

**PENGARUH JARAK LAPIS GEOGRID TERATAS DAN  
KEDALAMAN PONDASI TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH  
PASIR DENGAN KEPADATAN  $R_c = 70\%$  PADA PONDASI  
MENERUS DENGAN PERKUATAN GEOGRID TIPE BIAKSIAL**

**NASKAH TERPUBLIKASI**

**TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh  
gelar sarjana teknik



**FADEL MUHAMMAD H.**

**NIM. 135060107111007**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2017**

# PENGARUH JARAK LAPIS GEOGRID TERATAS DAN KEDALAMAN PONDASI TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH PASIR DENGAN KEPADATAN $R_c = 70\%$ PADA PONDASI MENERUS DENGAN PERKUATAN GEOGRID TIPE BIAKSIAL

Fadel Muhammad H., Eko Andi Suryo, As'ad Munawir  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya  
Jalan Mayjen Haryono 167 Malang 65145 – Telp (0341) 567886  
Email: fadelmh@gmail.com

## ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada tanah pasir RC 70%. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh – pengaruh pondasi menerus yang diletakkan pada tanah pasir dengan perkuatan geogrid tipe biaksial dengan rasio kedalaman pondasi dan jarak lapis geogrid teratas terhadap daya dukung tanah pasir. Yang dimana hasil dari pondasi menerus dengan perkuatan akan dibandingkan dengan pondasi tanpa perkuatan. Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah pengaruh kedalaman pondasi ( $d$ ) dan pengaruh efek letak lapisan geogrid teratas ( $u$ ) terhadap daya dukung ultimit dan penurunan pada pondasi menerus. Uji model yang dilakukan di laboratorium menggunakan 1 lapis perkuatan geogrid dengan lebar pondasi 8 cm. Rasio yang digunakan adalah variasi rasio  $d/B$  sebesar 0; 0,5; 1 dan variasi rasio  $u/B$  sebesar 0,25; 0,5; 0,75. didapatkan hasil bahwa nilai daya dukung ultimit tertinggi pada rasio  $d/B$  tertinggi akan tetapi nilai BCIu tertinggi pada  $d/B=0$ . Sementara untuk variasi  $u/B$  didapatkan nilai optimum pada penelitian ini adalah pada  $u/B=0,5$ , karena pada  $u/B=0,5$  mengalami penurunan nilai BCIu.

**Kata kunci:** daya dukung, tanah pasir, *bearing capacity improvement*, pondasi menerus, geogrid, variasi kedalaman pondasi, variasi jarak lapis geogrid teratas.

## ABSTRACT

*Test conducted on this study was done on RC 70% sand. This study was conducted to find out the effect of strip footing which was placed on sand with geogrid reinforcement biaxial type with footing depth ratios and top layer geogrid distance to bearing capacity of the sand. The result of strip footing with reinforcement would be compared to footing without reinforcement. Parameters observed in this study were the effect of footing depth ( $d$ ) and the effect of the location of geogrid top layer ( $u$ ) to ultimate bearing capacity and the decrease on strip footing. Model test conducted in laboratory using 1 layer of geogrid reinforcement with footing width 8 cm. The ratio used was ratio variation  $d/B$  0; 0,5; 1 and ratio variation  $u/B$  0,25; 0,5; 0,75. it was found that the highest value of ultimate bearing capacity was in highest  $d/B$  ratio but the highest BCIu value was at  $d/B=0$ . While for the variation of  $u/B$ , obtained the optimum value in this study was at  $u/B=0,5$ , because at  $u/B=0,5$ , the value of BCIu was decreased.*

**Key words:** *bearing capacity, sand soil, bearing capacity improvement, strip footing, geogrid, footing depth variation, top layer geogrid distance variation.*

## PENDAHULUAN

Tanah apabila berada pada kondisi kepadatan dan kadar air tertentu akan memiliki kekuatan yang cukup untuk menopang struktur di atasnya, khususnya apabila bebannya merupakan beban kompresi atau tekan (Pontjo,2004). Untuk tanah pasir sendiri memiliki sifat jika tanah pasir dibebani suatu beban maka penurunan tanah pasir akan berlangsung cepat dan penurunan pada tanah pasir berlangsung hampir

serentak dengan selesainya beban yang bekerja diatas tanah tersebut. Tetapi hal ini akan berbahaya jika tanah pasir tidak memiliki kepadatan dan kadar air yang cukup sehingga tidak cukup kuat untuk menahan beban di atasnya seperti menimbulkan pergeseran partikel partikel tanah dan menyebabkan penurunan yang cukup besar. Maka perlu diadakannya perbaikan tanah dengan memasang geogrid.

Penelitian mengenai perbaikan tanah dengan geogrid pada pondasi dangkal sudah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. C.R.Patra, B.M.Das, dan C.Atalar pada tahun 2005 telah melakukan penelitian mengenai pengaruh geogrid pada tanah pasir untuk pondasi menerus terhadap kedalaman pondasi ( $df$ ) yang dimana lebar ( $B$ ) pondasi divariasikan mulai nol sampai  $B$ , untuk banyak lapisan geogrid ( $N$ ) dipakai mulai dari 0 sampai 4 lapisan, dan untuk lapisan teratas ( $u$ ), jarak lapis geogrid ( $h$ ), panjang lapisan geogrid ( $b$ ) dibuat sama terhadap lebar pondasi ( $B$ ). dari penelitian tersebut didapatkan bahwa mulai dari  $df/B=0$  hingga  $df/B=1$  selalu mengalami peningkatan daya dukung tanah pada tanah pasir. Jadi pengaruh kedalaman pondasi saat berpengaruh pada daya dukung tanah pasir yang sudah dilapisi oleh geogrid.

Pontjo Utomo (2004) juga telah melakukan penelitian dengan membandingkan hasil pengujian pembebanan pada pondasi dangkal berbentuk lajur dan bujur sangkar yang berada diatas tanah pasir yang diperkuat dengan geogrid. Pada penelitian tersebut parameter yang diteliti meliputi pengaruh letak lapisan atas geogrid teratas ( $u$ ), pengaruh spasi geogrid ( $z$ ), dan pengaruh letak lapisan terbawah ( $d$ ). Dari penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa untuk pengaruh letak lapisan atas geogrid teratas ( $u$ ) model pondasi bujur sangkar maupun pondasi menerus mengalami daya dukung maksimum pada  $u/B = 0,25-0,5$  ( $B =$  Lebar pondasi). Untuk pengaruh pengaruh spasi geogrid ( $z$ ) mengalami daya dukung maksimum pada  $z/B=0,5$  untuk pondasi bujur sangkar dan  $z/B= 0,25$ . Sedangkan untuk pengaruh lapisan terbawah ( $d$ ) pada model pondasi bujur sangkar dan menerus mengalami daya dukung maksimum pada nilai  $d/B= 1,5$ .

Berdasarkan penelitian dengan hasil dan variabel tersebut, maka dilakukan penelitian lanjut mengenai pengaruh jarak lapis geogrid teratas dan rasio  $d/B$  terhadap daya dukung tanah pasir pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid tipe biaksial pada  $RC=70\%$ .

## TUJUAN

Pengaruh variasi rasio jarak lapis geogrid teratas terhadap lebar pondasi ( $u/B$ ) dan variasi rasio kedalaman pondasi terhadap lebar pondasi ( $d/B$ ). Juga untuk mendapatkan nilai optimum pada dua variasi tersebut.

## KAJIAN PUSTAKA

### Pola Keruntuhan Pondasi Tanpa Perkuatan

Ada 3 (tiga) jeni pola keruntuhan yang disebutkan oleh vesic pada tahun 1963, diantaranya adalah :

1. Keruntuhan geser umum (*general shear failure*)
2. Keruntuhan geser lokal (*local shear failure*)
3. Keruntuhan penetrasi (*penetration failure* atau *punching shear failure*)

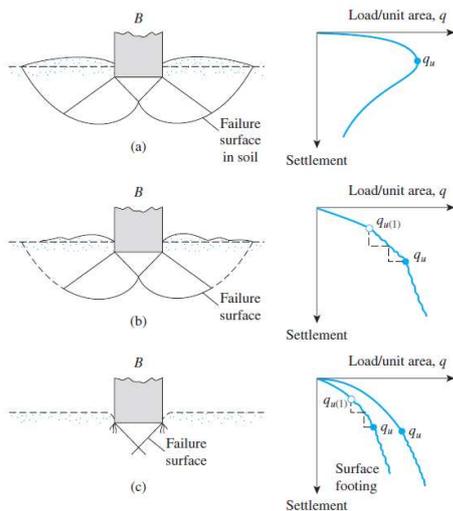
**Gambar 1.** Menjelaskan mekanisme pola keruntuhan pada pondasi tanpa perkuatan.

### Geogrid

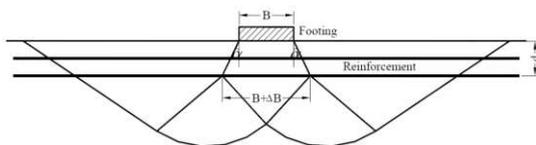
Geogrid terbuat dari bahan *polymer* yang dirajut dengan benang atau dilas dari sebuah bahan untuk membentuk sebuah pola lembaran lalu dibentangkan ke grid (Capaccio dan Ward, 1974). Geogrid adalah jenis geosintetik yang berbentuk jaring (web) terbuka. Fungsi geogrid yang utama adalah sebagai perkuatan.

### Pola Keruntuhan Pondasi dengan Perkuatan

Schlosser et al (1983) mengekemukakan bahwa Keruntuhan tanah dengan perkuatan pada pondasi didasarkan pada mekanisme kegagalan wide-slab. 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.** 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  $\alpha$  adalah sudut keruntuhan yang terjadi. Untuk menentukan kedalaman dari perkuatan diberikan rumus,  $d = u + (N-1) h$ . Dimana  $u$  adalah jarak antara bawah pondasi dan geogrid teratas dan  $h$  adalah jarak antar geogrid



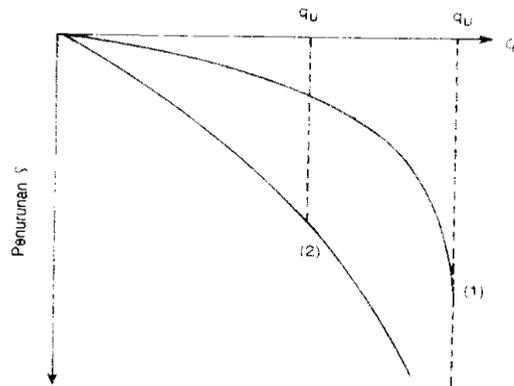
**Gambar 1.** Macam keruntuhan pondasi (Vesic,1963)  
 (a) Keruntuhan geser umum  
 (b) Keruntuhan geser pelat  
 (c) Keruntuhan penetrasi



**Gambar 2.** Mekanisme kegagalan wide-slab pada tanah dengan perkuatan untuk pondasi

### Kriteria Beban Ultimit

Yang dimaksud dengan kapasitas dukung ultimit (*ultimate bearing capacity*) ( $q_u$ ) adalah beban maksimum persatuan luas di mana tanah masih mampu mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan tanah. Kondisi keruntuhan tanah dapat dilihat pada kurva penurunan-beban yang ditunjukkan pada **Gambar 3**. Kurva 1 menunjukkan kondisi keruntuhan geser umum (*general shear failure*). Saat beban ultimit tercapai, tanah melewati fase kedudukan keseimbangan plastis. Kondisi ini umumnya terjadi pada tanah padat. Sementara kurva 2 menunjukkan kondisi keruntuhan geser lokal (*local shear failure*). Pada kondisi tersebut, keruntuhan terjadi sebelum keseimbangan plastis termobilisasi dan umumnya terjadi pada tanah yang tidak padat atau tanah lunak.



**Gambar 3.** Kurva penurunan-beban

## METODE PENELITIAN

### Pengujian Dasar

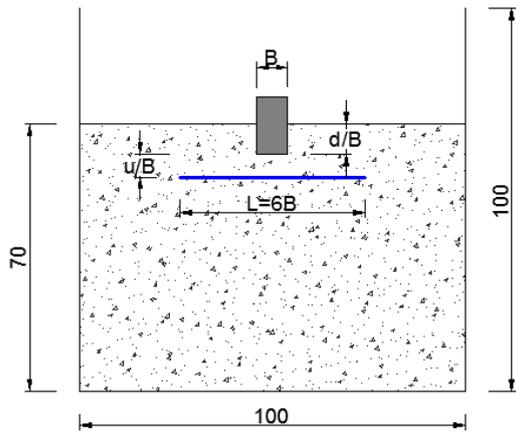
Pengujian dasar dilakukan terhadap tanah pasir, yaitu:

- Pemeriksaan *grain size* menurut ASTM C-136-46
- Pemeriksaan *specific gravity* menurut ASTM D-854-58
- Pemeriksaan kepadatan standar (compaction) menurut ASTM D-698-70 metode B
- Pemeriksaan *direct shear* menurut ASTM D-3080-72

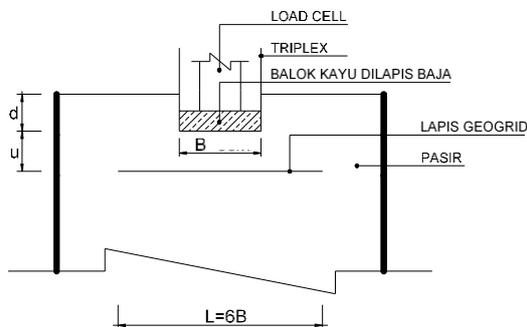
### Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

Penelitian ini dilakukan menggunakan 9 benda uji dengan 3 variasi jarak lapis geogrid teratas ( $u$ ) dan 3 variasi kedalaman pondasi ( $d$ ) yang diletakkan pada tanah pasir dengan  $R_c$  70% dimana pondasi yang digunakan adalah pondasi menerus. Variasi  $u/B$  yang digunakan adalah 0; 0,5; dan 1, sementara untuk  $d/B$  variasi yang digunakan adalah 0,25B; 0,5B; dan 0,75B. Lebar pondasi ( $B$ ) yang digunakan adalah 8 cm dan jumlah lapisan ( $n$ ) yang digunakan adalah 1 (satu). Perlakuan benda uji ditunjukkan pada **Gambar 4**.

Uji pembebanan dilakukan dengan menggunakan dongkrak hidrolik. Pembebanan dilakukan secara bertahap tiap 50 kg hingga beban tidak dapat ditambahkan lagi atau tanah telah mengalami keruntuhan. Detail pembebanan benda uji ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Gambar 4. Detail perlakuan benda uji



Gambar 5. Detail pembebanan benda uji

### Metode Analisis Data

Berdasarkan hasil uji pembebanan didapat data beban dan penurunan yang terjadi pada tanah pasir tanpa perkuatan geogrid dan pada tanah pasir dengan perkuatan geogrid yang divariasikan pada nilai  $d/B$  dan  $u$ . Daya dukung tanah dapat ditentukan dengan metode menentukan penurunan pondasi dengan membatasi nilai dari penurunan tersebut sebesar 10% dari lebar pondasi. Briaud dan Jeanjean (1994) menamakan metode ini adalah "0,1B Method" (Lutenegger and Adams, 1998).

Setelah didapat nilai daya dukung, data tersebut dijadikan dasar untuk pembuatan grafik hubungan antara penurunan dan daya dukung tanah. Pengaruh perkuatan geogrid terhadap tanah pasir pada pondasi telapak dapat diketahui dengan perhitungan BCI yang diperoleh berdasarkan Persamaan 1.

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

dimana:

BCI = Bearing Capacity Improvement

$q$  = Daya dukung tanah dengan perkuatan geogrid

$q_0$  = Daya dukung tanah tanpa perkuatan

### PEMBAHASAN

#### Analisis Daya Dukung Tanah Pasir Tanpa Perkuatan

Dari uji pembebanan yang telah dilakukan pada eksperimen di laboratorium dihasilkan nilai daya dukung tanah pasir tanpa perkuatan geogrid yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Pembebanan Tanpa Perkuatan

Variabel Terikat	Variabel Bebas	$q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )
B = 8 cm	$d/B = 0$	58,785
	$d/B = 0,5$	85,253
	$d/B = 1$	94,794

#### Analisis Daya Dukung Tanah Pasir Dengan Perkuatan

Dari uji pembebanan yang telah dilakukan pada eksperimen di laboratorium dihasilkan nilai daya dukung tanah pasir dengan perkuatan geogrid yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Uji Pembebanan Dengan Perkuatan variasi  $u/B$

Rasio $d/B$	Rasio $u/B$	Beban (kg)	$q_u$ (kg/c m <sup>2</sup> )	$q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )
0	0,25	610,813	0,848	84,835
	0,5	685,761	0,953	95,245
	0,75	510,526	0,709	70,906
0,5	0,25	722,487	1,003	100,345
	0,5	891,580	1,238	123,831
	0,75	644,444	0,895	89,506
1	0,25	895,255	1,243	124,341
	0,5	1076,977	1,496	149,580
	0,75	798,404	0,111	110,889

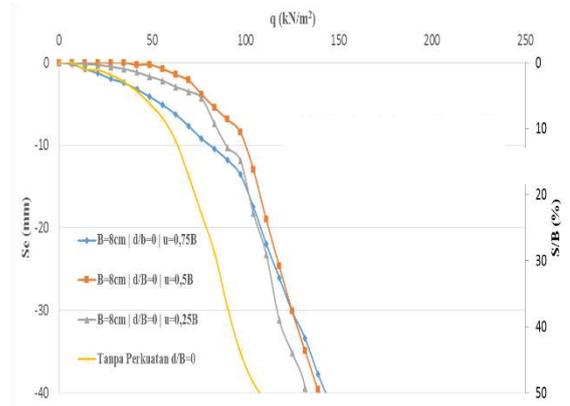
Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hasil bahwa untuk variabel  $u/B$  terhadap  $d/B$ , peningkatan nilai daya dukung terjadi pada  $u/B$  0,25 menuju 0,5, sedangkan nilai daya dukung  $u/B$  0,5 menuju 0,75 mengalami penurunan nilai daya dukung. Daya dukung paling besar yang terjadi pada  $d/B=1$  dengan  $u/B=0,5$  dengan nilai 149,580 kN/m<sup>2</sup>. Untuk nilai  $u/B=0,5$  merupakan nilai optimum dari variabel tersebut.

**Tabel 2. Hasil Uji Pembebanan Dengan Perkuatan variasi d/B**

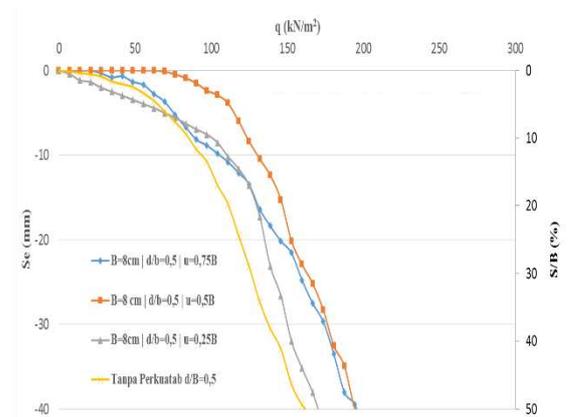
Rasio $u/B$	Rasio $d/B$	Beban (kg)	$q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )
0,25	0	610,813	0,848	84,835
	0,5	722,487	1,003	100,345
	1	895,255	1,243	124,341
0,5	0	685,761	0,953	95,245
	0,5	891,580	1,238	123,831
	1	1076,977	1,496	149,580
0,75	0	510,526	0,709	70,906
	0,5	644,444	0,895	89,506
	1	798,404	0,111	110,889

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hasil bahwa untuk variabel  $d/B$  terhadap  $u/B$ , bisa dilihat bahwa semakin dalam nilai  $d/B$  semakin besar pula nilai daya dukung yang dihasilkan. Pada variabel  $d/B$  nilai yang paling besar pada  $u/B = 0,5$  dengan  $d/B = 1$  sebesar 149,580 kN/m<sup>2</sup>.

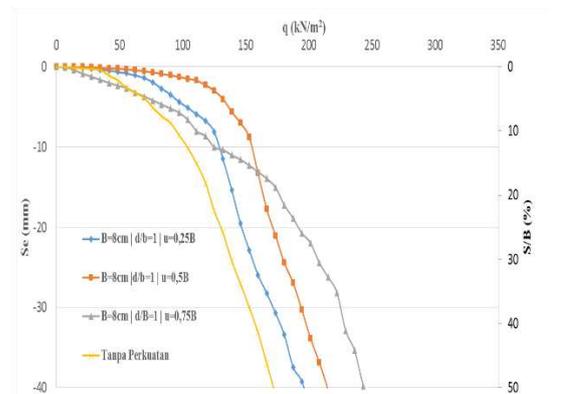
Grafik daya dukung - penurunan tanpa perkuatan dan dengan perkuatan dapat dilihat pada **Gambar 6**. Bahwa yang terjadi pada saat penurunan 10% dari lebar pondasi, nilai daya dukung dengan perkuatan memiliki nilai daya dukung yang lebih besar dari pada nilai daya dukung tanpa perkuatan. Hal ini terjadi karena geogrid sudah bekerja pada saat kerutntuhan pada tanah belum terjadi.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 6.** Grafik Daya Dukung – Penurunan

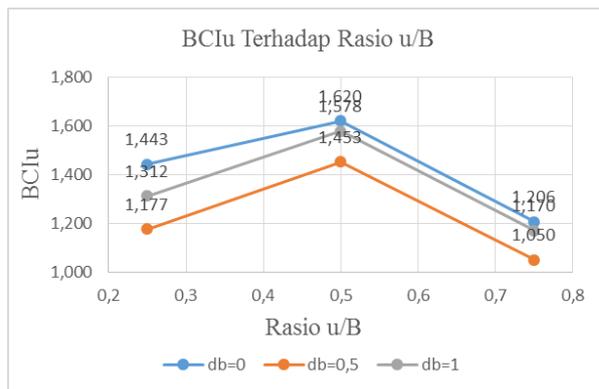
- (a)  $d/B = 0$
- (b)  $d/B = 0,5$
- (c)  $d/B = 1$

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

Perbandingan nilai BCIu untuk variasi rasio  $u/B$  **Tabel 4** dan **Gambar 7**.

**Tabel 4.** Nilai BCiU Variasi Rasio (u/B)

d/B	Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B)		qu Tanpa Perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	qu Dengan Perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	BCiU
	Geogrid	Perkuatan	Perkuatan	Perkuatan	
0	0,25	58,785	84,835	1,443	
	0,5	58,785	95,245	1,620	
	0,75	58,785	70,906	1,206	
0,5	0,25	85,253	100,345	1,177	
	0,5	85,253	123,831	1,452	
	0,75	85,253	89,506	1,050	
1	0,25	94,794	124,341	1,312	
	0,5	94,794	149,580	1,578	
	0,75	94,794	110,889	1,170	



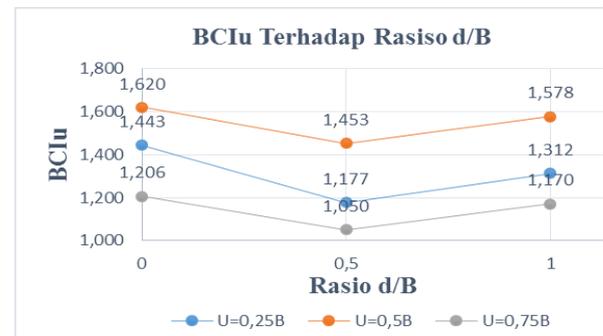
**Gambar 7.** Perbandingan Nilai BCiU untuk variasi rasio u/B

Dapat dijelaskan bahwa untuk nilai BCiU mulai pada  $u=0,25B$  sampai  $u=0,5B$  mengalami kenaikan nilai BCiU, sedangkan pada  $u=0,75B$  nilai BCiU mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan nilai daya dukung pondasi pada  $u=0,5B$  menuju ke  $u=0,75B$  mengalami penurunan nilai daya dukung, itu yang menyebabkan nilai BCiU juga mengalami penurunan. Meskipun nilai untuk BCiU  $u=0,75B$  sendiri nilainya diatas satu. Dan ada kemungkinan juga BCiU yang dihasilkan untuk  $u/B$  diatas 0,75 mengalami peningkatan yang jauh lebih kecil lagi. Nilai BCiU optimum pada penelitian ini diperoleh saat tanah pasir diberi perkuatan geogrid dengan rasio  $u/B=0,5$  dan  $d/B=0$  yaitu sebesar 1,620.

Perbandingan nilai BCiU untuk variasi rasio d/B **Tabel 5** dan **Gambar 8**.

**Tabel 5.** Nilai BCiU Variasi Rasio (d/B)

u/B	d/B	qu Tanpa Perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	qu Dengan Perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	BCiU
0,25	0	58,785	84,835	1,443
	0,5	85,253	100,345	1,177
	1	94,794	124,341	1,312
0,5	0	58,785	95,245	1,620
	0,5	85,253	123,831	1,453
	1	94,794	149,580	1,578
0,75	0	58,785	70,906	1,206
	0,5	85,253	89,506	1,050
	1	94,794	110,889	1,170



**Gambar 8.** Perbandingan Nilai BCiU untuk variasi rasio d/B

Dapat dijelaskan bahwa untuk nilai BCiU pada  $d/B=0,5$  mempunyai nilai BCiU paling rendah diantara nilai BCiU pada  $d/B=0$  dan  $d/B=1$ . Hal ini disebabkan karena nilai daya dukung perkuatan pada  $d/B=0,5$  jika dibandingkan dengan nilai daya dukung tanpa perkuatan hanya mengalami kenaikan yang kurang signifikan seperti pada  $d/B=0$  dan  $d/B=1$ . Untuk nilai  $d/B=0$  mempunyai nilai BCiU yang besar dari pada  $d/B=1$  dan  $d/B=0,5$ . Nilai BCiU optimum pada penelitian ini diperoleh diperoleh saat tanah pasir diberi perkuatan geogrid dengan rasio  $d/B=0$  dan  $u/B=0,5$  yaitu sebesar 1,620.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Daya dukung yang terjadi terhadap tanah pasir tanpa perkuatan geogrid pada pondasi menerus dengan variasi rasio jarak lapisan geogrid teratas dari dasar pondasi ( $u/B$ ) dan variasi rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi

- (d/B) menghasilkan nilai yang lebih kecil dari pada tanah pasir dengan perkuatan geogrid.
2. Untuk variasi jarak lapisan geogrid teratas dari dasar pondasi (u/B) sebesar 0,25; 0,5; dan 0,75, nilai daya dukung tanah meningkat pada u/B=0,25 dan u/B=0,5 dan pada u/B=0,75 mengalami penurunan nilai daya dukung.
  3. Untuk variasi rasio kedalaman pondasi terhadap lebar pondasi (d/B) sebesar 0; 0,5; dan 1, semakin tinggi nilai d/B akan semakin tinggi juga nilai daya dukung ultimit yang dihasilkan,
  4. Berdasarkan hasil penelitian nilai daya dukung maksimum pada variasi d/B adalah semakin besar nilai variasi d/B semakin besar juga nilai daya dukungnya. sementara untuk variasi u/B didapatkan nilai optimum pada penelitian ini adalah pada u=0,5B.

- Shin, E.C. & Das, B.M. 2000. Experimental Study of Bearing Capacity of a Strip Foundation on Geogrid-Reinforced Sand. *Geosynthetics International*. 7(1): 59-71.
- Suroso, As'ad Munawir, dan Herlien Indrawahyuni. 2007. Buku Ajar Teknik Pondasi. Malang: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Utomo, P. 2004. Daya Dukung Ultimit Pondasi Dangkal di Atas Tanah Pasir yang Diperkuat Gogrid. *Civil Engineering Dimension*. 6 (1):15-20.

## SARAN

Untuk mendapatkan hasil yang tepat dan sesuai perlu dilakukan ketelitian pada penelitian ini. Berikut saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Perlu dilakukannya metode pemadatan yang merata dan lebih baik pada seluruh permukaan tanah pasir dikarenakan pemadatan yang kurang baik akan berpengaruh pada tidak konsistennya grafik daya dukung terhadap penurunan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chen, Q. 2007. An Experimental Study on Characteristics and Behavior of Reinforced Soil Foundation. *Disertasi*. Tidak dipublikasikan. China: Tongji University.
- Patra, C.R. 1999. *Ultimate Bearing Capacity of Shallow Foundations on Geogrid-Reinforced Sand*. India: National Institute of Technology.
- Das, B.M. 1999. *Shallow Foundations Bearing Capacity and Settlement*. California: CRC Press LLC.
- Das, B.M. 2011. *Principles of Foundation Engineering Seventh Edition*. Stamford: Cengage Learning.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2009. *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatanan Tanah Dengan Geosintetik*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Huang, C.C. & Menq, F.Y. 1997. Deep Footing and Wide-Slab Effects on Reinforced Sandy Soil. *Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE*. 123(1):30-36.