	Rata - rata peningkatan antar variasi (%)
	0,2B	218.945		
0,3B	0,25B	207.784	5.372	5.848
	0,3B	195.423	6.325	
	0,2B	204.651		
0,4B	0,25B	189.155	8.192	7.993
	0,3B	175.480	7.793	
	0,2B	190.304		
0,5B	0,25B	174.126	9.291	10.068
	0,3B	157.090	10.845	
Rata-Rata Peningkatan Total				7.970

Tabel 7. Peningkatan q_u antar Variasi Jarak Lapis Pertama Geogrid (u/B)

Jarak Antar Lapis Pertama Geogrid (h)	Jarak Lapis Pertama Geogrid (u)	q_u Dengan Perkuatan (kN/m^2)	Peningkatan q_u antar Variasi (%)	Rata - rata peningkatan antar variasi (%)
	0,3B	218.945		
0,2B	0,4B	204.651	6.985	7.262
	0,5B	190.304	7.539	
	0,2B	207.784		
0,25B	0,25B	189.155	9.848	9.240
	0,3B	174.126	8.631	
	0,2B	195.423		
0,3B	0,25B	175.480	11.365	11.536
	0,3B	157.090	11.706	
Rata-Rata Peningkatan Total				9.346

Pengaruh Jarak Lapis Pertama Geogrid (u/B) dan Jarak Antar Lapis Geogrid (h/B) terhadap Nilai Daya Dukung

Berdasarkan hasil pengujian pembebanan dengan perkuatan geogrid terhadap pemodelan pondasi di atas tanah pasir R_c 85% menggunakan variabel tetap kedalaman pondasi (D_f) sebesar 0,3B, dimensi pondasi 24 x 12 cm dan menggunakan 3 lapis geogrid dengan variabel bebas jarak lapis pertama geogrid serta jarak antar lapis geogrid, mendapatkan hasil bahwa variabel

bebasnya mempengaruhi daya dukung yang terjadi.

Pada **Tabel 5** pengaruh dari variasi jarak lapis pertama geogrid ($u/B = 0,3; 0,4; 0,5$) dapat disimpulkan bahwa jika jarak lapis pertama geogrid semakin kecil maka daya dukungnya akan semakin meningkat. Begitu juga pengaruh dari variasi jarak antar lapis geogrid ($h/B = 0,2; 0,25; 0,3$) dapat disimpulkan bahwa jika jarak antar lapis geogrid semakin kecil maka daya dukungnya juga akan meningkat.

Dari **Tabel 5** didapatkan bahwa daya dukung paling besar meningkat pada saat kombinasi $u/B = 0,3$ dan $h/B = 0,2$ dengan peningkatan sebesar 131,112 % dibandingkan dengan tanah tanpa perkuatan geogrid. Pada penambahan jarak lapis pertama geogrid atau penambahan jarak antar lapis geogrid pengaruh yang terjadi tidak terlalu signifikan, hasilnya daya dukungnya akan semakin turun.

Berdasarkan **Tabel 6** dan **Tabel 7** menunjukkan bahwa nilai rata – rata peningkatan daya dukung tanah pasir dengan perkuatan geogrid untuk variasi jarak lapis pertama geogrid adalah sebesar 9,346% sedangkan variasi jarak antar lapis geogrid adalah 7,97%. Disimpulkan bahwa variasi jarak lapis pertama geogrid memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan variasi jarak antar lapis geogrid dalam peningkatan daya dukung pada pondasi persegi dengan dimensi 24 cm x 12 cm.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan variasi berupa jarak lapis pertama geogrid dan jarak antar geogrid dengan variabel tetap kedalaman pondasi $D_f/B = 0,3$ dan $B = 12$ cm menggunakan 3 lapis geogrid terhadap daya dukung tanah pasir pada pondasi

persegi (24 cm x 12 cm) dengan Rc 85%, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya dukung tanah pasir pada pondasi persegi tanpa perkuatan geogrid nilainya lebih kecil dibandingkan daya dukung pada pondasi persegi dengan perkuatan geogrid, sehingga dengan adanya perkuatan geogrid terjadi peningkatan daya dukung pada pondasi persegi.
2. Semakin kecil nilai rasio jarak antar lapis geogrid terhadap lebar pondasi (h/B), maka akan semakin besar nilai daya dukung tanah pasir pada pondasi persegi dengan perkuatan geogrid.
3. Semakin kecil nilai rasio jarak lapis pertama geogrid terhadap lebar pondasi (u/B), maka akan semakin besar nilai daya dukung tanah pasir pada pondasi persegi dengan perkuatan geogrid.
4. Dapat dilihat dari hasil analisis BCR bahwa nilai daya dukung dari pondasi persegi dengan perkuatan geogrid pada penelitian ini, yang menghasilkan nilai daya dukung maksimum adalah ketika jarak antar lapis geogrid $h/B = 0,2$ dan saat jarak lapis pertama geogrid $u/B = 0,3$.

SARAN

Pada penelitian ini membutuhkan ketelitian, waktu yang cukup, dan metode pelaksanaan yang baik untuk tercapainya kesempurnaan dalam hasil penelitian. Oleh karena itu, ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yang sejenis antara lain sebagai berikut:

1. Metode pemadatan harus dilakukan dengan cara yang baik dan seragam. Kesalahan relatif kepadatan tanah harusnya tidak boleh lebih dari 5% agar hasil yang didapatkan sesuai rencana. Bila parameter yang digunakan tidak sesuai maka saat pengujian mengakibatkan respon

pondasi yang ditunjukkan oleh grafik penurunan dan daya dukung yang kurang sempurna.

2. Dalam pengujian sampel yang menggunakan pompa hidrolis sebagai alat pembebanan diharapkan adanya konsistensi dalam memberikan peningkatan beban pada sampel melalui kecepatan memompa. Dikarenakan kecepatan pemompa (*human error*) setiap orang berbeda sehingga berpengaruh terhadap perubahan nilai pembebanan dan juga mempengaruhi keruntuhan pada sampel.
3. Di bagian bawah dasar box harus diberikan perkuatan dan dikontrol agar tidak mengalami lendutan saat diberikan beban pasir, ataupun saat sampel dilakukan pengujian pembebanan.
4. Kondisi profil WF pada box uji yang digunakan sebagai balok penyangga pompa hidrolis pembebanan harus dalam kondisi yang baik, tidak memiliki kemiringan akibat puntir atau telah mengalami lendutan, serta kekuatan profil terhadap puntir dan lendutan yang mungkin terjadi selama pembebanan harus dikontrol secara berkala. Hal ini perlu dilakukan agar tidak terjadi pembebanan yang mengalami eksentrisitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, M.T and Collin, J.G. (1997), "Large Model Spread Footing Load Test on Geosynthetic Reinforced Soil Foundations", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 123 (1), pp. 66-72.
- Alamshahi, S., & Hataf, N. (2009) "Bearing capacity of strip footings on sand slopes reinforced with geogrid and grid-anchor", *Geotextiles and Geomembranes*, 27(3),217-226.doi:10.1016/j.geotexmem.2008.11.011.

- 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.
- Chung, W. and Cascante, G. (2006) "Experimental and numerical study of soil-reinforcement effects on the low-strain stiffness and bearing capacity of shallow foundations", *Journal of Geotechnical and Geological Engineering*, Original Paper.
- 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.
- Marto, Aminaton et al. (2013). An Experimental Study On Characteristics And Behavior Of Reinforced Soil Foundation, pp. 1881-1893.
- Patra, C.R, Das, B.M, & Shin, E.C.,(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. & Das, B.M., (2000). Experimental Study of Bearing Capacity of a Strip Foundation on Geogrid Reinforced Sand. *Geosynthetics International*, pp. 59-71.
- Vesic, A.S. (1963). Ultimate Loads and Settlements of Deep Foundation in Sand On Bearing Capacity and Settlement of Foundation. Duke University.
- Yetimoglu, T.,WU, S.T.H., & Saglamer, A., (1994) "Bearing capacity of rectangular footings on geogridreinforcedsand", *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 120 (12), pp. 2083–2099.