

**PENGARUH LEBAR PONDASI DAN JARAK LAPIS GEOGRID
TERATAS DENGAN RASIO $d/B = 1$ DAN $n = 3$ TERHADAP
DAYA DUKUNG TANAH PASIR PADA PONDASI MENERUS**

**NASKAH TERPUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**RAHMA NUR AMALINA
NIM. 125060100111023**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**

PENGARUH LEBAR PONDASI DAN JARAK LAPIS GEOGRID TERATAS DENGAN RASIO $d/B = 1$ DAN $n = 3$ TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH PASIR PADA PONDASI MENERUS

Rahma Nur Amalina, As'ad Munawir, Yulvi Zaika

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia

Email: rahmamalina@gmail.com

ABSTRAK

Tanah pasir dengan kepadatan yang kurang baik apabila dipengaruhi getaran menimbulkan pergeseran partikel-partikel yang menyebabkan tanah mengalami penurunan yang besar dan cepat disertai dengan daya dukung yang rendah. Oleh karenanya, pada tanah pasir perlu dilakukan perbaikan tanah, salah satu bentuknya yaitu dengan metode perkuatan tanah menggunakan geogrid. Pada penelitian ini dilakukan uji model fisik tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan geogrid. Variasi yang diterapkan pada pengujian sampel berupa lebar pondasi (B) sebesar 6; 8; 10 cm dan jarak lapis geogrid teratas (u) 0,25 B ; 0,5 B ; 0,75 B , dengan kedalaman tetap yaitu $d/B = 1$, jumlah geogrid (n) 3, dan jarak vertikal antara geogrid sebesar 0,25 B cm. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh dari penggunaan variasi perkuatan terhadap daya dukung tanah pasir menggunakan pondasi menerus. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa untuk variasi lebar pondasi semakin besar lebar pondasi yang digunakan, maka akan semakin besar nilai daya dukungnya dan untuk variasi jarak lapis geogrid teratas menghasilkan nilai yang optimum. Dari hasil analisis BCIu menunjukkan bahwa peningkatan daya dukung terbesar terletak pada lebar pondasi 10 cm dengan jarak lapis geogrid teratas sebesar 0,5 B .

Kata kunci: daya dukung, tanah pasir, pondasi menerus, perkuatan geogrid, variasi lebar pondasi, variasi jarak lapis geogrid teratas.

ABSTRACT

Sand soil with bad density when influenced by vibrations causing shift in the particles that cause sand soil has high and fast settlement and usually accompanied by low bearing capacity. Therefore, the soil need to be reinforce, one of its forms is by soil reinforcement methods using geogrid. In this research, model test do for sand without reinforcement and with geogrid reinforcement. Variations were applied to test samples are width foundation at 6; 8; 10 cm and the upper distance of geogrid layer (u) 0,25 B ; 0,5 B ; 0,75 B , with fixed depth is $d/B = 1$, the number of geogrid (n) 3 and the vertical distance between the geogrid of 0,25 B cm. The purpose of this study was to know the effect of the use of variation on the bearing capacity using strip foundation. From the results of this study found that for width foundation variations, the bigger width foundation is used, the higher value of bearing capacity is, and the upper distance of geogrid layer variation produces the optimum value. BCIu analysis of the results showed that the biggest increasing of the bearing capacity is in the width foundation 10 cm with the upper distance of geogrid layer 0,5 B .

Keywords: bearing capacity, sand soil, strip foundation, geogrid reinforcement, foundation width variation, the upper distance of geogrid layer variation.

PENDAHULUAN

Tanah pasir dengan kepadatan yang kurang baik apabila dipengaruhi getaran menimbulkan pergeseran partikel-partikel yang menyebabkan tanah pasir mengalami penurunan yang besar dan cepat. Penurunan yang tinggi umumnya dibarengi dengan

daya dukung yang rendah, sehingga kurang memenuhi syarat sebagai tanah dasar suatu konstruksi bangunan yang aman dan nyaman. Oleh karenanya, pada tanah pasir perlu dilakukan perbaikan tanah, salah satu bentuknya yaitu dengan metode perkuatan tanah menggunakan geogrid.

TUJUAN

Tujuan penelitian ini antara lain adalah untuk mengetahui pengaruh perkuatan tanah pasir dengan membandingkan daya dukung tanah pasir tanpa perkuatan terhadap daya dukung tanah pasir yang diberi perkuatan geogrid menggunakan variasi lebar pondasi dan jarak lapis geogrid teratas, dan untuk mengetahui pengaruh dari variasi lebar pondasi dan jarak lapis geogrid teratas terhadap daya dukung pada tanah pasir, serta untuk mengetahui lebar pondasi dan jarak lapis geogrid teratas yang menghasilkan nilai daya dukung maksimum.

TINJAUAN PUSTAKA

Pasir

Pasir merupakan partikel-partikel batuan yang lolos saringan no. 4 (4,75 mm) dan tertahan dalam saringan no. 200 (0,075 mm), dengan pembagian sebagai berikut:

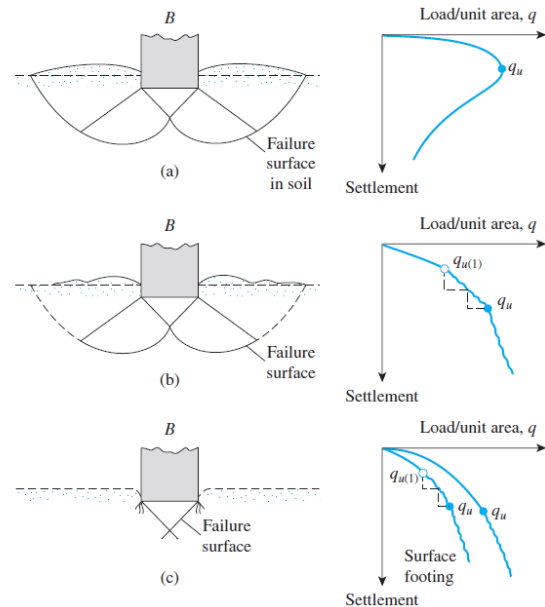
1. Pasir kasar: butirannya lolos saringan no. 4 (4,75 mm) dan tertinggal dalam saringan no. 10 (2 mm).
2. Pasir medium: butirannya lolos saringan no. 10 (2 mm) dan tertahan dalam saringan no. 40 (0,425 mm).
3. Pasir halus: butirannya lolos saringan no. 40 (0,425 mm) dan tertahan dalam saringan no. 200 (0,075 mm).

Geogrid

Geogrid merupakan jenis geosintetik yang berbentuk jaring (web) dengan jala (mesh) terbuka. Fungsi utama dari geogrid adalah sebagai perkuatan. Geogrid dibentuk oleh jaring-jaring yang teratur dan saling terhubung satu sama lainnya yang mempunyai bukaan dengan ukuran tertentu, sehingga saling mengunci (*interlock*) dengan bahan-bahan pengisi di sekelilingnya seperti tanah, batuan ataupun struktur lain disekitarnya. Kelebihan dari penggunaan geogrid antara lain kekuatan tarik yang tinggi, pelaksanaan yang cepat, pemasangan yang mudah dan harga geogrid yang lebih murah dibandingkan beton, dan jenis elemen penutup lapisan luar jika dipergunakan untuk dinding penahan dapat dibuat dalam bermacam-macam bentuk, sehingga memungkinkan terciptanya permukaan dinding penahan yang mempunyai nilai estetika. Jenis-jenis geogrid diantaranya: geogrid uniaksial, geogrid biaksial, dan geogrid triaksial.

Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi

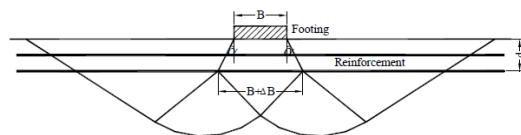
Mekanisme keruntuhan pondasi tanpa perkuatan dibagi menjadi 3 macam, yaitu: keruntuhan geser umum (*general shear failure*), keruntuhan geser lokal (*local shear failure*), dan keruntuhan penetrasi (*penetration failure* atau *punching shear failure*).



Gambar 1. Macam keruntuhan pondasi

- (a) Keruntuhan geser umum
- (b) Keruntuhan geser lokal
- (c) Keruntuhan penetrasi

Sementara untuk mekanisme keruntuhan dibawah pondasi dengan perkuatan dikenal sebagai mekanisme kegagalan *wide-slab*. Nilai daya dukung tanah dipengaruhi dengan kedalaman pondasi dan letak perkuatan, dimana keruntuhan baru akan terjadi dibawah perkuatan. Ketika mencapai beban ultimit, kegagalan tanah yang terjadi di asumsikan sebesar $B + \Delta B$ pada kedalaman d , dimana ΔB adalah penambahan dari lebar pondasi akibat dari perkuatan yang berasal dari $2d \tan \alpha$ (α adalah sudut akibat distribusi tegangan yang disebabkan oleh keruntuhan wide slab).



Gambar 2. Tipe keruntuhan wide slab pada tanah dengan perkuatan geogrid di pondasi dangkal

Bearing Capacity Improvement (BCI)

Bearing Capacity Improvement (BCI) yaitu perbandingan rasio yang membandingkan daya dukung tanah saat diberi perkuatan dengan daya dukung tanah tanpa diberi perkuatan. Nilai BCI dapat ditentukan berdasarkan dua hal, yaitu daya dukung pada saat ultimit atau BCI_u dan daya dukung pada penurunan yang sama atau BCI_s. Besarnya rasio tersebut dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$BCI = \frac{q}{q_0} \dots\dots\dots(1)$$

dimana,
 BCI = Bearing Capacity Improvement
 q = daya dukung dengan perkuatan
 q₀ = daya dukung tanpa perkuatan

Kriteria Penentuan Beban Ultimit

Kapasitas daya dukung ultimit atau dikenal dengan istilah *ultimate bearing capacity* (q_{ult}) merupakan beban maksimum persatuan luas dimana tanah masih mampu mendukung beban dengan tanpa mengalami keruntuhan. Dengan mengetahui jenis keruntuhan yang terjadi, maka kriteria penentuan beban ultimit dapat diketahui. Beberapa indikasi tercapainya keruntuhan, selain mengacu pada bentuk grafik pola keruntuhannya, dapat pula terjadi perubahan bentuk tanah yang berupa pengembangan kolom tanah tepat di bawah dasar pondasi ke arah lateral dan penurunan permukaan di sekitar pondasi, dan terdapat retakan lokal atau geseran tanah di sekeliling pondasi.

METODE PENELITIAN

Pengujian Dasar

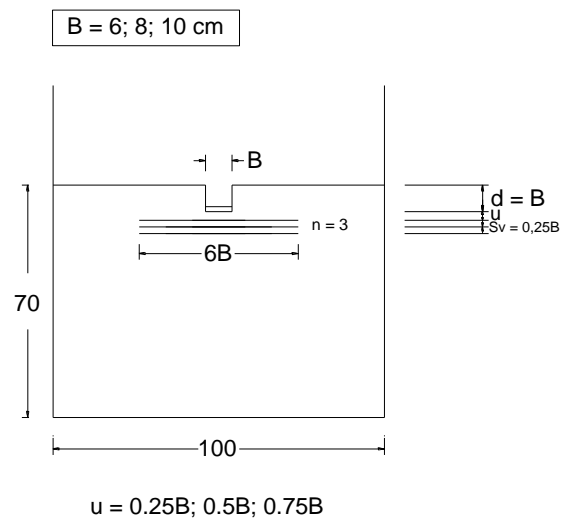
Pengujian dasar yang dilakukan pada tanah pasir diantaranya:

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

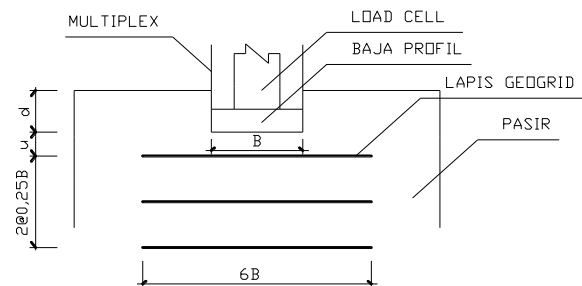
Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

Percobaan ini dibuat 9 buah benda uji dengan 3 variasi lebar pondasi dan 3 variasi jarak lapis geogrid teratas untuk pondasi menerus yang diletakkan di tanah pasir dengan Rc 85%. Pengujian

dilakukan ditengah *box* penelitian. Perlakuan pengujian menggunakan jumlah lapis geogrid berjumlah 3 dan rasio d/B sama dengan 1. Guna mengukur besarnya beban yang diterima tanah digunakan *load cell*. Untuk memastikan beban sudah terletak di tengah pondasi dan tidak mengalami momen, dilakukan pengecekan dengan *waterpass*. Uji pembebanan dengan dongkrak hidrolik. Pembebanan dilakukan bertahap tiap 50 kg hingga beban tidak dapat ditambahkan lagi atau hingga pondasi mengalami keruntuhan. Pondasi terbuat dari baja sehingga di anggap rigid. Besarnya beban dan penurunan dapat dibaca melalui *LVDT*.



Gambar 3. Model tes penelitian



Gambar 4. Susunan 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 lebar pondasi dan jarak lapis geogrid teratas. Selanjutnya dihitung besarnya nilai daya dukung tanah dengan persamaan berikut:

$$q_u = \frac{P_u}{A} \dots\dots\dots(2)$$

dimana,

P_u = beban maksimum yang dicatat saat uji

pembebanan

A = luasan pondasi

Setelah diketahui besarnya daya dukung yang terjadi, dilakukan analisis BCI untuk mengetahui besarnya peningkatan akibat perkuatan geogrid.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Dasar

Dari pengujian dasar tanah pasir, didapatkan hasil sebagai berikut :

- Analisis Gradasi Butiran Tanah**
Berdasarkan sistem klasifikasi *Unified* (U.S.C.S) dapat disimpulkan bahwa tanah termasuk ke dalam golongan SP (*Poorly Graded Sand*), yaitu pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.
- Analisis *Specific Gravity***
Didapatkan nilai *specific gravity* sebesar 2,648.
- Pemeriksaan Kepadatan Tanah**
Berdasarkan pengujian kepadatan standar (*compaction*) didapatkan nilai berat isi kering (γ_d) maksimum sebesar 1,801 gr/cm³ dengan kadar air optimum (OMC) sebesar 13,038%. Pada penelitian ini digunakan kepadatan relative (R_c) 85% dengan kepadatan tanah model (γ_{lap}) sebesar 1,531 gr/cm³.
- Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*)**
Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh nilai sudut geser dalam tanah (ϕ) sebesar 43,15° dan nilai kohesi (c) sebesar 0 kg/cm²

Analisis Daya Dukung Tanah Pasir Tanpa Perkuatan

Dari hasil eksperimen yang sudah dilakukan pada tanah pasir tanpa perkuatan, diperoleh hasil berupa daya dukung dan penurunan sebagai berikut.

Tabel 1. Nilai Daya Dukung Tanah Pasir Tanpa Perkuatan Hasil Eksperimen

Variabel Terikat	Variabel Bebas	Penurunan (mm)	s/B (%)	qu (kN/m ²)
d/B = 1	B = 6	4,393	7,329	172,743
	B = 8	7,935	9,919	173,177
	B = 10	4,933	4,933	180,417

Analisis Daya Dukung Tanah Pasir Dengan Perkuatan

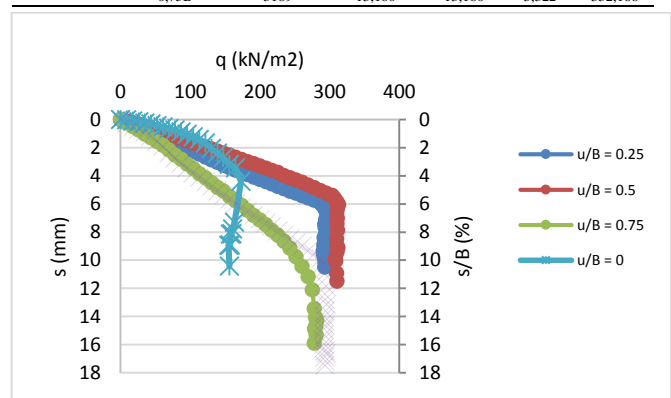
Dari hasil eksperimen yang sudah dilakukan pada tanah pasir dengan perkuatan, diperoleh hasil berupa daya dukung dan penurunan sebagai berikut.

Tabel 2. Nilai Daya Dukung Tanah Pasir Hasil Eksperimen dengan Perkuatan Variasi Lebar Pondasi

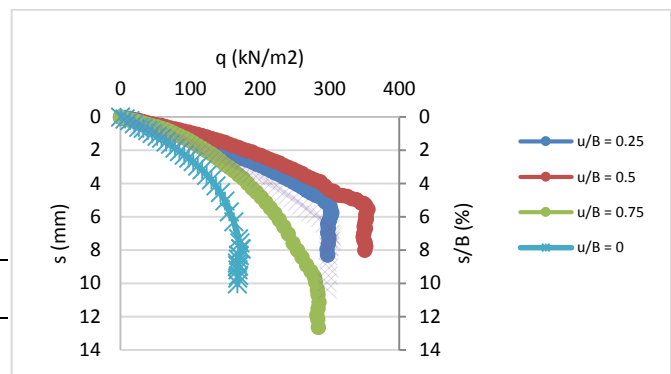
Jarak Lapis Geogrid Teratas (u)	Lebar Pondasi (B)	Beban (kg)	Penurunan (mm)	s/B (%)	qu (kg/cm ²)	qu (kN/cm ²)
0,25B	6	1709	6,703	11,171	2,967	296,701
	8	2330	5,758	7,197	3,034	303,385
	10	3250	3,975	3,975	3,385	338,542
0,5B	6	1801	6,053	10,088	3,127	312,674
	8	2728	5,540	6,925	3,552	355,208
	10	4120	5,120	5,120	4,292	429,167
0,75B	6	1621	14,280	23,800	2,814	281,424
	8	2186	11,133	13,916	2,846	284,635
	10	3189	13,180	13,180	3,322	332,188

Tabel 3. Nilai Daya Dukung Tanah Pasir Hasil Eksperimen dengan Perkuatan Variasi Jarak Lapis Geogrid Teratas

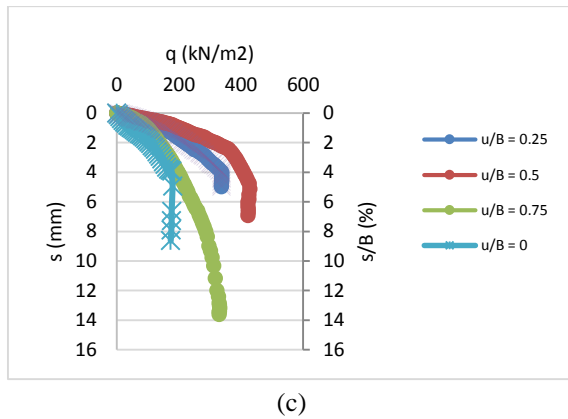
Lebar Pondasi (B)	Jarak Lapis Geogrid Teratas (u)	Beban (kg)	Penurunan (mm)	s/B (%)	qu (kg/cm ²)	qu (kN/cm ²)
6	0,25B	1709	6,703	11,171	2,967	296,701
	0,5B	1801	6,053	10,088	3,127	312,674
	0,75B	1621	14,280	23,800	2,814	281,424
8	0,25B	2330	5,758	7,197	3,034	303,385
	0,5B	2728	5,540	6,925	3,552	355,208
	0,75B	2186	11,133	13,916	2,846	284,635
10	0,25B	3250	3,975	3,975	3,385	338,542
	0,5B	4120	5,120	5,120	4,292	429,167
	0,75B	3189	13,180	13,180	3,322	332,188



(a)



(b)



Gambar 5. Hubungan q_u dan penurunan pada tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan: (a) lebar pondasi (B) 6 cm; (b) lebar pondasi (B) 8 cm; (c) lebar pondasi (B) 10 cm

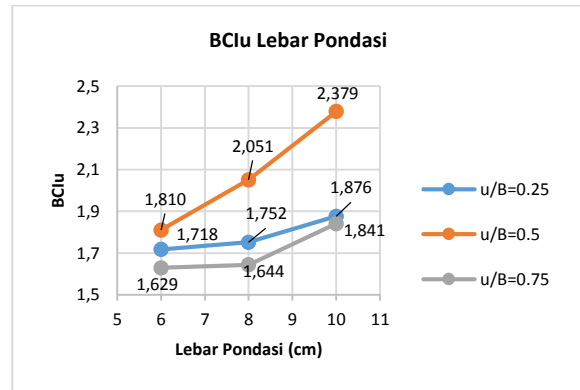
Pada tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan, pola penurunannya terlihat tidak konsisten, dimana untuk $B = 6$ cm polanya berbeda dengan $B = 8$ cm dan $B = 10$ cm. Namun jika dilihat dari beban runtuhnya ketiganya mempunyai pola yang sama, dimana untuk variasi lebar pondasi, semakin besar lebar pondasi maka semakin besar pula beban runtuhnya, sementara untuk variasi jarak lapis geogrid teratas ketiganya mempunyai nilai optimum pada $u = 0,5B$.

Analisis *Bearing Capacity Improvement* Berdasarkan Daya Dukung Ultimit (BCI_u)

Berdasarkan pengujian pembebanan yang telah dilakukan pada setiap variasi lebar pondasi untuk pemodelan tanah pasir, maka didapatkan nilai *Bearing Capacity Improvement* (BCI_u) seperti pada Tabel 4. berikut dan grafik perbandingan nilai BCI_u untuk variasi lebar pondasi ditunjukkan pada Gambar 6.

Tabel 4. Nilai BCI_u untuk Variasi Lebar Pondasi

Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B)	Lebar Pondasi (cm)	q_u Tanpa Perkuatan (kN/m ²)	q_u Dengan Perkuatan (kN/m ²)	BCI_u
0,25	6	172,743	296,701	1,718
	8	173,177	303,385	1,752
	10	180,417	338,542	1,876
0,5	6	172,743	312,674	1,810
	8	173,177	355,208	2,051
	10	180,417	429,167	2,379
0,75	6	172,743	281,424	1,629
	8	173,177	284,635	1,644
	10	180,417	332,188	1,841



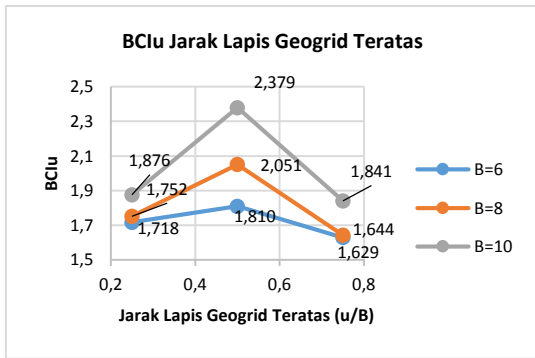
Gambar 6. Perbandingan nilai BCI_u untuk variasi lebar pondasi

Dapat dilihat dari Tabel 4. dan Gambar 6., bahwa semakin besar lebar pondasi, maka nilai daya dukung akan semakin besar pula. Nilai BCI_u maksimum pada penelitian ini diperoleh saat model tanah pasir dengan lebar pondasi (B) 10 cm dan jarak lapis geogrid teratas (u) sebesar $0,5B$, yaitu sebesar 2,379.

Sementara itu untuk setiap variasi jarak lapis geogrid teratas, maka didapatkan nilai *Bearing Capacity Improvement* (BCI_u) seperti pada Tabel 5. berikut dan grafik perbandingan nilai BCI_u untuk variasi jarak lapis geogrid teratas ditunjukkan pada Gambar 7.

Tabel 5. Nilai BCI_u untuk Variasi Jarak Lapis Geogrid Teratas

Lebar Pondasi (cm)	Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B)	q_u Tanpa Perkuatan (kN/m ²)	q_u Dengan Perkuatan (kN/m ²)	BCI_u
6	0,25	172,743	296,701	1,718
	0,5	172,743	312,674	1,810
	0,75	172,743	281,424	1,629
8	0,25	173,177	303,385	1,752
	0,5	173,177	355,208	2,051
	0,75	173,177	284,635	1,644
10	0,25	180,417	338,542	1,876
	0,5	180,417	429,167	2,379
	0,75	180,417	332,188	1,841



Gambar 7. Perbandingan nilai BCIu untuk variasi jarak lapis geogrid teratas

Dapat dilihat dari Tabel 5. dan Gambar 7., bahwa pada variasi jarak lapis geogrid teratas didapatkan nilai optimum pada saat $u = 0,5B$. Nilai BCIu maksimum pada penelitian ini diperoleh saat model tanah pasir dengan lebar pondasi (B) 10 cm dan jarak lapis geogrid teratas (u) sebesar $0,5B$, yaitu sebesar 2,379.

Pengaruh Lebar Pondasi dan Jarak Lapis Geogrid Teratas Terhadap Nilai Daya Dukung

Dari hasil yang didapatkan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, pada variasi lebar pondasi apabila ditinjau dari beban ultimit yang bekerja didapatkan bahwa semakin besar lebar pondasi yang digunakan maka nilai daya dukungnya akan semakin besar pula. Sedangkan untuk variasi jarak lapis geogrid teratas, jika ditinjau pada beban ultimitnya didapatkan nilai optimum pada $u = 0,5B$. Sehingga pada penelitian ini yang menghasilkan nilai daya dukung paling besar adalah variasi lebar pondasi 10 cm dengan jarak lapis geogrid teratas sebesar $0,5B$. Variasi tersebut juga menghasilkan nilai BCIu yang paling besar.

Penurunan yang terjadi pada model tanah pasir dengan perkuatan bervariasi, dimana pada lebar pondasi 6 cm penurunan cenderung lebih besar jika dibandingkan dengan pemodelan tanpa perkuatan ketika beban yang sama. Mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altahe (2013), besarnya penurunan pada tanah dengan perkuatan dibanding tanah tanpa perkuatan disebabkan tanah yang terkekang di antara lapisan geogrid mengalami kegagalan tarik terlebih dahulu sebelum mengalami geser. Hal ini disebabkan karena jarak antar lapisan geogrid yang terlalu dekat. Selain itu, faktor kepadatan tanah dan kinerja geogrid yang belum bekerja sepenuhnya di awal dapat pula mempengaruhi. Sementara pada perkuatan tanah pasir dengan lebar pondasi 8 cm dan 10 cm,

penurunan yang terjadi cenderung lebih kecil dibandingkan pemodelan pada tanah pasir tanpa perkuatan ketika beban yang sama bekerja.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan variasi lebar pondasi (B) sebesar 6 cm, 8 cm, dan 10 cm serta jarak lapis geogrid teratas (u) sebesar $0,25B$; $0,5B$; dan $0,75B$ pada tanah pasir R_c 85% dengan variabel tetap yaitu rasio kedalaman terhadap lebar pondasi (d/B) sebesar 1 dan jumlah lapis geogrid (n) sebanyak 3, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya dukung ultimit tanah pasir tanpa perkuatan nilainya lebih kecil dibandingkan tanah pasir dengan perkuatan, sehingga dengan adanya perkuatan geogrid terjadi peningkatan daya dukung pada pemodelan tanah pasir.
2. Berdasarkan variasi lebar pondasi dapat disimpulkan bahwa semakin besar lebar pondasi yang digunakan, maka akan semakin besar pula nilai daya dukung ultimitnya.
3. Berdasarkan variasi jarak lapis geogrid teratas dapat disimpulkan bahwa jarak optimum yang menghasilkan daya dukung ultimit terbesar yaitu pada jarak $0,5B$.
4. Dapat dilihat dari hasil analisis BCIu bahwa nilai daya dukung tanah pasir dengan perkuatan geogrid yang menghasilkan nilai paling maksimum terdapat pada lebar pondasi (B) 10 cm dan jarak lapis geogrid teratas (u) $0,5B$.

SARAN

Dalam penelitian ini sangat dibutuhkan ketelitian, waktu dan tempat yang memadai, serta metode pelaksanaan yang baik dan sesuai untuk dapat meminimalisir kesalahan sehingga tercapai hasil yang maksimal. Beberapa saran untuk penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut.

1. Dalam pelaksanaan pemadatan pada tanah pasir, diperlukan pelaksanaan pekerjaan yang baik dan merata pada seluruh bidang yang dipadatkan dikarenakan jika didapati kualitas pemadatan yang kurang baik akan mengakibatkan hasil pengujian berupa qu dan penurunan menjadi kurang sempurna dan tidak konsisten.
2. Diperlukan pula ketelitian dalam kontrol kadar air sehingga didapatkan nilai yang mendekati nilai acuan penelitian.

3. Perlu diperhatikan perletakan geogrid yang sesuai dengan jarak yang telah ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, Q. 2007. An Experimental Study on Characteristics and Behavior of Reinforced Soil Foundation. *Disertasi*. Tidak dipublikasikan. China: Tongji University.
- Das, B.M. 2011. *Principles of Foundation Engineering Seventh Edition*. Stamford: Cengage Learning.
- Hardiyatmo, H.C. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Indrawahyuni, H., Suroso, Suyadi, W., & Zaika, Y. 2012. Pengaruh Perkuatan Pile Terhadap Daya Dukung Pada Pemodelan Fisik Lereng Tanah Pasir. *Jurnal Rekayasa Sipil*. 6 (3):1978-5658.
- Isparmo. 2011. Geogrid, Definisi dan Fungsi. (<http://geotextile.web.id/geogrid-definisi-dan-fungsi.html>), diakses pada 11 februari 2016.
- Taha, M. R. & Altalhe, E. B. 2013. Numerical and Experimental Evaluation of Bearing Capacity Factor $N\gamma$ of Strip Footing on Sand Slopes. *International Journal of Physical Sciences*. 8 (36): 1807 – 1823.