

**PENGARUH JARAK LAPIS TERATAS DAN JUMLAH LAPISAN
GEOGRID TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH PASIR DENGAN
PONDASI MENERUS**

**NASKAH TERPUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**RAHMADHANA PURWA WIDAGDA
NIM. 125060101111017**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**



PENGARUH JARAK LAPIS TERATAS DAN JUMLAH LAPISAN GEOGRID TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH PASIR DENGAN PONDASI MENERUS

Rahamdhana Purwa Widagda, As'ad Munawir, Arief
Rachmansyah Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145,
Jawa Timur, Indonesia Email : rahmadhanapw@gmail.com

ABSTRAK

Tanah pasir secara umum mempunyai daya dukung yang relatif baik, hanya saja pada tanah ini memiliki permasalahan yang sering timbul adalah jika tanah dalam keadaan longgar dan keadaan butiran tanah yang seragam yang dipengaruhi oleh kondisi tingginya muka air tanah. Oleh sebab itu memerlukan metode perbaikan tanah untuk meningkatkan daya dukung tanah pasir. Dalam penelitian ini dilakukan uji pemodelan tanah fisik pondasi menerus di atas tanah pasir perkuatan geogrid menggunakan variasi jumlah lapis geogrid dan jarak lapis geogrid teratas. Variasi yang digunakan pada penelitian ini disesuaikan dengan B, yaitu lebar pondasi. Pada penelitian ini menggunakan $B=6$ cm. Variasi yang digunakan untuk jarak lapis geogrid teratas adalah $u/B= 0,25B; 0,5B$ dan $0,75B$ sedangkan pada variasi jumlah lapis geogrid (n) digunakan sebanyak 3 lapisan. Tujuan utamanya adalah membandingkan daya dukung tanah pada tanah pasir tanpa perkuatan terhadap daya dukung tanah pasir yang diberi perkuatan. Pada penelitian ini dilakukan dengan bahan pasir bergradasi buruk RC 85%. Dari hasil penelitian ini maka didapatkan bahwa variasi yang optimal untuk nilai daya dukungnya terdapat pada jarak lapis geogrid teratas dengan variasi $0,5B$ dan variasi jumlah lapisan geogrid yang ke 3 berarti bertambahnya daya dukung juga diiringi dengan peningkatan jumlah perkuatan geogrid.

Kata kunci : daya dukung pondasi, tanah pasir, geogrid, variasi jumlah lapis geogrid, variasi jarak lapis geogrid teratas.

Sand generally have relatively good bearing capacity, only in this land has a problem that often arises is if the soil is loose in the circumstances and the state of the soil grains are uniformly influenced by the condition of the high groundwater level. Therefore require soil improvement methods to increase the carrying capacity of the land of sand. In this study tested the physical modeling of foundation soil constantly above the sandy soil reinforcement geogrid geogrid layers using the variation of the number and distance of the top layers of geogrid. Variations were used in this study adjusted to B, which is the width of the foundation. In this study using $B = 6$ cm. Variasi used to distance the top geogrid layers are $u / B = 0,25B; 0,5B$ and $0,75B$ while the number of layers of geogrid variation (n) used directly as many as three layers. The main objective is to compare the carrying capacity of the land on sandy soil without retrofitting the carrying capacity of sandy soil by retrofitting. In this study conducted by poorly graded sand material RC 85%. From these results it was found that the variation optimal carrying capacity values are at a distance of geogrid layers on top with $0,5B$ variations and variations in the number of layers of geogrid that to 3 mean additional carrying capacity is also accompanied by an increase in the number of geogrid reinforcement.

Keywords : bearing capacity , ground sand , reinforcement geogrid , geogrid top distance variation , variation reinforcement layer

PENDAHULUAN

Pondasi adalah bagian struktur yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur di atasnya ke lapisan tanah pendukung. Suatu perencanaan pondasi pada suatu konstruksi dapat dibenarkan jika beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melebihi dari daya dukung tanah tersebut. Apabila daya dukung tanah dilebihi, maka penurunan secara berlebihan dan keruntuhan geser akan terjadi. Sehingga dalam perencanaan pondasi memerlukan evaluasi mengenai daya dukung dan penurunan seperti pada penggunaan tanah pasir sedang (*medium sand*) yang sudah banyak diterapkan.

Tanah pasir secara umum mempunyai daya dukung yang relatif baik, hanya saja pada tanah ini memiliki permasalahan yang sering timbul adalah jika tanah dalam keadaan longgar dan keadaan butiran tanah yang seragam yang dipengaruhi oleh kondisi tingginya muka air tanah. Oleh karena itu perlu adanya metode perbaikan tanah untuk meningkatkan daya dukung tanah pasir agar meningkatkan daya dukung sehingga memperoleh daya dukung dengan nilai yang baik untuk mengoptimalkan fungsinya yaitu mendukung konstruksi di atasnya. Alternatif perbaikan tanah yang dapat diterapkan pada kasus ini adalah penggunaan geogrid.

TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini yaitu mendapatkan acuan yang optimal didapatkan nilai dari variasi jumlah lapisan perkuatan geogrid dan variasi jarak lapis geogrid pertama pada tanah pasir adalah didapatkan parameter yang dominan antara lebar pondasi atau jumlah lapis geogrid untuk memperkuat daya dukung lereng. Diketahui juga perbandingan daya dukung lereng biasa serta dengan geogrid. Serta dapat dijadikan sebagai pustaka bagi bidang geoteknik sebagai metode perkuatan

tanah dan perbaikan tanah pada tanah pasir.

TINJAUAN PUSTAKA

Pasir

Pendapat yang disampaikan oleh Pettijohn dan Siever (1973) mengenai definisi pasir yang merupakan material granular alami yang belum terkonsolidasi. Pasir terdiri dari butiran-butiran yang berukuran dari 1/16 – 2 mm. Material granular yang lebih halus dari pasir disebut sebagai lanau, dan yang lebih besar disebut sebagai kerikil.

1. Pasir adalah partikel-partikel batuan yang lolos saringan no. 4 (4,75 mm) dan tinggal dalam saringan no. 200 (0,075 mm), dengan pembagian sebagai berikut: Pasir kasar: butirannya lolos saringan no. 4 (4,75 mm) dan tertahan dalam saringan no. 10 (2 mm).
2. Pasir medium : butirannya lolos saringan no. 10 (2 mm) dan tertahan dalam saringan no. 40 (0,425 mm).
3. Pasir halus : butirannya lolos saringan no. 40 (0,425 mm) dan tertahan dalam saringan no. 200 (0,075 mm) (Hardiyatmo, H.C., 2011:2).

Geogrid

Penelitian yang dilakukan ini adalah menggunakan material perkuatan geosintetik berjenis jaring terbuka yaitu geogrid. Geogrid merupakan salah satu jenis geosintetik yang berbentuk jaring (web) dengan jala (mesh) terbuka. Fungsi utama geogrid adalah sebagai perkuatan. Penguatannya mengacu pada mekanisme sifat teknis tanah komposit / agregat yang dapat ditingkatkan secara mekanis. Pada penelitian ini menggunakan tipe bixial dengan interaksi dua arah mempunyai bukaan berbentuk persegi

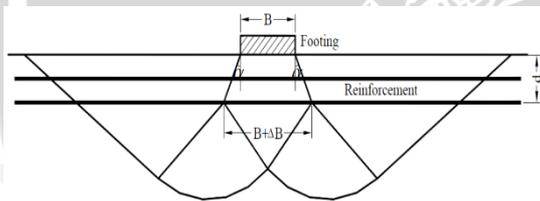
Geogrid sebagai material perkuatan tanah

Nurly Gofar dan Bakrie Oemar (1990) mengatakan bahwa dasar pemikiran penggunaan geogrid adalah pembentukan ikatan antara bahan pengisi (tanah) dan elemen perkuatan geosintetis. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa

gesekan yang terjadi pada dasarnya merupakan fungsi dari besarnya butiran tanah dan sifat bahan perkerasan itu sendiri.

Pola Keruntuhan Di bawah Pondasi Dengan Perkuatan

Keruntuhan tanah dengan perkuatan pada pondasi didasarkan pada mekanisme kegagalan wide-slab yang dikemukakan oleh Schlosser et al. (1983). Berdasarkan mekanisme kegagalan tersebut, Huang dan Menq (1997) mengevaluasi dan menjelaskan bahwa kedalaman pondasi dan lebar efek wide-slab mempengaruhi peningkatan daya dukung tanah tersebut yang dijelaskan pada Gambar 2.16. Ketika mencapai beban ultimit, kegagalan tanah yang terjadi diasumsikan terjadi selebar $B' = B + 2d \tan \alpha$ dengan B adalah lebar pondasi, d adalah kedalaman perkuatan, dan α adalah sudut keruntuhan yang terjadi.



Gambar 1. Mekanisme wide slab

Daya Dukung Pondasi

Analisis kapasitas daya dukung tanah mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi dari struktur yang terletak di atasnya. Akapasitas dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya.

Solusi Mayerhof

Analisis daya dukung mayerhof (1955) menganggap factor factor daya dukungnya lebih kecil dibanding yang disarankan Terzaghi, namun karena Mayerhof mempertimbangkan kedalaman pondasi, kapasitas daya dukungnya menjadi lebih besar.

Mayerhof (1963) menyarankan persamaan kapasitas daya dukung dengan mempertimbangkan bentuk pondasi, kemiringan beban dan kuat geser tanah diatas pondasi, sebagai berikut:

$$qu = s_c d_c i_c c N_c + s_q d_q i_q q N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma 0,5B' \gamma N_\gamma$$

Solusi Hansen dan Vesic

Brinch Hansen (1970) menyarankan persamaan kapasitas dukung yang pada dasarnya sama dengan Terzaghi, hanya didalamnya di masukan nilai factor kedalaman, inklinasi beban, inklinasi dasar, dan inklinasi permukaan tanah.

METODE PENELITIAN

Persiapan Model

Pada percobaan ini dibuat 9 buah benda uji dengan 3 variasi jumlah lapisan geogrid dan 3 variasi lebar pondasi menerus, yang diletakkan di permukaan tanah dengan kedalaman 0,5B dengan RC 85%.

Tabel 1. Variabel Perkuatan

RC 85% B=6cm (D/B) = 0,5B	u/B		
	u/B=0,25	u/B=0,5	u/B=0,75
n = 1	√	√	√
n = 2	√	√	√
n = 3	√	√	√

Percobaan ini dibuat 9 buah benda uji dengan 3 variasi jarak dari dasar pondasi menerus ke lapisan geogrid pertama dan 3 variasi jumlah lapisan geogrid. Untuk pondasi menerus yang diletakkan di tanah datar dengan RC 85%. Variasi yang dibuat untuk jarak dari dasar pondasi ke lapisan geogrid pertama adalah 0,25B ; 0,5B dan 0,75B. Variasi yang dibuat pada pemodelan adalah sejumlah 1,2 dan 3 lapisan perkuatan goegrid. Pondasi menerus dengan lebar 6 cm diletakkan di permukaan timbunan tanah pasir dengan rasio d/B=0,5B. Pengujian



dilakukan ditengah box penelitian. Pengulangan dilakukan apabila terjadi penyimpangan dan dilakukan dengan perlakuan benda uji yang sama.

Metode Pengambilan Data

Pembebanan menggunakan dongkrak hidrolik. Sebagai pengukur besarnya beban, dalam pembebanan digunakan load cell. Pembebanan dilakukan dengan menggunakan baja profil WF. Sedangkan pembacaan penurunan menggunakan LVDT digital. Pada 5 kg pembacaan beban akan dicatat penurunannya. Hal ini terus dilakukan hingga pembebanan sampai runtuh.

4	0,5	1			
5		2			
6		3			
7	0,75	1			
8		2			
9		3			

Tabel 4. Daya dukung dan penurunan lereng dengan variasi (n) jumlah lapisan

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 rasio d/B.

Tabel 2. Tanpa Perkuatan

No	(B)	Penurunan (mm)	Beban (kg)	Qu
1	6			

Sedangkan daya dukung tanah untuk perkuatan akan dianalisis sesuai dengan dua variasi, sehingga penyajian tabelnya sebagai berikut.

Tabel 3. Daya dukung dan penurunan tanah pasir dengan variasi u/B (Jarak googrid lapis pertama)

No.	u/B	n	Penurunan	Beban (kg)	qu
1	0,25	1			
2		2			
3		3			

No.	n	B	Penurunan	Beban (kg)	qu
1	1	0,25			
2		0,5			
3		0,75			
4	2	0,25			
5		0,5			
6		0,75			
7	3	0,25			
8		0,5			
9		0,75			



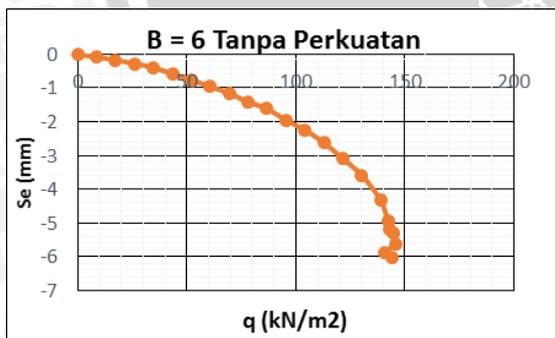
HASIL DAN PEMBAHASAN Daya Dukung Tanpa Perkuatan

Penelitian menggunakan tanpa perkuatan digunakan untuk membandingkan hasil dengan menggunakan perkuatan geogrid berikut adalah datanya yaitu tanah pasir dengan kepadatan RC 85%.

Perhitungan pondasi tanpa perkuatan menggunakan rumus meyerhof, vesic dan hansen dari ketiganya dihasilkan perhitungan dengan nilai sebagai berikut.



Gambar 2 . Perbandingan nilai daya dukung menggunakan rumus tanah pasir tanpa perkuatan
Dari hasil penelitian maka dihasilkan nilai daya dukung yang mendekati perhitungan dengan rumus vesic

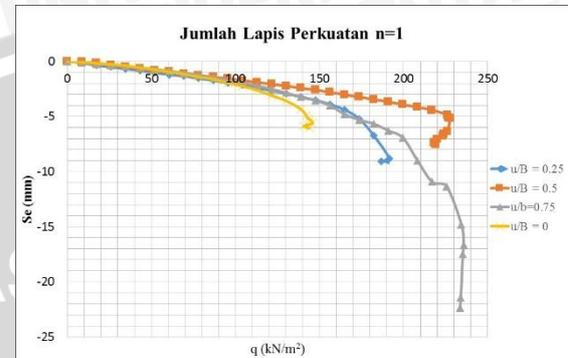


Gambar 3 . Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir tanpa perkuatan

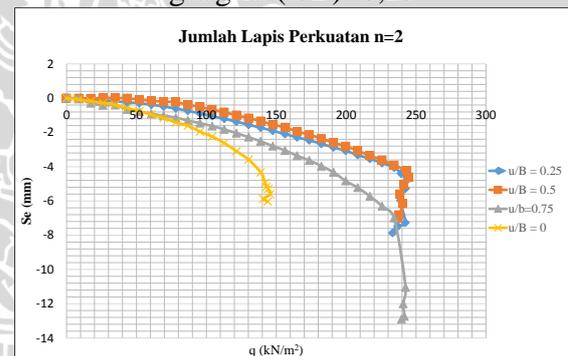
Daya Dukung Dengan Perkuatan Geogrid

Pada penelitian pemodelan pondasi pada tanah pasir dengan menggunakan perkuatan Geogrid yang dilakukan, terdapat

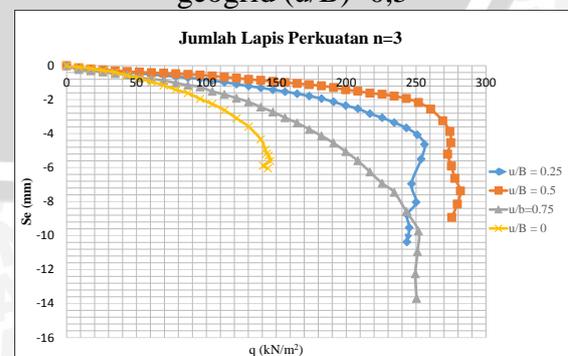
sembilan variabel yang diuji. Untuk pengujian yang dilakukan pada pondasi tanah pasir dengan perkuatan Geogrid dengan variasi jarak geogrid lapis pertama dan jumlah lapisan didapatkan nilai daya dukung yang disajikan yang bergantung pada variabel variasinya.



Gambar 4 . Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan perkuatan geogrid dan tanpa perkuatan dengan rasio jarak lapis pertama perkuatan geogrid $(u/B)=0,25$

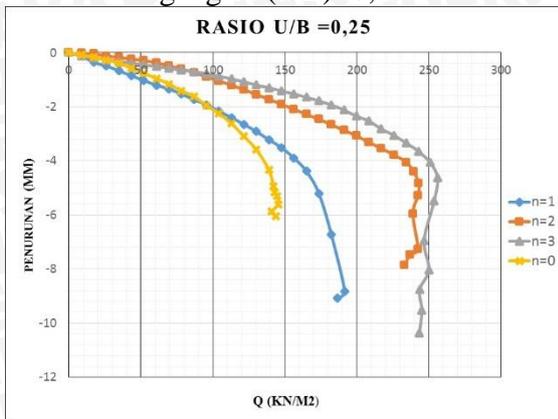


Gambar 5 . Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan perkuatan geogrid dan tanpa perkuatan dengan rasio jarak lapis pertama perkuatan geogrid $(u/B)=0,5$

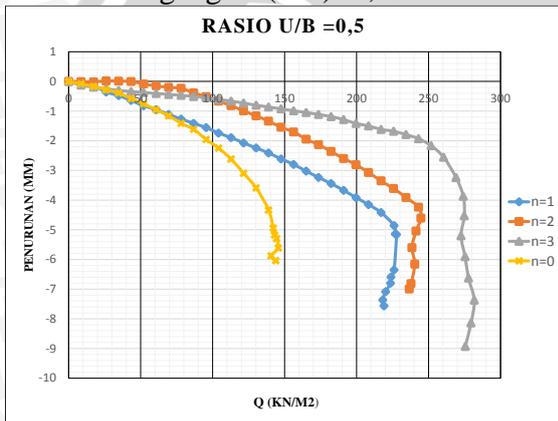


Gambar 6 . Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan

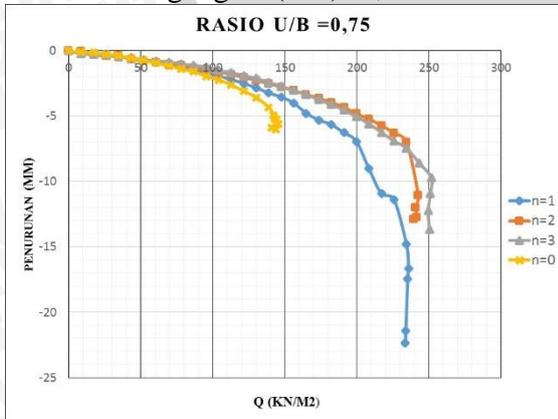
perkuatan geogrid dan tanpa perkuatan dengan rasio jarak lapis pertama perkuatan geogrid (u/B)=0,75



Gambar 7. Grafik hubungan qu dan penurunan pada model tanah pasir dengan perkuatan geogrid dan tanpa perkuatan dengan rasio jarak lapis pertama perkuatan geogrid (u/B)=0,25



Gambar 8. Grafik hubungan qu dan penurunan pada model tanah pasir dengan perkuatan geogrid dan tanpa perkuatan dengan rasio jarak lapis pertama perkuatan geogrid (u/B)=0,5



Gambar 9. Grafik hubungan qu dan penurunan pada model tanah pasir dengan perkuatan geogrid dan tanpa perkuatan

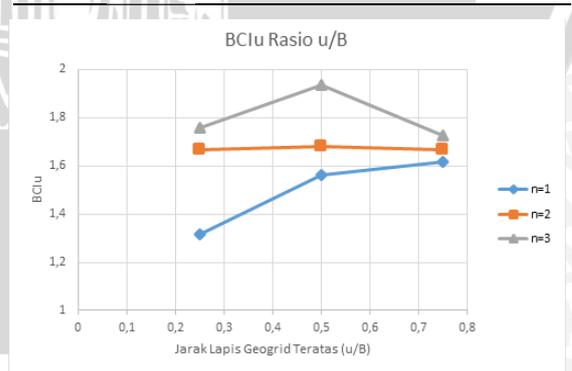
dengan rasio jarak lapis pertama perkuatan geogrid (u/B)=0,75

Analisis Bearing Capacity Improvement berdasarkan Data Dukung Ultimit (BCIu)

Analisis BCIu ialah analisis daya dukung maksimum (ultimate) pada saat beban runtuh antara tanah pasir tanpa perkuatan dan tanah pasir dengan perkuatan. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan yang terjadi pada nilai daya dukung ketika tanah pasir telah diberi perkuatan geogrid. Sehingga dapat diperoleh rasio jarak lapisan geogrid teratas (u/B) dan jumlah lapisan geogrid (n) yang menghasilkan peningkatan daya dukung yang optimum.

Tabel 3. Peningkatan Daya Dukung Antar Variasi Rasio u/B

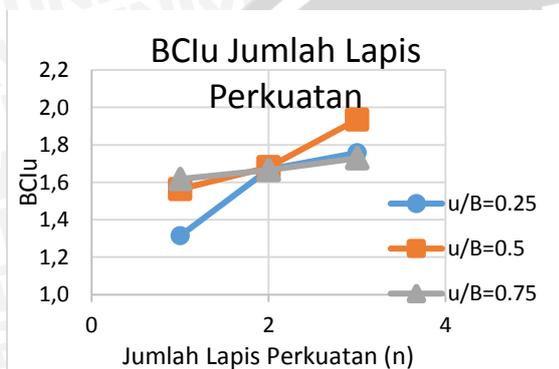
Jumlah Lapisan Geogrid	Rasio Jarak Lapisan Perkuatan Teratas Geogrid (u/B)	Qu Tanpa Perkuatan (kN/m ²)	Qu Dengan Perkuatan (kN/m ²)	BCIu	Peningkatan (%)
1	0,25	145,659	191,493	1,314	23,93
	0,5	145,659	227,777	1,563	36,05
	0,75	145,659	235,763	1,618	38,21
2	0,25	145,659	243,055	1,668	40,07
	0,5	145,659	244,791	1,680	40,49
	0,75	145,659	242,534	1,665	39,94
3	0,25	145,659	256,076	1,758	43,30
	0,5	145,659	281,770	1,934	48,30
	0,75	145,659	251,736	1,728	42,13



Gambar 10. Perbandingan nilai BCIu untuk variasi rasio u/B

Tabel 4. Peningkatan Daya Dukung Antar Variasi Rasio n

Rasio Jarak Lapisan Teratas Geogrid (u/B)	Jumlah Lapisan Geogrid	Qu Tanpa Perkuatan (kN/m ²)	Qu Dengan Perkuatan (kN/m ²)	BCIu	Peningkatan (%)
0,25	1	145,659	191,493	1,314	23,934
	2	145,659	243,055	1,668	40,071
	3	145,659	256,076	1,758	43,118
0,5	1	145,659	227,777	1,563	36,051
	2	145,659	244,791	1,680	40,496
	3	145,659	281,770	1,934	48,305
0,75	1	145,659	235,763	1,618	38,218
	2	145,659	242,534	1,665	39,942
	3	145,659	251,736	1,728	42,137



Gambar 11 . Perbandingan nilai BCIu untuk variasi rasio n

Dari tabel dan gambar diatas dapat diamati bahwa semakin banyak jumlah geogrid yang diberikan maka daya dukung yang dihasilkan semakin besar, dari data tersebut terlihat bahwa daya dukung optimum saat tanah pasir diberi 3 lapis perkuatan geogrid. Sehingga dapat diperoleh nilai BCIu maksimum dalam penelitian ini adalah ketika tanah pasir diberi perkuatan 3 lapisan geogrid dengan rasio jarak lapisan teratas geogrid (u/B) = 0,5 yaitu sebesar 281,770 kN/m².

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan variasi jarak lapis geogrid teratas dan jumlah lapisan perkuatan dengan rasio d/b =0,5 dan b=6 cm terhadap daya dukung tanah pasir dengan pondasi menerus, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya dukung pada tanah pasir dengan perkuatan menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan tanah

pasir tanpa perkuatan geogrid, baik pada variasi rasio u/B maupun rasio n.

2. Lapisan perkuatan geogrid teratas dari dasar pondasi yang dinilai memberikan kontribusi optimal untuk peningkatan daya dukung tanah adalah di rasio u/B = 0,5 B
3. Dengan lebar pondasi yang sama maka daya dukung tanah pasir dapat meningkat seiring dengan penambahan jumlah lapisan geogrid. Hal ini terjadi pada saat penambahan 3 lapisan perkuatan geogrid.
4. Nilai BCI maksimum terjadi pada pondasi menerus dengan lebar pondasi yang sama yaitu di rasio u/B = 0,5 B dan n = 3

Saran

Dalam melaksanakan penelitian ini diperlukan metode dan pelaksanaan yang baik dalam proses pemadatan. Kesungguhan ketelatenan dan kerja keras sangat berpengaruh di dalamnya karena jika hasil pemadatan kurang baik maka dapat berakibat daya dukung dan penurunannya kurang sempurna

Daftar Pustaka

A Fasakh, Murad et al .2013. "An experimental evaluation of the behavior of footings on geosynthetic-reinforced sand". *ELSEVIER*. USA:Universitas Louisiana

Adam, Michael T. And Collin, James G. (1997). Large Model Spread Footing Load Test on Geosynthetic Reinforced Soil Foundations. *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*, Vol. 123, No. 1, p 66-67.

Atmatzidis, D.K., Athanasopoulos, G.A., and Papantonopoulos, C.I., 1994, Sand-geotextile Interaction by Triaxial Compression Testing, 5th inter. Conf. On Geotextiles, Geomembranes and Related

- products, Vol. 1, Singapore, pp.377-380.
- Bowles, J. E. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta : Erlangga
- Broms, B.B., 1988, Fabric Reinforced Retaining Walls, Proceeding of Inter. Geotech. Symp. On Theory and Practice of Earth Reinforcement, A.A Balkema, Rotterdam, pp. 3-31.
- Christady H., Hary. 1990. *Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada .
- Christianto, Victor. (1992). Penelitian tentang Pengaruh Dasar Pondasi Hypar di atas Tanah Pasir, Skripsi. Tidak diterbitkan, Malang : Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. 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
- Das, Braja M. 2011. *Principles of Foundation Engineering Seventh Edition*. Stamford: Cengage Learning.
- 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.
- Hardiyatmo, H.C. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hausman, Manfred .1990. "Engineering Principles Of Ground Modification". Singapore: McGraw-Hill, Inc
- Koerner, R.M. 2005. *Designing With Geosynthetics, Fifth Edition*. New Jersey: Pearson/Prentice Hall.
- Munawir, A. et al. 2009. Alternatif Perkuatan Tanah Pasir Menggunakan Lapis Anyaman Bambu Dengan Variasi Jarak dan Jumlah Lapis. *Jurnal Rekaya Sipil*. 3 (1)
- Musthafa, Aris. 2015. Pengaruh Sudut Kemiringan dan Jarak Pondasi Menerus Dari Tepi Lereng Pada Pemodelan Fisik Lereng Pasir Dengan Perkuatan Geogrid. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Nurly Gofar dan Bakrie Oemar .1990."Perencanaan reinforced retaining wall dengan menggunakan spreadsheet program". Bandung: HATTI
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. and Siever, R. 1973. Sand and Sandstone. New York : Springer-Verlag
- Saeed Alamshahi, Nader Hataf. 2009. Bearing Capacity of Strip Footings on Sand Slopes Reinforced with Geogrid and Grid-Anchor. *ELSEVIER*. Iran : Universitas Shiraz
- Silmi, Niken. 2012. Stabilisasi lereng dengan geotextile. Jogja : Joglo Semar.
- Surendro, Bambang. 2004. *Mekanika Tanah - Teori, Soal, dan Penyelesaian*. Magelang: Andi Yogyakarta.
- Utomo, Pontjo. 2004. Daya Dukung Ultimit Pondasi Dangkal diatas Tanah Pasir yang diperkuat Geogrid. *Civil Engginerring Dimension*, Vol. 6 No.1 ISSN 1410-9530.
- Vesic, A.S. (1975). Bearing Capacity of Shallow Foundation, Bab 3 dalam H.G Winterkorn dan H-Y Fang (eds), Foundation Engineering

Handbook, New York : Van
Nostrand Reinhold Co. hal 121-147

