

Pengujian Daya Dukung Tanah Pasir Dengan Perkuatan Geogrid

Bearing Capacity Testing of Sandy Soil Using Geogrid Reinforcement

Syarifah Sarah Alwiah

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Jl. Kaharuddin Nasution No. 113 Pekanbaru, Riau, Indonesia

* Penulis korespondensi : sarahalwiah@eng.uir.ac.id

Tel.: +62-85227533199 ; fax.: -

Diterima: 17 Maret 2021; Direvisi: 26 April 2021; Disetujui: 27 April 2021.

DOI: 10.25299/saintis.2021.vol21(01).6566

Abstrak

Memperbaiki kondisi tanah merupakan salah satu penyelesaian masalah untuk meningkatkan daya dukung tanah dan memperkecil penurunan. Dengan berkembangnya teknologi dalam bidang geoteknik maka perkuatan tanah dapat dilakukan dengan memasang bahan sintesis seperti pemakaian geogrid. Geogrid mengandalkan kekuatan tarik yang tinggi dan kemuluran *creep* yang rendah, untuk kasus longsoran geogrid ditempatkan pada lapisan tanah, ditimbun, dan dipadatkan lapis demi lapis sehingga dapat menjaga menstabilkan tanah dengan mendistribusikannya menjadi kuat tarik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh panjang geogrid terhadap penambahan daya dukung tanah pasir dan jumlah lapisan geogrid yang paling efisien untuk meningkatkan daya dukung tanah pasir terhadap beban pondasi dangkal menerus dengan perkuatan geogrid produk *Tencate Geosynthetic asia Sdn Bhd* (Malaysia) tipe GX 40/40 serta memiliki *short term tensile strength* 40 Kn/m. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan model pondasi menerus yang diletakkan diatas kotak transparan yang diisi pasir dengan kondisi kepadatan relatif (D_r) 20%-40% dan diberi beban tegak lurus menggunakan dongkrak hidrolik. Dari hasil penelitian diketahui model keruntuhan yang terjadi adalah jenis Local shear dimana geogrid mengalami tarikan pada lokasi sekitar dibawah pondasi dengan lapisan teratas dan lapisan kedua mengalami tarikan yang lebih besar. Pada pengujian penempatan geogrid lapisan teratas terhadap pondasi menunjukkan bahwa penambahan kuat dukung terbesar diperoleh pada $LG/B = 3$. Pada pengujian penggunaan geogrid 2 lapis diperoleh jarak antara lembaran geogrid (s) menunjukkan bahwa penambahan kuat dukung terbesar diperoleh dengan jarak $s = 0,4B$. Pada pengujian jumlah pemasangan lapisan geogrid menunjukkan bahwa kuat dukung meningkat dari pemasangan 1 lapisan menjadi 2 lapisan dan penambahan jumlah selanjutnya tidak menunjukkan penambahan kuat dukung yang cukup signifikan.

Kata Kunci: kuat dukung, tanah pasir, geogrid

Abstract

Improving soil conditions is a solution to the problem to increase the bearing capacity of the soil and minimize subsidence. With the development of technology in the geotechnical field, soil strengthening can be done by installing synthetic materials such as the use of geogrids. Geogrids rely on high tensile strength and low creep elongation, in the case of landslides the geogrids are placed in the soil layer, stockpiled and compacted layer by layer so as to keep the soil stable by distributing it into tensile strength. This experimen was conducted to determine the effect of long a geogrid sand soil beraring capacity and the number of layers of geogrid, the most efficient way to increase soil bearing capacity of shallow foundation of sand on the continuous load with a geogrid reinforcement the product of Tencate Geosynthetic asia Sdn Bhd (Malaysia) type GX 40/40 and The mean ultimate tensile strength 40 Kn/m. The experiment was performed using continuous foundation model placed on a transparent box filled with sand with the relative density (D_r) 20%-40% and given a perpendicular load using hydrolic jack. From the results of research known mode of failure that occurs is a kind of Local shear where the geogrid experienced the pull on the location around under the foundation with the top layer and the second layer having the pull is greater. On testing the placement of the geogrid layer the top to the foundation showed that the addition of strong carrying capacity of the largest obtained in $LG/B = 3$. On testing the use of geogrid 2 layers obtained by the distance between the sheets geogrid (s) show that the addition of strong carrying capacity of the largest obtained by a distance $s = 0,4 B$. On testing the installation of a layer of geogrid showed that strong support increased from mounting 1 layer into 2 layers and the addition of a number of further does not show the addition of support strong enough segn.

Keywords: bearing capacity, sandy soils, geogrid

PENDAHULUAN

Pada umumnya suatu struktur bangunan dapat dipisahkan menjadi dua bagian yaitu struktur bangunan yang terletak diatas muka tanah (yang dapat dilihat secara visual) dan struktur bangunan yang terletak di bawah muka tanah (tidak dapat dinyatakan secara visual) [1]. Pondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang ada dibawahnya, sementara pondasi dangkal

didefinisikan sebagai pondasi yang mendukung bebannya secara langsung [2]. Pondasi berfungsi sebagai perantara untuk meneruskan beban struktur yang ada diatas muka tanah dan gaya-gaya lain yang bekerja ke tanah pendukung bangunan tersebut[3].

Type pondasi ini sering dikenal dengan pondasi langsung atau pondasi telapak, dikatakan dangkal karena letak dasar pondasi cukup dangkal terhadap permukaan tanah, jenis ini digunakan apabila letak tanah dasar pondasi dengan kuat

dukung yang tinggi terletak cukup dangkal (< 2,00 meter) terhadap muka tanah setempat, dan tanah mampu menerima beban yang bekerja di atasnya [4].

Pemakaian Geogrid merupakan salah satu cara yang digunakan untuk memperkecil penurunan dan meningkatkan daya dukung tanah. Geogrid mengandalkan kekuatan tarik yang tinggi dan kemuluran *creep* yang rendah, untuk kasus longsor geogrid ditempatkan pada lapisan tanah, ditimbun, dan dipadatkan lapis demi lapis sehingga dapat menjaga menstabilkan tanah dengan mendistribusikannya menjadi kuat tarik.

Penurunan pondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan, khususnya penurunan tidak seragam (*differential settlement*) harus tidak mengakibatkan kerusakan pada struktur [5]. Dan faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah harus terpenuhi, dalam hitungan daya dukung digunakan faktor aman 3 [2]. Pondasi harus diletakkan pada kedalaman yang cukup untuk menanggulangi resiko erosi permukaan, gerusan, kembang susut tanah, dan gangguan tanah disekitar pondasi lainnya.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh panjang geogrid terhadap penambahan daya dukung tanah pasir dan jumlah lapisan geogrid yang paling efisien untuk meningkatkan daya dukung tanah pasir terhadap beban pondasi dangkal menerus dengan perkuatan geogrid produk *Tencate Geosynthetic asia Sdn Bhd* (Malaysia) tipe GX 40/40 serta memiliki *short term tensile strength* 40 Kn/m.

METODOLOGI

Pengujian material tanah pasir dilakukan dengan mengambil sampel tanah pasir yang telah disediakan sesuai keperluan pengujian, penelitian yang dilakukan terdiri dari :

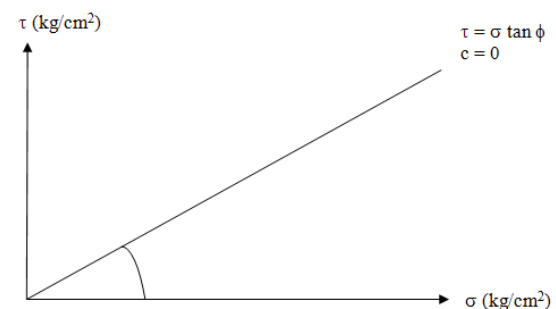
1. Pengujian sifat-sifat fisik, adalah pengujian analisa ukuran butir dengan analisa saringan (*sieve analysis*) dan pengujian untuk menentukan *specific gravity* (Gs) sesuai standar.
2. Pengujian sifat-sifat mekanis, adalah pengujian untuk menentukan berat volume kering (γ_d) maksimum dan minimum dan pengujian geser langsung (*direct shear*) sesuai standar.
3. Pengujian untuk menentukan kerapatan relatif (D_r) sebesar 20-40% yang akan diuji dengan percobaan tinggi jatuh.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan model pondasi menerus yang diletakkan diatas kotak transparan yang diisi dengan pasir dengan kondisi kepadatan relatif (D_r) 20%-40% dan diberi beban tegak lurus menggunakan dongkrak hidrolik. Pengujian yang dilakukan adalah memberikan perkuatan geogrid pada timbunan pasir dengan beberapa variasi, yakni variasi jarak perkuatan geogrid pada timbunan yang dibandingkan dengan pemasangan

lembaran geogrid 1 lapis (L_G) dengan $L_G/B=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$, variasi jarak antara lapisan perkuatan geogrid dibandingkan dengan lebar pondasi ($s=0,2B; 0,3B, 0,4B... s=1,2B$), variasi jumlah lapisan perkuatan geogrid ($N=1 s/d N=6$).

Pengujian dipisahkan menjadi dua tahap pengujian yaitu pengujian pendahuluan dan pengujian utama, hal ini dilakukan agar hasil yang didapat lebih terperinci dan mendetail. Pengujian sifat-sifat fisik material tanah pasir dilakukan untuk mengetahui ukuran butirnya, dengan melakukan analisa saringan (*sieve analysis*) dapat diketahui klasifikasi material tanah pasir [6].

Pengujian geser langsung (*direct share*) dilakukan untuk menentukan besar sudut dalam (ϕ) dari sampel material tanah pasir dengan kerapatan relatif (D_r) sebesar 40-50% [7]. Pada percobaan ini sampel tanah pasir ditempatkan pada alat kemudian diberi tegangan vertikal (tegangan normal) yang konstan dengan besar masing-masing 0,099 kg/cm²; 0,198 kg/cm²; 0,397 kg/cm² dan kemudian terhadap sampel diberi tegangan geser dengan *strain rate* yang konstan dan cukup perlahan sampai nilai maksimum. Dengan melakukan beberapa percobaan dimana tegangan normal berbeda-beda maka dapat dibuat diagram hubungan antara tegangan geser terhadap tegangan normal seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hubungan Tegangan Geser (T) dengan Tegangan Normal (a)

Pengujian untuk menentukan berat volume kering minimum dilakukan dengan cara menuangkan pasir secara perlahan-lahan kedalam cetakan (volume = 0,1 ft³) dengan menggunakan corong yang berdiameter ½ inci (12,7mm) dengan tinggi jatuh pasir rata-rata kedalam cetakan kira-kira 1 inci (25,4 mm). Harga $\gamma_{d (min)}$ kemudian ditentukan dengan cara [8]:

$$\gamma_{dry} = \frac{W_s}{V} \quad (1)$$

Dimana:

W_s = berat pasir yang digunakan untuk mengisi cetakan (kg/m³)

V = volume cetakan (m³)

Pengujian untuk menentukan berat volume kering maksimum dilakukan dengan cara membuat diagram hubungan antara γ_{dry} (kepadatan) terhadap

ω (kadar air) dengan cara percobaan pemadatan. Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan partikel-partikel antara butir dengan memakai energi mekanis [9]. Apabila diketahui berat tanah pasir basah didalam acuan yang volumenya diketahui, maka dapat ditentukan berat volume kering tanah pasir tersebut. Dari diagram hubungan γ_{dry} terhadap ω maka pada kadar air optimum (ω_{opt}) dapat ditentukan berat volume kering maksimum ($\gamma_{d(max)}$) [10].

Tujuan pengujian kerapatan relatif (D_r) adalah mendapatkan sampel tanah pasir dengan nilai kerapatan relatif 20-40% [11]. Pada percobaan ini dilakukan dengan menuangkan sampel menggunakan corong berdiameter 1 cm pada cetakan dengan tinggi masing-masing 100 cm, 90 cm, 80 cm, 70 cm, 60 cm, 50 cm, 40 cm, 30 cm dan 20 cm kemudian dapat ditentukan berat isi kering (γ_{dry}) pada setiap sampel.

Nilai kerapatan relatif (D_r) dapat dihitung dengan persamaan [12] :

$$D_r = \frac{\gamma_d - \gamma_{d(min)}}{\gamma_{d(max)} - \gamma_{d(min)}} \times \frac{\gamma_{d(max)}}{\gamma_d} \quad (2)$$

Geometrik pemasangan perkuatan lembaran geogrid untuk setiap dimensi pondasi dengan kerapatan (D_r) sebesar 20-40% jika ditabelkan menjadi seperti Tabel 1:

Tabel 1. Geometrik Pemasangan Lembaran Geogrid

No. Percobaan	Column A (t)
A	Pengujian tanpa pemasangan lembaran geogrid
B	Pengujian dengan pemasangan lembaran geogrid 1 lapis dengan parameter yang di variasikan : LG / B = 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 Para meter yang konstan : z/B = 0,3 N = 1
C	Pengujian dengan parameter yang divariasikan : s/B = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,2 para meter yang konstan : z/B = 0,3, N = 2; LG B = sesuai hasil percobaan B yang paling maksimal
D	Pengujian dengan parameter yang divariasikan : N = 2; 3; 4; 5; 6 para meter yang konstan : z/B = 0,3; LG / B = sesuai hasil percobaan B yang paling maksimal ; s/B = sesuai hasil percobaan D yang paling maksimal

Keterangan :

z = jarak permukaan tanah dengan perletakan geotekstil

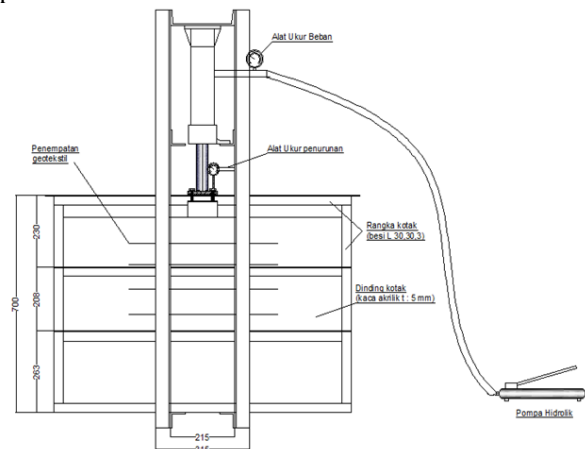
s = jarak antar lapisan geogrid

B = lebar bidang kontak beban dengan permukaan tanah

LG = panjang bentangan geogrid

N = jumlah lapisan geogrid

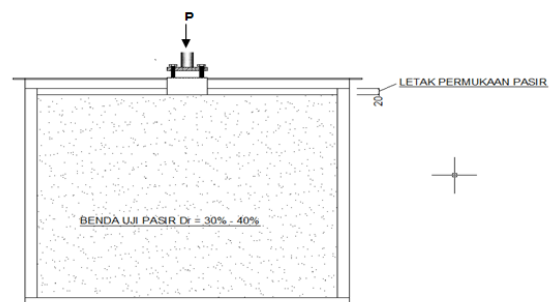
Untuk setiap dimensi pondasi dan setiap percobaan, proses percobaan dilakukan dengan menuangkan sampel tanah setiap setelah dicatat beratnya dengan mengusahakan tinggi jatuh konstan 50 cm untuk mengisi volume antara geotekstil. Setelah deposit pasir sesuai persyaratan kerapatan relatif (D_r) sebesar 20-40 % dengan perkuatan geotekstil sesuai geometrik yang diinginkan selesai dibuat pada kotak (*box*), pondasi dangkal menerus diletakkan di atas tanah pasir lalu dihubungkan dengan piston hydraulic dengan kapasitas sebesar 10 ton dilengkapi pressure gauge sebagai pendeteksi beban dan *dial gauge* sebagai pendeteksi penurunan pondasi seperti yang terlihat pada Gambar 2.



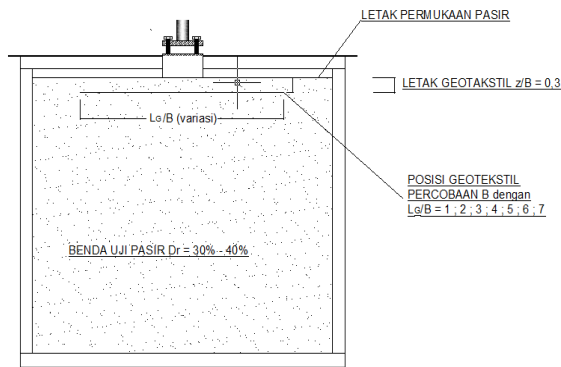
Gambar 2. Tampak Samping Skema Alat Uji Pembebanan, Sampel dan Alat

Pengujian diberikan melalui piston hydraulic dengan cara perlahan dengan kecepatan penurunan pondasi sekitar 1 mm/menit kemudian dicatat besar beban yang bekerja pada setiap penurunan 2,54 mm (1 *inchi*). Pembebanan diperlakukan sampai mencapai penurunan 25,4 mm atau sampai kondisi runtuh. Dari hasil pengujian pembebanan diperoleh diagram hubungan antara beban terhadap penurunan.

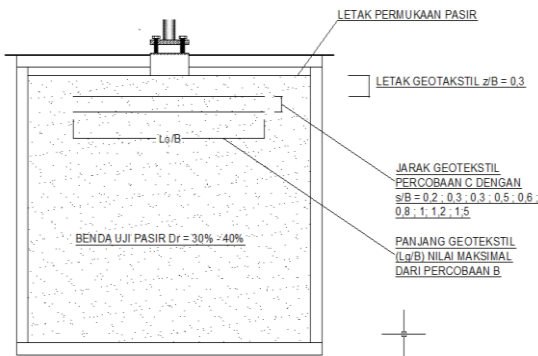
Pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6 dijelaskan tentang ilustrasi model dan skema percobaan.



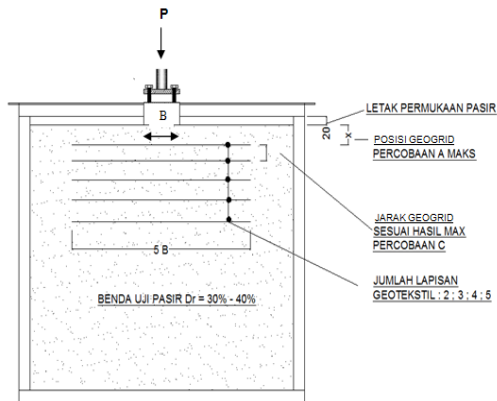
Gambar 3. Gambar skema percobaan A



Gambar 4. Gambar skema percobaan B



Gambar 5. Gambar skema percobaan C

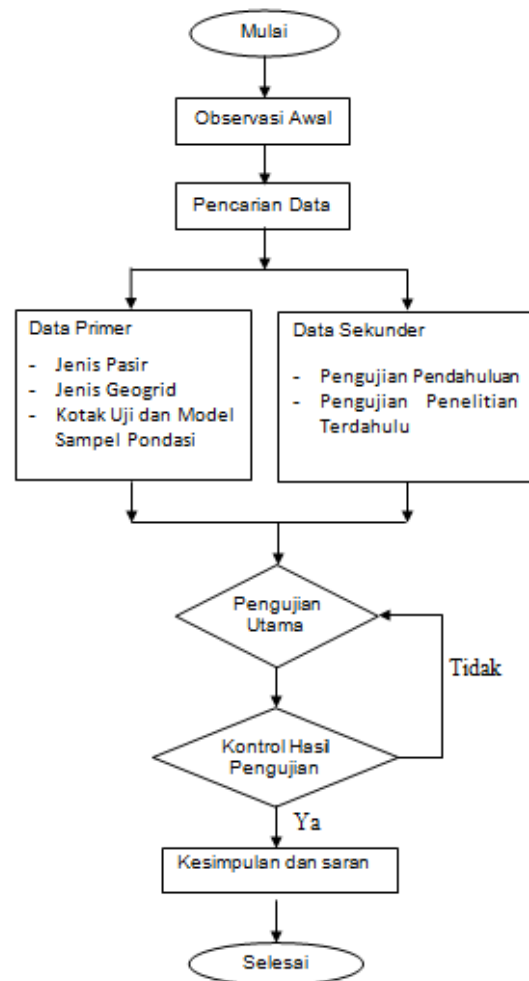


Gambar 6. Gambar skema percobaan D

Setelah percobaan pembebanan untuk setiap model geometrik pemasangan perkuatan lembaran geogrid, dilakukan analisa tidak berdimensi/analisa kuantitatif berbentuk tabel dan grafik.

Dilakukan analisis terhadap pengaruh pemasangan perkuatan lembaran geogrid terhadap penambahan daya dukung tanah pasir. Dari data-data yang diperoleh untuk setiap model geometrik berdasarkan hubungan beban dan penurunan dapat dianalisa kontribusi yang diberikan terhadap penambahan daya dukung tanah pasir. Bila daya dukung tanah pasir dengan pemasangan perkuatan geogrid diperbandingkan dengan besar beban yang dapat bekerja pada pondasi tanpa pemasangan perkuatan geogrid maka dapat diperoleh suatu nilai rasio yang dinamakan Ratio Daya Dukung. Kemudian akan dianalisa model geometrik yang memberikan daya dukung yang optimum.

Adapun bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 7.

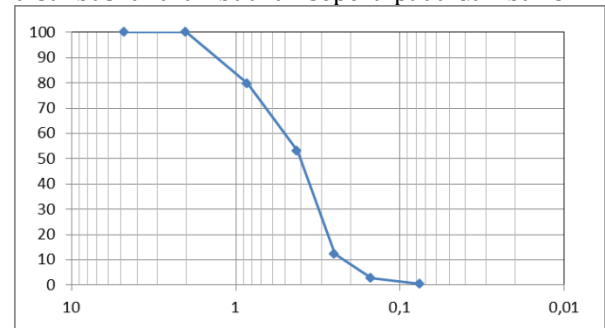


Gambar 7. Flow Chart Penelitian

HASIL DAN DISKUSI

Pengujian Pendahuluan

Pengujian sifat-sifat fisik terhadap sampel material tanah pasir yaitu pengujian analisa saringan (*sieve analysis*) menghasilkan diagram distribusi ukuran butiran seperti pada Gambar 8.

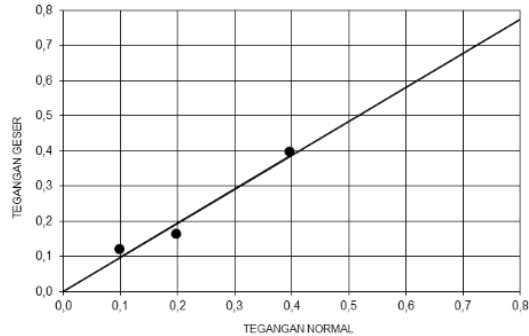


Gambar 8. Grafik Distribusi Ukuran Butir

Dari Gambar 8 didapat hasil bahwa jenis pasir yang diuji memiliki $C_u < 6$ dan $C_c < 1$, berdasarkan ASTM 2000 (*Unified Soil Classification*) adalah termasuk dalam klasifikasi SP (*Poorly*

Graded Sand) atau pasir dengan pembagian ukuran butiran yang buruk.

Hasil pengujian sifat-sifat mekanis terhadap sampel material tanah pasir yaitu pengujian untuk menentukan berat volume kering (γ_d) maksimum dan minimum diperoleh nilai $\gamma_d(\min) = 1,165 \text{ ton/m}^3$ dan $\gamma_d(\max) = 1,632 \text{ ton/m}^3$. Sudut geser dalam (ϕ) berdasarkan pengujian geser langsung (*direct shear*) diperoleh besar sudut geser (ϕ) sebesar $44,04^\circ$. Grafik hubungan antara tegangan geser terhadap tegangan normal seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal Pada Pengujian Uji Geser Langsung

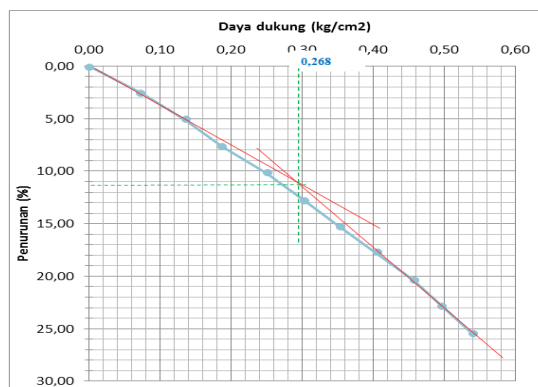
Berdasarkan hasil penelitian pengujian pendahuluan didapat nilai seperti Tabel 2

Tabel 2. Resume Hasil Pengujian Pendahuluan

No	Pengujian	Nilai
1.	C_u	0,748
2.	C_c	3,331
3.	G_s	2,6433
4.	ϕ	$44,04^\circ$
5.	$\gamma_d(\max)$	$1,632 \text{ ton/m}^3$
6.	$\gamma_d(\min)$	$1,165 \text{ ton/m}^3$
7.	D_r	20% - 40%

Analisis Data Hasil Pengujian

Berikut hasil pengujian model tanpa perkuatan dalam bentuk grafik penurunan dan gaya dukung.

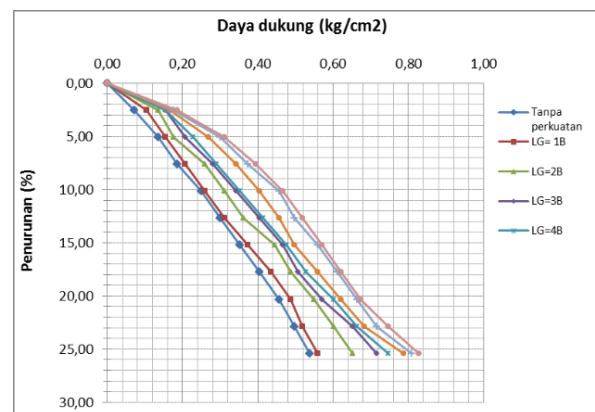


Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian Pembebanan Pada Benda Uji Tanpa Perkuatan

Pada Gambar 10 menunjukkan grafik hubungan antara daya dukung yang terjadi akibat beban dengan penurunan pondasi dalam persentase terhadap lebar pondasi (B), pendekatan yang dilakukan dengan *trendline grafis* pada awalnya berbentuk garis lurus dan melengkung pada 11,6% yang diperkirakan adalah puncak dari lengkungnya dan kemudian kembali berbentuk garis lurus. Dari analisa gambar diperkirakan daya dukung ultimit terjadi pada penurunan 11,6 % sebesar $0,268 \text{ kg/cm}^2$.

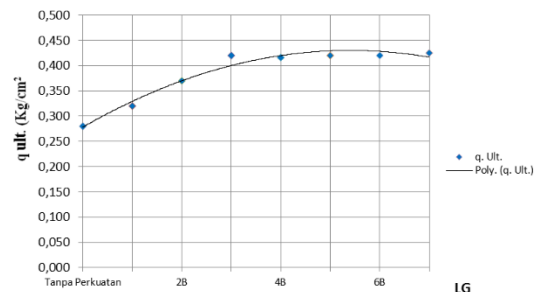
Analisis Data Hasil Pengujian dengan Perkuatan Geogrid

Secara keseluruhan dari hasil penelitian untuk variasi bentangan panjang LG dapat dilihat terjadinya perubahan daya dukung pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Hasil Penelitian Variasi Nilai L_G

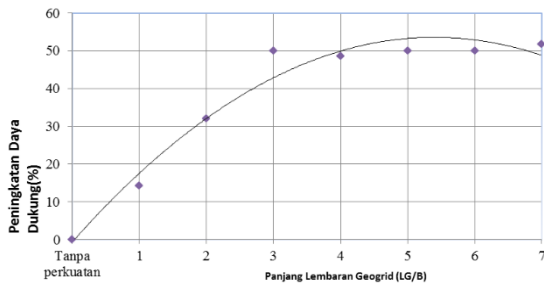
Dari Gambar 11 didapatkan hasil pengujian pembebanan dengan model geometrik pemasangan perkuatan lembaran geogrid divariasikan untuk ukuran lebar lembaran geogrid yang dipasang (L_G) dengan jarak lapisan teratas, jarak antara (z) = 0,3 dan jumlah lapisan (N) = 1, diperoleh hasil bahwa kontribusi geogrid dalam meningkatkan daya dukung terbesar adalah pada $L_G = 3B$ (B = lebar pondasi).



Gambar 12. Grafik Perubahan q_{ult} Berdasarkan Hasil Pengujian Pembebanan

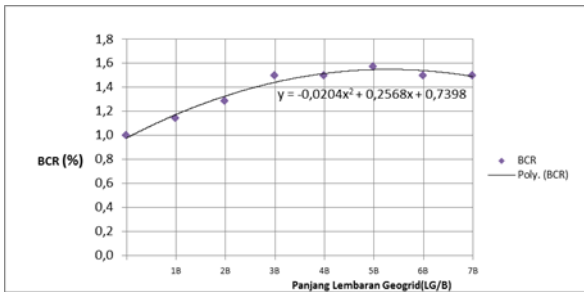
Pada Gambar 12 hasil percobaan dengan variasi $L_G = 1B$ sampai dengan $L_G = 7B$ diperoleh daya dukung sebesar di atas diperoleh $0,320 \text{ kg/cm}^2$ sampai dengan $0,425 \text{ kg/cm}^2$. Pemasangan lembaran geogrid 3B menunjukkan penambahan daya dukung terbesar. Pemasangan lembaran geogrid 4B

dan seterusnya menunjukkan penurunan yang artinya pemasangan lapisan ini tidak berpengaruh.



Gambar 13. Grafik Peningkatan Daya Dukung Berdasarkan Hasil Pengujian Pembebanan Variasi Nilai L_G

Dari Gambar 13 terlihat dengan penambahan L_G pada lembaran geogrid terjadi peningkatan daya dukung timbunan tanah pasir, dan mengurangi terjadinya penurunan.



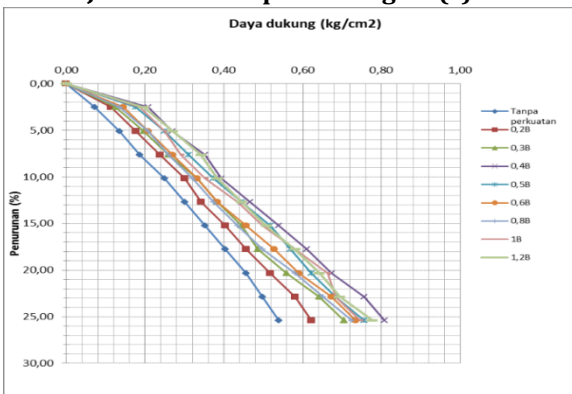
Gambar 14. Grafik Hasil Penelitian Nilai BCR Berdasarkan Hasil Pengujian Pembebanan Variasi Nilai L_G

Dari Gambar 14 dibuat garis pendekatan hubungan antara peningkatan daya dukung dengan L_G yang menggunakan regresi polinomial sehingga diperoleh suatu persamaan hubungan atau korelasi antara panjang bentangan geogrid (L_G) dengan persentase peningkatan daya dukung tanah pasir adalah sebagai berikut:

$$\Delta q (\%) = -1,8601L_G^2 + 23,803L_G - 22,853$$

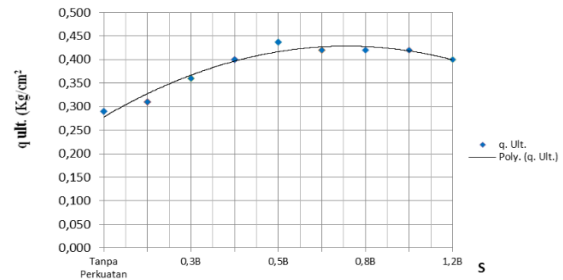
dengan batasan nilai $L_G = 1B$ s/d $L_G = 7B$.

Hasil Pengujian Dengan Perkuatan Model Variasi Jarak Antar Lapisan Geogrid (s)



Gambar 15. Grafik Hasil Penelitian untuk Variasi Nilai s

Dari Gambar 15 hasil pengujian pembebanan dengan model pemasangan perkuatan lembaran geogrid divariasikan untuk jarak antara (spasi) pemasangan lembaran geogrid (s) dengan jarak lapisan teratas, ukuran dan jumlah lapisan tetap $N = 1$ dan $L_G = 3B$.

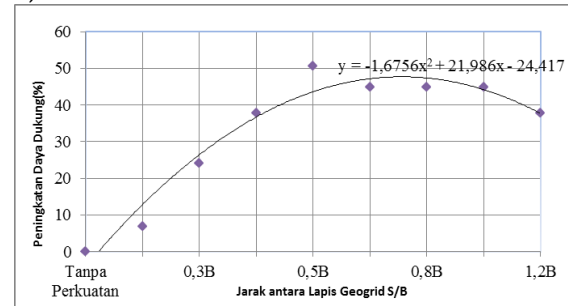


Gambar 16. Grafik Perubahan qult Berdasarkan Hasil Pengujian Pembebanan Variasi Nilai s (jarak) antar lapisan Geogrid

Dari Gambar 16 tersebut didapat bahwa korelasi antara jarak antar lapisan antara geotekstil (s) dengan daya dukung tanah pasir adalah sebagai berikut :

$$q_{ult} (kg/cm^2) = -0,0049s^2 + 0,0638s + 0,2192$$

dengan batasan nilai $s = 0,2B$ sampai dengan $s = 1,2B$.

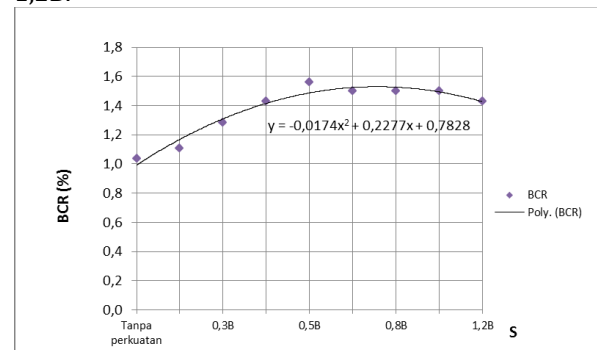


Gambar 17. Grafik Peningkatan Daya Dukung Berdasarkan Hasil Pengujian Pembebanan Variasi Nilai jarak (s) antar lapisan Geogrid

Dari Gambar 17 didapat bahwa korelasi antara jarak antar lapisan antara geogrid (s) dengan persentase peningkatan daya dukung tanah pasir adalah sebagai berikut :

$$\Delta q (\%) = -1,6756s^2 + 21,986s - 24,417$$

dengan batasan nilai $s = 0,2B$ sampai dengan $s = 1,2B$.



Gambar 18. Grafik Hasil Penelitian Nilai BCR Berdasarkan Hasil Pengujian Pembebanan Variasi Nilai s

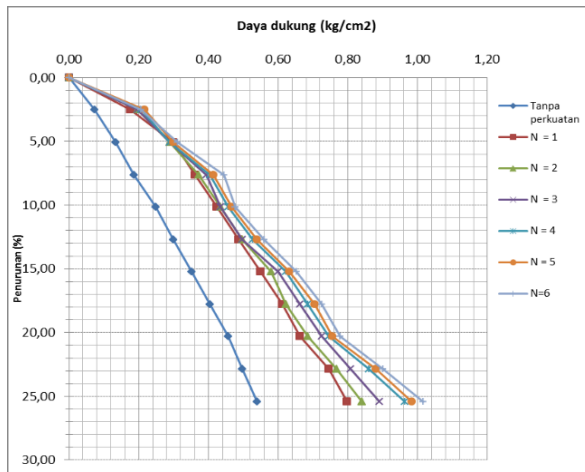
Pada Gambar 18 terdapat korelasi antara jarak antar lapisan antara geogrid (s) dengan persentase penambahan daya dukung tanah pasir (BCR) adalah sebagai berikut :

$$BCR = -0,0174s^2 + 0,2277s + 0,7828$$

dengan batasan nilai $s = 0,2B$ sampai dengan $s = 1,2B$.

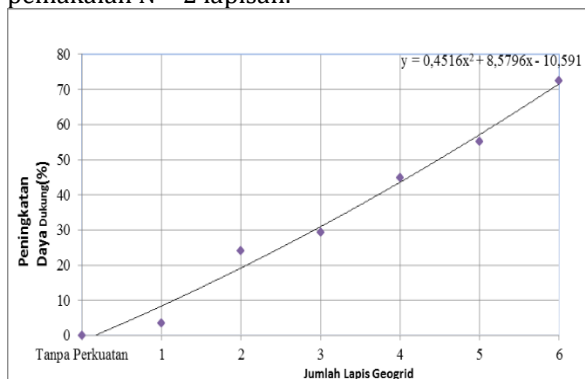
Hasil Pengujian Dengan Perkuatan Model Variasi Jumlah Lembar Perkuatan (N)

Secara keseluruhan dari hasil penelitian untuk variasi pemasangan lembaran geogrid (N) dapat dilihat terjadinya perubahan daya dukung pada Gambar 19.



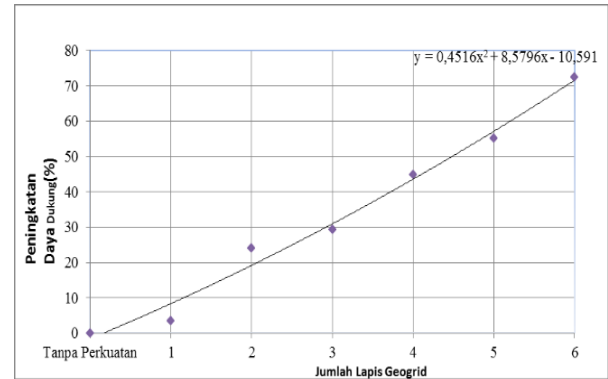
Gambar 19. Grafik Hasil Penelitian untuk Variasi N Lapisan

Dari gambar 19 terdapat hasil pengujian pembebanan dengan model geometrik pemasangan perkuatan lembaran geogrid divariasikan untuk jumlah lapisan pemasangan geogrid (N) dengan ukuran $LG/B = 3$, jarak lapisan teratas $z/B = 0,3$ dan jarak antara spasi tetap $s/B = 0,5$, diperoleh hasil bahwa kontribusi geogrid dalam meningkatkan daya dukung dengan pemakaian $N = 1$ lapisan relatif kecil dan bertambah dalam jumlah besar dengan pemakaian $N = 2$ lapisan dan selanjutnya dengan pemakaian $N = 3$ sampai dengan $N = 4$ nilai pertambahan daya dukung relatif kecil dari pemakaian $N = 2$ lapisan.



Gambar 20. Grafik Peningkatan Daya Dukung Berdasarkan Hasil Pengujian Pembebanan Variasi Jumlah Perkuatan Geogrid (N)

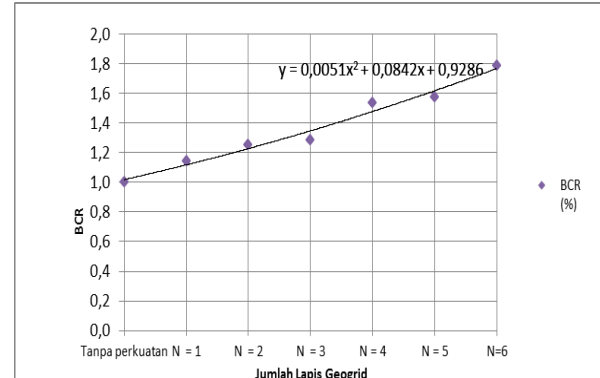
Pada Gambar 20 grafik penelitian penambahan lembar lapisan geogrid (N) dengan $N = 1$ sampai dengan 6 didapat penambahan daya dukung yang besar pada $N = 1$ dibandingkan dengan tanpa perkuatan geogrid, sedangkan penambahan lapis kedua dan seterusnya tetap terjadi penambahan daya dukung namun kenaikannya tidak terlalu besar.



Gambar 21. Grafik Peningkatan Daya Dukung Berdasarkan Hasil Pengujian Pembebanan Variasi Jumlah Perkuatan Geogrid (N)

Dari Gambar 21, berdasarkan analisis menggunakan metode regresi logaritmik dari grafik tersebut didapat bahwa korelasi antara jumlah lapisan geogrid (N) dengan persentase peningkatan daya dukung tanah pasir adalah sebagai berikut:

$$\Delta q (\%) = 0,451N^2 + 8,5796N + 10,591$$



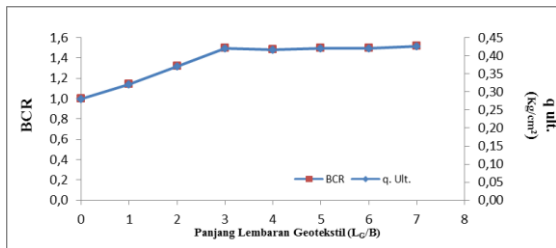
Gambar 22. Grafik Hasil Penelitian Nilai BCR Berdasarkan Hasil Pengujian Pembebanan Variasi jumlah perkuatan Geogrid (N)

Dari Gambar 22, berdasarkan analisa menggunakan metode regresi logaritmik dari grafik tersebut didapat bahwa korelasi antara jumlah lapisan geogrid (N) dengan penambahan daya dukung tanah pasir (BCR) adalah sebagai berikut:

$$BCR = 0,0051N^2 + 0,0842N + 0,9286$$

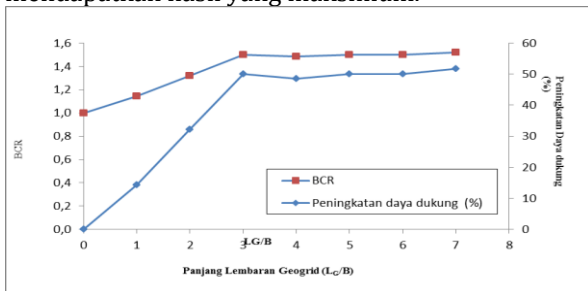
Dari hasil yang didapat gambaran bahwa pemasangan geogrid yang ditempatkan pada kedalaman $0,3B$ sampai $0,8B$ berfungsi sebagai perkuatan yang menahan gaya yang meruntuhkan daya dukung timbunan pasir. Sedangkan lembaran geogrid yang diletakkan pada kedalaman lebih besar dari $1B$ lapisan geotekstil tersebut berfungsi sebagai dasar (*base*).

Analisis Hasil Pengujian dengan Perkuatan Berdasarkan Pengaruh Terhadap Daya Dukung, Peningkatan Dukung dan BCR.



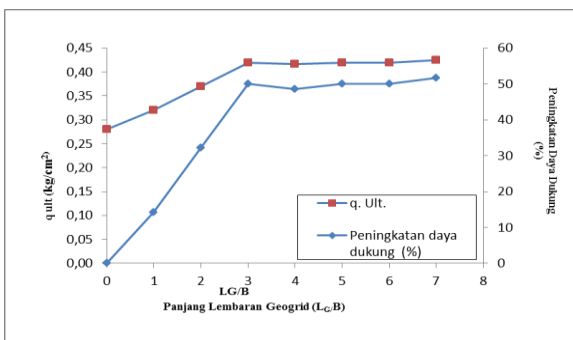
Gambar 23. Grafik Hasil Perbandingan Nilai BCR dengan qult Berdasarkan Pengujian Pembebanan Variasi Nilai L_G

Dari Gambar 23 dapat disimpulkan terjadinya kenaikan yang signifikan pada $L_G/B = 3$, sedangkan pada $L_G/B = 4$ sampai dengan $L_G/B = 7$ kenaikan yang terjadi tidak terlalu tajam sehingga diperkirakan penempatan $L_G/B = 3$ sudah mencukupi, ada kesamaan kenaikan yang signifikan pada grafik BCR dengan nilai 1,45 dan grafik qult = 0,43 kg/cm². Hal ini dikarenakan bahwa semakin jauh perkuatan dari permukaan tanah maka semakin tidak mempunyai fungsi.oleh karena itu grafik menunjukkan penurunan setelah mendapatkan hasil yang maksimum.



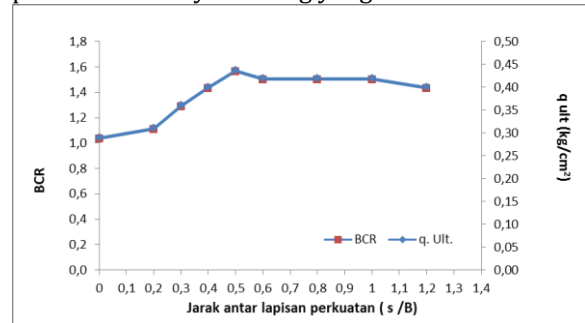
Gambar 24. Grafik Hasil Perbandingan Nilai BCR dengan Δq Berdasarkan Pengujian Pembebanan Variasi Nilai Panjang Bentang Geogrid (L_G/B)

Pada Gambar 24 menunjukkan bahwa peningkatan daya dukung sebesar 50% terjadi pada $L_G/B = 3$. Pengujian berikutnya tidak mengalami kenaikan yang signifikan dibandingkan dengan peningkatan dr pengujian tanpa perkuatan hingga $L_G/B = 3$. Begitu juga dengan nilai CBR, perbedaan nilai BCR yang terbesar terdapat pada $L_G/B = 3$ sebesar 1,5.



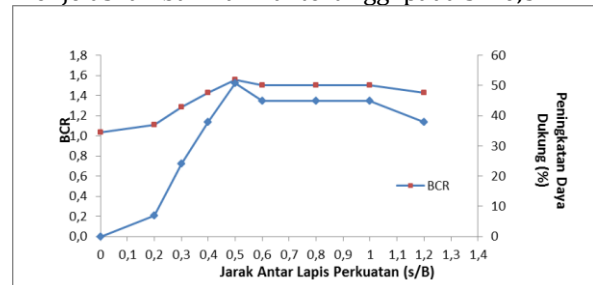
Gambar 25. Grafik Hasil Perbandingan Nilai Δq dengan qult Berdasarkan Pengujian Pembebanan Variasi Nilai L_G

Pada Gambar 25 menerangkan hasil percobaan dari tanpa perkuatan hingga penempatan geogrid $L_G/B = 3$ memperlihatkan penambahan daya dukung yang signifikan, dan yang paling maksimal $L_G/B = 3$ yaitu 50%. Pengujian berikutnya tidak mengalami kenaikan yang signifikan dibandingkan dengan peningkatan dr pengujian tanpa perkuatan hingga $L_G/B = 3$. Begitu juga dengan nilai CBR, yang dibandingkan dengan grafik qult = 0,420 kg/cm². Pengujian berikutnya yaitu $L_G/B = 4$ hingga $L_G/B = 8$ tidak berpengaruh kepada nilai Δq dan qult karena tidak terlihat penambahan daya dukung yang maksimal.



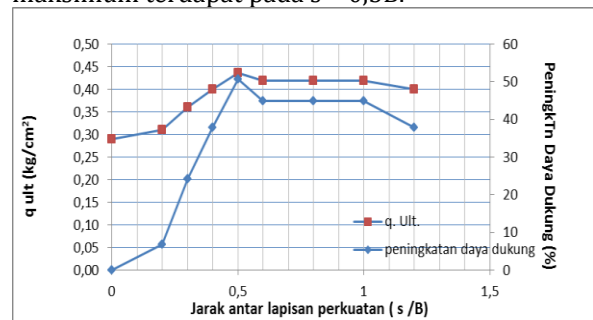
Gambar 26. Grafik Hasil Perbandingan Nilai BCR dengan qult Berdasarkan Pengujian Pembebanan Variasi Nilai s

Dari gambar 26 dapat disimpulkan bahwa jarak (s) = 0,4B dengan nilai = 0,437 kg/cm² merupakan daya dukung terbesar dan ditandai pula dengan kesamaan pada grafik BCR yang menjelaskan bahwa nilai tertinggi pada $s = 0,5B$.



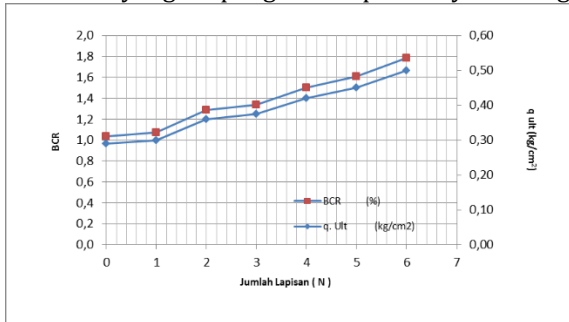
Gambar 27. Grafik Hasil Perbandingan Nilai BCR dengan Δq Berdasarkan Pengujian Pembebanan Variasi Nilai s

Gambar 27 menunjukkan bahwa peningkatan daya dukung maksimum pada $s = 0,5B$ sebesar 50,690%. Dan perbedaan nilai BCR maksimum terdapat pada $s = 0,5B$.



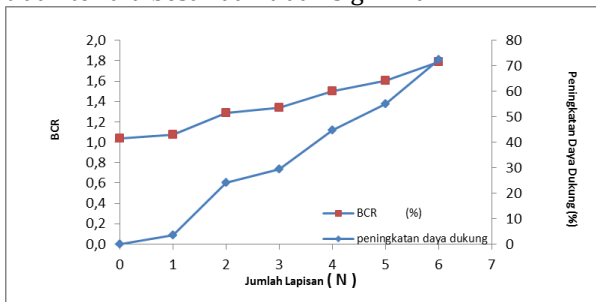
Gambar 28. Grafik Hasil Perbandingan Nilai Δq dengan qult Berdasarkan Pengujian Pembebanan Variasi Nilai s

Gambar 28 menerangkan hasil percobaan penempatan geogrid $s = 0,5B$ memperlihatkan penambahan daya dukung yang paling maksimal = 50,690% yang dibandingkan dengan grafik $q_{ult} = 0,437\text{kg/cm}^2$. Pengujian berikutnya tidak mengalami penambahan nilai daya dukung yang maksimal yang berpengaruh kepada daya dukung.



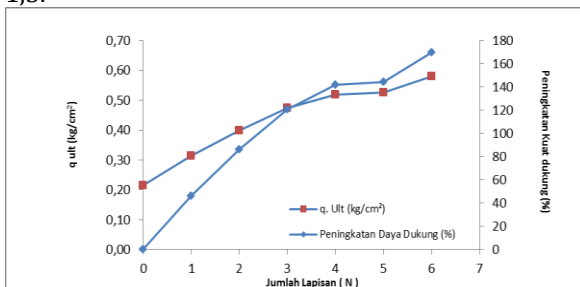
Gambar 29. Grafik Hasil Perbandingan Nilai BCR dengan q_{ult} Berdasarkan Pengujian Pembebanan Variasi Nilai N

Pada Gambar 29 terdapat variasi penambahan lembar lapisan geotekstil ($N = 1$ sampai dengan $N = 6$) didapat penambahan daya dukung yang paling maksimum pada $N = 2$ dibandingkan dengan tanpa perkuatan, penambahan lapis selanjutnya tetap terjadi tetapi tidak terlalu besar dan tidak signifikan.



Gambar 30. Grafik Hasil Perbandingan Nilai BCR dengan Δq Berdasarkan Pengujian Pembebanan Variasi Nilai N

Pada gambar 30 menunjukkan bahwa peningkatan daya dukung terjadi pada $N = 2$ dengan kenaikan 24,138%. Dan perbedaan nilai BCR yang terbesar terdapat pada $N = 2$ sebesar 1,3.



Gambar 31. Grafik Hasil Perbandingan Nilai Δq dengan q_{ult} Berdasarkan Pengujian Pembebanan Variasi Nilai N

Pada Gambar 31 menerangkan hasil percobaan penempatan geogrid $N = 4$ memperlihatkan penambahan daya dukung yang

paling maksimal = 24,138% yang dibandingkan dengan grafik $q_{ult} = 0,36\text{ kg/cm}^2$.

Dari hasil yang didapat gambaran bahwa pemasangan geogrid yang ditempatkan pada kedalaman 0,3B sampai 0.8B berfungsi sebagai perkuatan yang menahan gaya yang meruntuhkan daya dukung timbunan pasir. Sedangkan lembaran geogrid yang diletakkan pada kedalaman lebih besar dari 1B lapisan geotekstil tersebut berfungsi sebagai dasar (*base*). Hasil ini hampir mirip dengan penelitian yang dilakukan oleh Guide, Biesiadecki dan Sullivan juga oleh Sakti dan Das [13], bahwa efek (manfaat) dari pemasangan perkuatan geotekstil terealisasi dengan penempatan pada kedalaman yang sama dengan lebar pondasai (B). Juga kontribusi terhadap daya dukung pada pemakaian $N=2$ lapisan relatif berbeda kecil dengan $N=4$ lapisan.

Demikian juga penelitian yang dilakukan oleh Binquet dan Lee [14] yang menyarankan agar penempatan lapisan geotekstil sebagai perkuatan pada kedalaman yang lebih kecil dari $2/3B$. Penempatan seperti ini adalah pada daerah garis runtuh tanah dibawah pondasi untuk memperoleh manfaat terbesar sebagai sistem perkuatan.

Hasil penelitian ini mirip dengan hasil penelitian yang diperoleh Akinbolade [15] yang mendapatkan daya dukung meningkat dari pemakaian $N=1$ lapisan ke pemakaian $N=2$ lapisan, kemudian selanjutnya tidak bertambah dengan pertambahan lapisan perkuatan.

Pada penelitian lain seperti yang dilakukan oleh Yetimoglu [16] memperoleh kontribusi daya dukung maksimal dengan pemasangan perkuatan sebanyak $N = 4$ lapisan.

Adanya perbedaan hasil percobaan jumlah (N) pemasangan lapisan perkuatan pada penelitian ini dengan penelitian lain adalah dikarenakan perbedaan material perkuatan yang dipakai, jenis material pasir dan kepadatan material pasir serta model-model pemasangan yang digunakan dalam percobaan.

KESIMPULAN

Dari pengujian diketahui model keruntuhan yang terjadi adalah jenis *Local shear* dimana geogrid mengalami tarikan pada lokasi sekitar dibawah pondasi dengan lapisan teratas dan lapisan kedua mengalami tarikan yang lebih besar. Pada pengujian penempatan geogrid lapisan teratas terhadap pondasi menunjukkan bahwa penambahan kuat dukung terbesar diperoleh pada $L_G/B = 3$. Pada pengujian penggunaan geogrid 2 lapis diperoleh jarak antara lembaran geogrid (s) menunjukkan bahwa penambahan kuat dukung terbesar diperoleh dengan jarak $s = 0,4B$. Pada pengujian jumlah pemasangan lapisan geogrid menunjukkan bahwa kuat dukung meningkat dari pemasangan 1 lapisan menjadi 2 lapisan dan

penambahan jumlah selanjutnya tidak menunjukkan penambahan kuat dukung yang cukup signifikan.

REFERENSI

- [1] K. . Suryolelono, *Geosintetik Teknik*. Yogyakarta: Penerbit Nafiri, 2000.
- [2] H. . Hardiyatmo, *Teknik Fondasi 1*, Edisi Kedu. Yogyakarta: Beta Offset, 2002.
- [3] J. E. Bowles, *Analisis dan Desain Pondasi*, Edisi Keem. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1998.
- [4] K. . Suryolelono, *Perancangan Fondasi*. Yogyakarta: Penerbit Nafiri, 2004.
- [5] M. Simorangkir, "Analisis Daya Dukung Pondasi Dangkal Bujursangkar Dengan Perkuatan Geotekstil," USU Medan, 2004.
- [6] M. T. Das, B.M., and Omar, "The effects of foundation width on model tests for the bearing capacity of sand with geogrid reinforcement," *Geotech. Geol. Eng.*, vol. 12, pp. 133–141, 1994.
- [7] H. . Hardiyatmo, *Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya, Perancangan dan Aplikasi*. Yogyakarta: GadjahMada University Press, 2008.
- [8] H. . Hardiyatmo, *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: GadjahMada University Press, 2006.
- [9] R. . Koerner, *Designing with Geosynthetics*, Second Edi. Philadelphia: PRENTICE HALL, Englewood Cliffs, N.J. 07632.
- [10] B. . Das, *Principles of Foundation Engineering*, Fouth Edit. Boston: PWS-KENT Publishing Company, 1990.
- [11] R. Munir, *Metode Numerik*, Revisi Ked. Bandung: Penerbit Informatika, 2008.
- [12] P. Utomo, "Daya Dukung Ultimit Pondasi Dangkal Diatas Tanah Pasir Yang Diperkuat Geogrid," *Civ. Eng. Dimens.*, vol. 06, no. 01, pp. 15–20, 2004.
- [13] B. . Das, "Mekanika Tanah I," in *"Principles of Geotechnical Enginering*, Edisi Keem., I. . Mochtar, N.E, Mochtar, Ed. Fakultas Teknik Sipil ITS: Penerbit Erlangga, 1995.
- [14] Fragaszy, J.R., and Lawton, E., "Bearing capacity of reinforced sand subgrades," *J. Geotech. Eng. ASCE*, vol. 110, no. No.10, pp. 1500–1507, 1984.
- [15] Akinmusuru, J.O., and Akinbolade, J.A., "No Title," *Stab. loaded footing Reinf. soil.* *Journal Geotech. Eng. ASCE*, vol. 107, no. 06, pp. 819–827, 1981.
- [16] Yetimoglu,T., "Discussion: large model spread footing load tests on geosynthetic reinforced soil foundations," *J. Geotech. Geoenvironmental Eng. ASCE*, vol. 124, no. 11, pp. 1157–1158, 1998.

NOMENKLATUR

BCR	makna dari <i>Bearing Capacity Ratio</i>
c	makna dari kohesi tanah
C_c	makna dari <i>coefficient of gradation</i>
C_u	makna dari <i>coefficient of uniformity</i>
D_f	makna dari kedalaman pondasi
D_r	makna dari <i>relative density</i>
G_s	makna dari <i>specific gravity</i>
$Kp\gamma$	makna dari koefisien tekanan pasir
L_G	panjang bentangan geogrid
N	jumlah lapisan geogrid
N_c, N_q, N_γ	makna dari faktor kapasitas daya dukung
P_u	makna dari beban ultimit
q	makna dari tekanan persatuan luas
q_u	makna dari kapasitas daya dukung ultimate
q_{net}	makna dari kapasitas daya dukung ultimate bersih (netto)
q_R	makna dari beban per unit luas pada pondasi
s	makna dari jarak antar lapisan geogrid
V_m	makna dari volume cetakan
W_s	makna dari berat pasir yang digunakan untuk mengisi cetakan
z	makna dari jarak permukaan tanah dengan perletakan geogrid
τ_{xz}	makna dari distribusi tegangan geser
γ	makna dari berat volume tanah didasar
γ	makna dari berat isi tanah
γ_d	makna dari berat volume kering
γ_w	makna dari berat isi air
ϕ	makna dari sudut gesek dalam tanah.