



**PENGARUH KEDALAMAN PONDASI DAN PANJANG PONDASI
TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH PASIR PADA PONDASI PERSEGI
DENGAN JARAK LAPIS PERTAMA GEOGRID (u/B) = 0,3 DAN JARAK
ANTAR LAPIS GEOGRID (h/B) = 0,25**

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



JEPRIS HARI SAPUTRA

NIM. 135060101111054

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2017

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH KEDALAMAN PONDASI DAN PANJANG PONDASI TERHADAP DAYA
DUKUNG TANAH PASIR PADA PONDASI PERSEGI DENGAN JARAK LAPIS
PERTAMA GEOGRID (u/B) = 0,3 DAN JARAK ANTAR LAPIS GEOGRID (h/B) = 0,25**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh
gelar Sarjana Teknik



JEPRIS HARI SAPUTRA

NIM. 135060101111054

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 20 Juni 2017

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. As'ad Munawir, MT.
NIP. 19591111 198601 1 003

Dr. Ir. Harimurti, MT
NIP. 19600926 198802 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Dr. Eng. Indradi W, ST, M..Eng (Prac)
NIP. 19810220 200604 1 002

**LEMBAR IDENTITAS PENGUJI****JUDUL SKRIPSI:**

Pengaruh Kedalaman Pondasi dan Panjang Pondasi terhadap Daya Dukung Tanah Pasir pada Pondasi Persegi dengan Jarak Lapis Pertama Geogrid (u/B) = 0,3 dan Jarak Antar Lapis Geogrid (h/B) = 0,25.

Nama Mahasiswa : Jepris Hari Saputra

NIM : 135060101111054

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Geoteknik

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji I : Dr. Ir. As'ad Munawir, MT

Dosen Penguji II : Dr. Ir. Harimurti, MT

Dosen Penguji III : Eko Andi Suryo ST, MT, Ph.D

Tanggal Ujian : 12 Juni 2017

SK Penguji : 641/UN10.F07/SK/2017



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, Juni 2017

Mahasiswa,

Jepris Hari Saputra

NIM. 135060101111054

RIWAYAT HIDUP

Jepris Hari Saputra lahir di Blitar 19 September 1994 anak ketiga dari ayah Sunadji dan ibu Heni Pudji Rahayu. Mengenyam pendidikan di SDN Sananwetan 3 Kota Blitar dan lulus tahun 2007. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 3 Kota Blitar selama 3 tahun. Menempuh pendidikan di SMAN 2 Kota Blitar dan lulus pada tahun 2013. Setelah itu melanjutkan pendidikan S1 di Universitas Brawijaya Malang Jurusan Teknik Sipil lulus pada tahun 2017.

Semasa kuliah, ikut berpartisipasi sebagai Asisten Tugas Besar Mata Kuliah Statika, dan Asisten Laboratorium Mekanika Tanah dan Geologi. Mengikuti Kompetisi Jembatan Indonesia XII kategori Jembatan Busur, juga aktif sebagai Anggota Departemen Infokasi Himpunan Mahasiswa Sipil pada tahun 2014-2017.

Malang, Juni 2017

Penulis

LEMBAR PERUNTUKAN

Puji Syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat dan karunianya, Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Ucapan terima kasih juga tidak lupa saya haturkan kepada Bapak-Ibu serta Kakak yang telah memberikah dukungan moral dan material dalam proses menyelesaikan skripsi ini, Bapak-Ibu dosen dan dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan selama perkuliahan dan penyusunan skripsi. Begitu juga untuk Tim skripsi, Ellen, Putri, Karunia, Nadia, Anas, Ekki, dan Arif. Tidak lupa Yunita yang telah berjuang bersama dalam penyelesaian skripsi ini, dan teman-teman mahasiswa teknik sipil khusus nya teman-teman HMS, Struktur, dan Asisten Laboratorium Mektan.

Akhir kata, saya mengucapkan permintaan maaf yang atas kesalahan yang pernah saya lakukan selama ini. Sekian dan terima kasih.

Malang, Juni 2017

Penulis



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Kedalaman Pondasi dan Panjang Pondasi terhadap Daya Dukung Tanah Pasir pada Pondasi Persegi dengan Jarak Lapis Pertama Geogrid (u/B) = 0,3 dan Jarak Antar Lapis Geogrid (h/B) = 0,25”**.

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat kelulusan yang harus dipenuhi oleh mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya untuk meraih gelar sarjana serta diharapkan dapat menjadi sumbangsih bagi ilmu pengetahuan di bidang Teknik Sipil khususnya bidang Geoteknik.

Dalam menyusun skripsi ini, penulis telah banyak mendapat bantuan dan bimbingan. Maka dari itu penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, nenek, serta kakak yang telah memberikan dukungan secara penuh baik mental maupun materiil.
2. Ir. Sugeng P. Budio, MS dan Ir. Siti Nurlina, MT, selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang sangat membantu kelancaran tugas akhir ini.
3. Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST, M.Eng (Prac) selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang sangat membantu kelancaran tugas akhir ini.
4. Dr. Ir. As'ad Munawir dan Dr. Ir. Harimurti, MT selaku dosen pembimbing pertama dan kedua yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi saran serta masukan kepada penulis.
5. Eko Andi Suryo, ST, MT, Ph.D, Ir. Suroso, Dipl.HE, M.Eng, Dr. Ir. Arief Rachmansyah, MT, Dr.Eng. Yulvi Zaika, MT selaku dosen geoteknik yang telah meluangkan waktu memberi saran serta masukan kepada penulis.
6. Ir. Sugeng P. Budio, MS selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis selama perkuliahan.
7. Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS, selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Konstruksi Bahan
8. Bapak dan Ibu dosen Teknik Sipil yang telah memberikan saran dan masukan penulis.



9. Pak Sugeng, Pak Hadi, Mbak Retno dan Mas Dino selaku pihak dari Laboratorium Struktur dan Konstruksi Bahan yang telah membantu penulis.
10. Pak Ketut, Mbak Indah dan Mbak Asmi, selaku pihak dari Laboratorium Mekanika Tanah dan Geoteknik yang telah membantu penulis.
11. Anas, Putri, Arif, Karunia, Nadia, Ekki, dan Ellen yang merupakan satu tim dalam menyelesaikan tugas akhir dimana saling membantu dan merasakan susah senang bersama.
12. Yunita Wulansari yang telah memberikan banyak motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
13. Teman-teman asisten Laboratorium Mekanika Tanah dan teman-teman Divisi Struktur.
14. Almira, Izza, Galuh, Putra, Fadel, Rico, Memet, Irza, Rika, Brian, Rahadian, Lucky, Adven, Akbar, Candra, Kartini, Iwan, Awi, Arif, Rahmi.
15. Dan semua teman-teman Teknik Sipil yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang sangat membantu penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis pun menyadari bahwa penulis tidak terlepas dari kekurangan dan keterbatasan. Begitupun dalam penyusunan tugas akhir ini, dengan kerendahan hati penulis menantikan adanya masukan, baik berupa saran maupun kritik yang dapat bersifat membangun guna penyusunan laporan-laporan yang akan datang.

Akhir kata penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat dan berguna bagi pembaca dan semua pihak yang memerlukan.

Malang, Juni 2017

Penulis

**DAFTAR ISI**

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	xi
RINGKASAN	xii
SUMMARY	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pasir	7
2.2 Klasifikasi Tanah Pasir Berdasarkan U.S.C.S	9
2.2.1 Kepadatan Relatif Pasir	11
2.3 Geosintetik	11
2.4 Metode Pemadatan Lapangan	13
2.4.1 Metode <i>Surface Compaction</i>	13
2.4.2 Metode <i>Vibro-Compaction</i>	14
2.4.3 Metode <i>Compaction Grouting</i>	15
2.5 Geogrid	15
2.5.1 Jenis Geogrid	16
2.5.2 Karakteristik Geogrid Sebagai Bahan Perkuatan	18
2.6 Pondasi Dangkal	19
2.6.1 Tegangan Kontak	20
2.6.2 Pola Keruntuhan Pondasi Tanpa Perkuatan	21
2.6.3 Pola Keruntuhan Pondasi dengan Perkuatan	24
2.7 Daya Dukung Tanah	25
2.7.1 Rumus Kapasitas Dukung Secara Umum	26
2.7.2 Faktor Keamanan Pada Pondasi Dangkal	28
2.8 Penelitian Sebelumnya	28
2.8.1 Pengaruh Rasio Panjang Pondasi (L/B)	28

2.8.2	Penentuan Daya Dukung Tanah (qu).....	29
2.8.3	Efek Skala Model Terhadap Nilai Daya Dukung Teoritis.....	30
2.9	Bearing Capacity Ratio dan Settlement Reduction Factor.....	32
BAB III METODE PENELITIAN		35
3.1	Waktu dan Tempat.....	35
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	35
3.3	Jumlah dan Perlakuan Benda Uji.....	36
3.4	Metode Penelitian	37
3.4.1	Pengujian Dasar	38
3.4.2	Persiapan Benda Uji.....	38
3.4.3	Model Pengujian Pondasi	39
3.4.4	Pengujian Pembebanan	43
3.4.5	Metode Analisa Data.....	45
3.5	Variasi Penelitian	47
3.6	Bagan Alir Tahapan Penelitian	48
BAB IV PEMBAHASAN.....		51
4.1	Analisis Bahan	51
4.1.1	Analisis Mekanis Tanah.....	52
4.1.2	Analisis <i>Specific Gravity</i>	54
4.1.3	Analisis Kepadatan Tanah (<i>Compaction</i>)	54
4.1.4	Analisis Kuat Geser Langsung (<i>Direct Shear</i>)	56
4.2	Hasil Pengujian Kepadatan dan Kadar Air <i>Model Test</i>	57
4.2.1	<i>Model Test</i> Tanpa Perkuatan.....	57
4.2.2	<i>Model Test</i> dengan Perkuatan	58
4.3	Hasil Pengujian Daya Dukung Tanah Pasir Tanpa Perkuatan Geogrid.....	59
4.3.1	Hasil Perhitungan Teoritik.....	59
4.3.2	Hasil Eksperimen Menggunakan <i>Model Test</i>	60
4.3.3	Analisis Perbedaan Daya Dukung Tanah Secara Teoritik dan Eksperimen	64
4.3.4	Efek Skala Model terhadap Daya Dukung Teoritik.....	66
4.4	Hasil Pengujian Daya Dukung Pondasi Tanah Pasir dengan Perkuatan.....	69
4.4.1	Analisis Daya Dukung Pondasi Persegi pada Tanah Pasir dengan Perkuatan.....	69
4.4.2	Analisis Penurunan Tanah Pasir dengan Variasi Kedalaman Pondasi ...	69
4.4.3	Analisis Penurunan Tanah Pasir dengan Variasi Panjang Pondasi.....	75
4.5	Perbandingan Hubungan Penurunan dan Daya Dukung Tanah Pasir Tanpa Perkuatan dan Pasir dengan Perkuatan Geogrid	79



4.5.1	Rasio Kedalaman Pondasi (Df/B) = 0,3 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 1	79
4.5.2	Rasio Kedalaman Pondasi (Df/B) = 0,3 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 1,5.....	80
4.5.3	Rasio Kedalaman Pondasi (Df/B) = 0,3 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 2	80
4.5.4	Rasio Kedalaman Pondasi (Df/B) = 0,45 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 1	81
4.5.5	Rasio Kedalaman Pondasi (Df/B) = 0,45 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 1,5.....	82
4.5.6	Rasio Kedalaman Pondasi (Df/B) = 0,45 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 2	82
4.5.7	Rasio Kedalaman Pondasi (Df/B) = 0,6 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 1	83
4.5.8	Rasio Kedalaman Pondasi (Df/B) = 0,6 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 1,5.....	84
4.5.9	Rasio Kedalaman Pondasi (Df/B) = 0,6 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 2	84
4.5.10	Pengaruh geogrid berdasarkan hasil pada model	85
4.6	Analisis Bearing Capacity Ratio	85
4.6.1	<i>Bearing Capacity Ratio</i> (BCR) dengan Variasi Kedalaman Pondasi (Df)	86
4.6.2	<i>Bearing Capacity Ratio</i> (BCR) dengan Variasi Panjang Pondasi (L)	87
4.6.3	Analisis Perbedaan BCR Akibat Perubahan Nilai Variabel.....	88
BAB V PENUTUP		91
5.1	Kesimpulan.....	91
5.2	Saran	92
DAFTAR PUSTAKA		93
LAMPIRAN		96



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Rentang Ukuran Partikel	8
Tabel 2.2	Sistem Klasifikasi Tanah USCS.....	9
Tabel 2.3	Sistem klasifikasi USCS	10
Tabel 2.4	Fungsi produk geosintetik	13
Tabel 2.5	Faktor bentuk, kedalaman dan kemiringan yang rekomendasikan.	27
Tabel 2.6	Perbandingan nilai daya dukung model tes dan teoritis 1	30
Tabel 2.7	Perbandingan nilai daya dukung model tes dan teoritis 2	30
Tabel 3.1	Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Persegi Tanpa Perkuatan	45
Tabel 3.2	Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Persegi Dengan Perkuatan.....	46
Tabel 3.3	<i>Bearing Capacity Improvement (BCI)</i> Untuk Variasi Panjang Pondasi terhadap Lebar Pondasi (L/B) dan Variasi Jarak Antar Kedalaman pondasi (Df/B)	47
Tabel 4.1	Spesifikasi Geogrid	52
Tabel 4.2	Hasil pengujian specific gravity pada tanah pasir sample.	54
Tabel 4.3	Matriks pengujian.....	58
Tabel 4.4	Hasil uji kadar air dan kepadatan <i>model test</i> tanpa perkuatan	58
Tabel 4.5	Hasil uji kadar air dan kepadatan <i>model test</i> dengan perkuatan	59
Tabel 4.6	Nilai daya dukung tanah tanpa perkuatan secara teoritik.....	59
Tabel 4.7	Daya dukung tanah tanpa perkuatan berdasarkan hasil eksperimen	60
Tabel 4.8	Perbandingan nilai teoritis dengan nilai model tes	66
Tabel 4.9	Perhitungan nilai N_y^* berdasarkan teori Shiraishi.....	68
Tabel 4.10	Daya dukung ultimit (daya dukung pada $s/B=0.1$) tanah pasir dengan perkuatan geogrid hasil eksperimen	69
Tabel 4.11	Peningkatan daya dukung pada variasi kedalaman pondasi (Df/B).....	86
Tabel 4.12	Peningkatan daya dukung pada variasi panjang geogrid (L/B)	87
Tabel 4.16	Selisih peningkatan daya dukung (BCR) pada variabel Df	88
Tabel 4.17	Selisih peningkatan daya dukung (BCR) pada variabel L	89



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
<i>Gambar 2.1</i>	Bentuk-bentuk butiran tanah pasir.....	8
<i>Gambar 2.2</i>	Klasifikasi Geosintetik	12
<i>Gambar 2.3</i>	<i>Pneumatic rubber-tired rollers</i> dan <i>smooth-wheel roller</i>	13
<i>Gambar 2.4</i>	<i>Dynamic compaction</i>	14
<i>Gambar 2.5</i>	Proses <i>vibro-compaction</i>	14
<i>Gambar 2.6</i>	Proses <i>compaction grouting</i>	15
<i>Gambar 2.7</i>	Geogrid Uniaksial.....	16
<i>Gambar 2.8</i>	Geogrid Biaksial	17
<i>Gambar 2.9</i>	Geogrid Triaksial.....	17
<i>Gambar 2.10</i>	Geogrid berdasarkan cara penyambung elemennya	17
<i>Gambar 2.11</i>	Diagram Kuat Tarik Geogrid.....	18
<i>Gambar 2.12</i>	Mekanisme kerja geogrid dengan butiran pasir.....	19
<i>Gambar 2.13</i>	Jenis pondasi dangkal	19
<i>Gambar 2.14</i>	Tegangan Kontak.....	20
<i>Gambar 2.15</i>	Fase Keruntuhan Pondasi	21
<i>Gambar 2.16</i>	Macam Keruntuhan Pondasi.....	23
<i>Gambar 2.17</i>	Grafik Hubungan D_f/B dan D_r pada Tanah Pasir	24
<i>Gambar 2.18</i>	Keruntuhan pondasi dangkal dengan perkuatan.....	25
<i>Gambar 2.19</i>	Grafik Tegangan-Penurunan untuk Pondasi dengan Dimensi yang Berbeda	28
<i>Gambar 2.20</i>	Metode penentuan nilai daya dukung pada pondasi dangkal (a) metode <i>tangent intersection</i> ; (b) Metode Log – Log; (c) Metode <i>Hiperbolic</i> ;(d) Metode $0,1B$	29
<i>Gambar 2.21</i>	Perbedaan N_γ pada pondasi sebenarnya dengan model tes.....	31
<i>Gambar 2.22</i>	Grafik hubungan rasio N_γ^*-B	32
<i>Gambar 2.23</i>	Penentuan BCR untuk (a) titik runtuh tidak diketahui, (b) titik runtuh diketahui	33
<i>Gambar 3.1</i>	(a) Silinder beton (b) Pondasi (c) Geogrid (d) <i>Hydraulic Jack</i> dan LVDT (e) Load Cell (f) Box pengujian.	36

<i>Gambar 3.2</i>	Potongan Melintang Model Tes Percobaan (a) Tanpa Perkuatan; (b) Dengan Perkuatan	37
<i>Gambar 3.3</i>	Layer pengambilan density.	38
<i>Gambar 3.4</i>	(a) sebelum dilakukan pemadatan pasir diratakan terlebih dahulu; (b) proses pemadatan pasir dengan silinder beton	39
<i>Gambar 3.5</i>	Pengujian kadar air dan density pada sampel uji.	40
<i>Gambar 3.6</i>	(a) Penempatan posisi pondasi sehingga tepat di tengah; (b) membuat garis untuk plot bentuk pondasi; (c) garis yang digunakan sebagai acuan letak pondasi; (d) Meletakkan mal untuk mengukur kedalaman pondasi yang digunakan; (e) kontrol kedalaman pondasi setelah mal dilepas; (f) memasang pondasi yang akan digunakan; (g) kontrol waterpass sehingga tidak ada inklinasi; (h) penimbunan tanah kembali sesuai dengan volume kepadatan tanah; (i) pondasi siap untuk dibebani.	41
<i>Gambar 3.7</i>	perletakan geogrid pada sampel uji.	42
<i>Gambar 3.8</i>	pemsangan load cell pada sampel uji	43
<i>Gambar 3.9</i>	LVDT yang telah terpasang.	44
<i>Gambar 3.10</i>	Siap dilakukan uji pembebanan.....	44
<i>Gambar 3.11</i>	Model pengujian sampel.	45
<i>Gambar 3.12</i>	Bagan alir penelitian	49
<i>Gambar 4.1</i>	Model Pondasi.....	51
<i>Gambar 4.2</i>	Kurva distribusi ukuran butiran.....	53
<i>Gambar 4.3</i>	Hasil pengujian pemadatan di laboratorium mekanika tanah	55
<i>Gambar 4.4</i>	Metode pengambilan kepadatan model.....	56
<i>Gambar 4.5</i>	Grafik Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i> (a) Grafik hubungan tegangan geser dan regangan (b) grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser.	57
<i>Gambar 4.6</i>	Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Tanpa perkuatan; $D_f/B=0,3$).....	61
<i>Gambar 4.7</i>	Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Tanpa perkuatan; $D_f/B=0,45$).....	61
<i>Gambar 4.8</i>	Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Tanpa perkuatan; $D_f/B=0,6$).....	62
<i>Gambar 4.9</i>	Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Tanpa perkuatan; $L/B=1$).....	63

<i>Gambar 4.10</i>	Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Tanpa perkuatan; $L/B=1,5$).....	63
<i>Gambar 4.11</i>	Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Tanpa perkuatan; $L/B=2$).....	64
<i>Gambar 4.12</i>	Perbandingan nilai daya dukung secara teoritik dan hasil eksperimen dengan variasi L/B dengan $Df/B = 0,3$	65
<i>Gambar 4.13</i>	Perbandingan nilai daya dukung secara teoritik dan hasil eksperimen dengan variasi L/B dengan $Df/B = 0,45$	65
<i>Gambar 4.14</i>	Perbandingan nilai daya dukung secara teoritik dan hasil eksperimen dengan variasi L/B dengan $Df/B = 0,6$	66
<i>Gambar 4.15</i>	Perbandingan nilai $q_u/\gamma B$ antara model dengan metode teoritis Mayerhoff.	67
<i>Gambar 4.16</i>	Perbandingan besar nilai daya dukung skala model dengan teoritis (Mayerhoff) pada lebar pondasi yang berbeda beda	67
<i>Gambar 4.17</i>	Grafik hubungan $N_{\gamma}^*/N_{\gamma}-B$ modifikasi Shiraishi (1990) dan model tes ...	68
<i>Gambar 4.18</i>	Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi kedalaman pondasi (Dengan perkuatan; $L/B=1$; $u/B=0,3$; $h/B=0,25$).....	70
<i>Gambar 4.19</i>	Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi kedalaman pondasi (Dengan perkuatan; $L/B=1,5$; $u/B=0,3$; $h/B=0,25$)... ..	71
<i>Gambar 4.20</i>	Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi kedalaman pondasi (Dengan perkuatan; $L/B=2$; $u/B=0,3$; $h/B=0,25$).....	73
<i>Gambar 4.21</i>	Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Dengan perkuatan; $h/B=0,25$; $u/B=0,3$; $Df/B=0,3$)	75
<i>Gambar 4.22</i>	Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Dengan perkuatan; $h/B=0,25$; $u/B=0,3$; $Df/B=0,45$) ...	76
<i>Gambar 4.23</i>	Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Dengan perkuatan; $h/B=0,25$; $u/B=0,3$; $Df/B=0,6$)	78
<i>Gambar 4.24</i>	Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=1$; $Df/B=0,3$)	79
<i>Gambar 4.25</i>	Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=1,5$; $Df/B=0,3$)	80
<i>Gambar 4.26</i>	Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=2$; $Df/B=0,3$)	80

<i>Gambar 4.27</i>	Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=1$; $D_f/B=0,45$).....	81
<i>Gambar 4.28</i>	Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=1,5$; $D_f/B=0,45$).....	82
<i>Gambar 4.29</i>	Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=2$; $D_f/B=0,45$).....	82
<i>Gambar 4.30</i>	Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=1$; $D_f/B=0,6$).....	83
<i>Gambar 4.31</i>	Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=1,5$; $D_f/B=0,6$).....	84
<i>Gambar 4.32</i>	Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=2$; $D_f/B=0,6$).....	84
<i>Gambar 4.33</i>	Perbandingan nilai BCR untuk varisi D_f/B	86
<i>Gambar 4.34</i>	Perbandingan nilai BCR untuk varisi L/B	88

**DAFTAR LAMPIRAN**

No.	Judul	Halaman
	Lampiran 1 Analisis Gradasi Butiran Tanah (Gransize)	96
	Lampiran 2 Analisis Specific Gravity	97
	Lampiran 3 Analisis Uji Geser Langsung (Direct Shear)	100
	Lampiran 4 Analisis Uji Pemdatan Standar (ASTM D-698-70 METODE B)	102
	Lampiran 5 Hasil Pengujian Kepadatan dan Kadar Air Benda Uji	105
	Lampiran 6 Hasil Pengujian daya dukung dan Penurunan Benda Uji	115
	Lampiran 7 Perhitungan Daya Dukung Tanah Pasir Tanpa Perkuatan dengan Metode Analitik	144
	Lampiran 8 Dokumentasi Penelitian	161

RINGKASAN

Jepris Hari Saputra, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2017, *Pengaruh Kedalaman Pondasi dan Panjang Pondasi terhadap Daya Dukung Tanah Pasir pada Pondasi Persegi dengan Jarak Lapis Pertama Geogrid (u/B) = 0,3 dan Jarak Antar Lapis Geogrid (h/B) = 0,25*, Dosen Pembimbing : Dr. Ir. As'ad Munawir, MT dan Dr. Ir. Harimurti, MT.

Dalam perancangan suatu bangunan pasti memperhatikan aspek-aspek yang berpengaruh terhadap suatu bangunan tersebut, salah satu aspek tersebut yaitu beban. Beban yang diterima dari struktur atas (*upper structure*) suatu bangunan selanjutnya akan ditransfer menuju struktur bawah (*sub structure*). Dalam hal ini, pondasi yang merupakan struktur bawah mempunyai fungsi yang sangat penting dalam mempertahankan struktur bangunan agar tidak mengalami suatu kegagalan. daya dukung tanah dimana akan berdirinya suatu bangunan sangat berperan penting. Kegagalan pada pondasi dapat terjadi karena kurangnya daya dukung suatu tanah. Dalam upaya perbaikan tanah banyak metode yang dapat digunakan, pemilihan metode tersebut harus memperhatikan kondisi dan jenis tanah yang akan diperbaiki. Geogrid termasuk dalam jenis geosintetis, yang mampu meningkatkan ikatan antara partikel tanah pasir sehingga daya dukung dapat meningkat.

Pengujian pada penelitian ini meliputi pengujian daya dukung dan penurunan dengan menggunakan *dial LVDT* dan *hidraulic jack* pada pemodelan fisik pondasi dengan kombinasi berbagai variabel. Perlakuan antara benda uji tanpa perkuatan dan dengan perkuatan sama saja baik dari persiapan awal sampai pengujian. Tinggi total model tanah adalah 70 cm yang kemudian dimasukkan bertahap pada box uji setiap ketinggian 10 cm. Pada setiap 10 cm (1 layer) dilakukan pengecekan kepadatan dan kadar air pada masing masing layer. Kemudian dilakukan pemasangan pondasi dan geogrid sesuai dengan variabel pada tengah box dan dipastikan tidak mengalami kemiringan (*inklinasi*). Pada penelitian ini digunakan variasi rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (D_f/B) sebesar 0,3; 0,45; 0,6, dan juga variasi rasio panjang pondasi dengan lebar pondasi (L/B) sebesar 1; 1,5; 2, dengan variasi model dimensi pondasi yang digunakan yaitu 12cm x 12cm; 12 x 18cm; 12cm x 24cm. Rasio jarak antar geogrid dengan lebar pondasi (h/B) yang digunakan adalah 0,25, rasio jarak lapis pertama geogrid dengan lebar pondasi (u/B) adalah 0,3, dan dengan menggunakan lapis geogrid berjumlah 3 lapis.

Menurut hasil penelitian yang telah dilakukan pada variasi kedalaman pondasi (D_f) didapatkan hasil bahwa dengan semakin meningkatnya nilai variasi D_f/B maka nilai BCR semakin menurun, sehingga nilai BCR maksimum diperoleh saat nilai D_f/B sebesar 0,3. Sedangkan untuk variasi panjang pondasi (L) didapatkan bahwa nilai maksimum pada variasi ini didapatkan saat nilai L/B sebesar 1. Penggunaan geogrid mampu meningkatkan daya dukung rata-rata sebesar 2,221 kali lipat. Peningkatan maksimum terjadi apabila digunakan rasio D_f/B sebesar 0,3 dan nilai rasio L/B sebesar 1 yaitu dengan nilai 2,481.

Kata Kunci: *Daya Dukung, Pasir, Pondasi Persegi, Kedalaman pondasi, Panjang pondasi, Geogrid.*

SUMMARY

Jepris Hari Saputra, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering of University Brawijaya, May 2017, Effect of Depth and Length of Foundation on Bearing Capacity of Sand Soil for Rectangular Foundation with Geogrid Top Layer Spacing (u/B) = 0,3 and Geogrid Layers Spacing (h/B) = 0,25, Supervisors : As'ad Munawir, and Harimurti

In design of a building notice to aspects that affect a building, one of the aspect is the load. The load received from the upper structure of a building then be transferred to the lower structure (sub structure). In this case, the foundation is the bottom structure has a very important function in maintaining the structure of the building failure. Bearing capacity of land where the establishment of a building is very important role. Failure of the foundation can occur due to a lack of bearing capacity of a soil. In soil improvement efforts, many methods can be used, the selection of the method should take into the condition and the type of soil to be repaired. Geogrid is included in the geosynthetic species, which is able to increase the bond between the sand, soil particles so that the bearing capacity can increase.

The Tests in this study include testing the bearing capacity and decrease by using LVDT dial and hydraulic jack on physical modeling of the foundation with the combination of various variables. The treat between test specimens without reinforcement and with reinforcement is the same either from the initial preparation to the test. The total height of the soil model is 70 cm which is inserted gradually on the test box every 10 cm height. At every 10 cm (1 layer) checks the density and water content of each layer. Then done the installation of the foundation and geogrid in accordance with the variable in the middle of the box and certainly not slope (inclination). In this research used a variation of the foundation depth ratio to the foundation width (Df/B) equal to 0,3; 0,45; 0,6, and also a variation of foundation length ratio to the foundation width (L/B) of 1; 1,5; 2, with the variation of the foundation dimension model used is 12cm x 12cm; 12 x 18cm; 12cm x 24cm. The ratio of the distance between geogrids to the width of the foundation (h / B) used was 0.25, the ratio of the first geogrid layer spacing to the foundation (u / B) width was 0.3, and by using three layers of geogrid layer.

According to the results of research that has been done on the foundation depth variation (dF), it is found that with the increasing value of the dF/B variable, the BCR value decreases, so the maximum BCR value is obtained when the dF/B value is 0.3. As for the variation of foundation length (L) found that the maximum value in this variation obtained when the value of L/B of 1. The use of geogrid capable of increasing the average bearing capacity of 2.221-fold. The maximum increase occurs when the ratio of df/B is 0.3 and the value of the ratio of L/B of 1 is 2.481.

Keywords: Bearing capacity, Sand, Square Foundation, Depth of foundation, Geogrid.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perancangan suatu bangunan pasti memperhatikan aspek-aspek yang berpengaruh terhadap suatu bangunan tersebut, salah satu aspek tersebut yaitu beban. Beban yang diterima dari struktur atas (*upper structure*) suatu bangunan selanjutnya akan ditransfer menuju struktur bawah (*sub structure*). Dalam hal ini, pondasi yang merupakan struktur bawah mempunyai fungsi yang sangat penting dalam mempertahankan struktur bangunan agar tidak mengalami suatu kegagalan. Dengan perencanaan dan pelaksanaan pembangunan struktur pondasi yang benar maka tingkat keawetan, kekuatan, dan keamanan suatu bangunan akan semakin tinggi. Salah satu jenis pondasi yang sering digunakan adalah pondasi persegi. Pondasi persegi termasuk kedalam jenis pondasi dangkal dengan memiliki ciri-ciri yaitu perbandingan luas penampang terhadap kedalaman < 4 .

Untuk mengoptimalkan fungsi pondasi, daya dukung tanah dimana akan berdirinya suatu bangunan sangat berperan penting. Kapasitas/daya dukung tanah (*bearing capacity*) merupakan kekuatan tanah menahan suatu beban yang bekerja padanya yang disalurkan melalui pondasi. Indonesia memiliki jenis dan karakteristik tanah yang berbeda beda, salah satunya adalah tanah pasir. Tanah pasir memiliki daya dukung yang cukup baik, namun tanah pasir merupakan material dengan nilai kohesifitas yang sangat kecil, apalagi pada pasir lepas (*loose sand*) yang nilai kohesi hampir tidak ada. Rendahnya nilai kohesi akan berpengaruh terhadap besarnya butiran pasir dalam bergerak pada saat diberi beban yang kemudian mengakibatkan tingginya nilai penurunan. Dengan mempertimbangkan sifat-sifat dan pengaruh yang dimiliki tanah pasir maka diperlukan perbaikan tanah, sehingga daya dukung tanah tersebut dapat meningkat.

Dalam upaya perbaikan tanah banyak metode yang dapat digunakan, pemilihan metode tersebut harus memperhatikan kondisi dan jenis tanah yang akan diperbaiki. Geogrid termasuk dalam jenis geosintetik, yang mampu meningkatkan ikatan antara partikel tanah pasir sehingga daya dukung dapat meningkat. Perkuatan tanah pasir menggunakan geogrid pada pondasi persegi mengalami perkembangan pesat dari waktu ke waktu.

Pada penelitian Yetimoglu et al. (1994), perkuatan tanah dilakukan dengan permodelan pondasi menggunakan pelat baja persegi yang memiliki panjang 127 mm, lebar 101,5 mm dan tebal 12,5 mm. Model diuji pada kondisi tanah pasir dengan $D_r = 70-73\%$ dan nilai sudut geser sekitar 40° . Dengan variasi jumlah lapisan perkuatan 1-4 buah, didapat nilai peningkatan daya dukung tanah 1,8 hingga 3,9 kali lipat pada penggunaan 4 lapis perkuatan, namun peningkatan nilai daya dukung tidak terlalu signifikan pada penggunaan 4 lapis geogrid.

Pada penelitian Mirzaeifar H. dan Ghazavi M. (2010), dilakukan perkuatan tanah pasir terhadap pondasi dangkal dengan parameter berupa rasio kedalaman lapis pertama perkuatan, rasio bentuk perkuatan, rasio jarak antar lapis perkuatan menggunakan geogrid. Dari bentuk pondasi jenis “+”, “T”, “H” dan bujur sangkar didapatkan hasil peningkatan nilai daya dukung meningkat hingga mendekati tiga kali lipat pada penggunaan 4 lapis perkuatan, dengan nilai optimum 3 lapis pada jenis pondasi bujur sangkar. Dari penelitian tersebut didapatkan juga bahwa nilai lebar perkuatan yang efektif adalah sebesar 3B.

Pada penelitian Shin E. C. dan Das B. M. (2000), dilakukan perkuatan tanah pasir menggunakan geogrid pada pondasi menerus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada rasio kedalaman pondasi sebesar 0,3 memberikan nilai peningkatan daya dukung yang lebih besar jika dibandingkan dengan nilai peningkatan daya dukung tanah pada rasio kedalaman pondasi sebesar 0,6. Namun dengan rasio $D_f/B = 0,6$ akan menghasilkan daya dukung yang lebih besar dibandingkan dengan rasio $D_f/B = 0,3$.

Pada penelitian Qiming Chen (2007), perkuatan tanah dilakukan dengan pemodelan pondasi persegi 152 x 152 mm dan 152 x 254 mm. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa daya dukung ultimit dari tanah pasir yang diperkuat oleh geogrid untuk pondasi persegi dengan ukuran 152 x 152 mm lebih besar daripada pondasi 152 x 254 mm. Hasil pengujian ini sesuai dengan teori analisis dari rumus daya dukung yang digagas oleh Vesic (1973).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada permodelan perkuatan tanah agar didapatkan fungsi geogrid yang maksimal. Penelitian meliputi permodelan dengan membuat variasi rasio panjang pondasi (L/B), dan variasi rasio kedalaman pondasi (D_f/B), rasio jarak antar lapis perkuatan (h/B) dan rasio jarak lapis pertama geogrid (u/B). Dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan nilai daya dukung tanah pasir maksimal serta tidak berseberangan dengan penelitian yang telah ada.

1.2 Identifikasi Masalah

Mengacu pada latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka identifikasi masalah yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Kohesi yang dihasilkan dari tanah pasir sangat kecil sehingga daya dukung tanah kecil untuk menahan beban diatasnya.
2. Diperlukan solusi perkuatan tanah menggunakan geogrid untuk tanah pasir agar daya dukung meningkat.
3. Solusi perbaikan menggunakan geogrid dengan variasi rasio kedalaman pondasi (D_f/B) dan rasio panjang pondasi (L/B) dan diharapkan memberikan hasil yang maksimal.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diketahui, maka menghasilkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan nilai daya dukung tanah yang terjadi ketika diberikan perkuatan geogrid dengan tanah pasir tanpa perkuatan?
2. Berapa nilai rasio panjang pondasi (L/B) pada tanah pasir dengan perkuatan geogrid agar memberikan peningkatan daya dukung yang maksimum?
3. Berapa nilai rasio kedalaman pondasi (D_f/B) pada tanah pasir dengan perkuatan geogrid agar memberikan peningkatan daya dukung yang maksimum?
4. Bagaimana perbandingan hasil peningkatan daya dukung tanah pasir akibat perkuatan geogrid antara variabel rasio panjang pondasi (L/B) dan variabel rasio kedalaman pondasi (D_f/B) yang memberikan peningkatan yang lebih dominan?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini untuk memperjelas ruang lingkup penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur serta Laboratorium Mekanika Tanah dan Geoteknik, Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Brawijaya.
2. Tanah pada penelitian ini menggunakan tanah pasir homogen isotropis yang merupakan jenis tanah pasir bersimbol SP (*Poorly Graded Sand*) yang diklasifikasi menurut sistem *Unified (U.S.C.S)* dengan nilai RC 85 %.
3. Geosintetik yang digunakan adalah jenis geogrid tipe biaxial Miragrid ® GX 40/40.

4. Menggunakan geogrid jenis biaxial yang diproduksi oleh PT. Tetrasa Geosinindo.
5. Menggunakan air PDAM Kota Malang.
6. Menggunakan jenis pondasi dangkal persegi dengan lebar pondasi 12 cm.
7. Jumlah lapisan geogrid yang digunakan dalam pemodelan pondasi ini adalah 3 lapis perkuatan.
8. Lebar perkuatan (B_r) yang digunakan adalah $3B$ dan panjang perkuatan (L_r) yang digunakan adalah $3L$.
9. Rasio jarak lapis pertama geogrid (u/B) = 0,3.
10. Rasio jarak antar lapis geogrid (h/B) = 0,25.
11. Pengidentifikasian daya dukung dengan benda uji menggunakan 3 variasi rasio panjang pondasi (L/B) yaitu 1; 1,5; dan 2 serta 3 variasi rasio kedalaman pondasi (D_f/B) sebesar 0,3; 0,45; dan 0,6.
12. Tidak dibahas analisis kimia, maupun ekonomi dari perkuatan geogrid pada penelitian ini.
13. Tidak dilakukan pembebanan secara siklik, sehingga hanya satu kali pembebanan.

1.5 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh perkuatan geogrid dengan variasi rasio panjang pondasi (L/B) dan rasio kedalaman pondasi (D_f/B) terhadap nilai daya dukung tanah pasir jika dibandingkan dengan nilai daya dukung tanah pasir tanpa perkuatan.
2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan variasi rasio panjang pondasi (L/B) terhadap nilai daya dukung tanah pasir untuk pondasi persegi dengan perkuatan geogrid.
3. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan variasi rasio kedalaman pondasi (D_f/B) terhadap nilai daya dukung tanah pasir untuk pondasi persegi dengan perkuatan geogrid.
4. Untuk mengetahui variabel yang memberikan nilai peningkatan daya dukung tanah pasir yang lebih dominan dari variabel rasio panjang pondasi (L/B) dan variabel rasio kedalaman pondasi (D_f/B) untuk pondasi persegi dengan perkuatan geogrid.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat dijadikan sebagai pertimbangan dan informasi dalam pemilihan rasio panjang pondasi (L/B) dan rasio kedalaman pondasi (Df/B) yang maksimum pada perencanaan perkuatan pondasi persegi menggunakan geogrid untuk tanah pasir.
2. Memberikan informasi mengenai besar pengaruh kedalaman pondasi yang diletakkan overburden tertutup untuk pondasi persegi menggunakan geogrid.
3. Dapat menjadi pilihan alternatif perkuatan tanah pasir menggunakan geogrid pada pondasi persegi.
4. Dapat dijadikan sebagai referensi bahan acuan yang bisa dipergunakan sebagai penelitian lanjutan mengenai perbaikan daya dukung tanah pada pondasi persegi menggunakan geogrid.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pasir

Pasir merupakan material yang lepas karena partikel-partikelnya tidak memiliki gaya ikat satu dengan yang lainnya. Pettijohn dan Siever (1973) memberikan pendapat mengenai definisi pasir yang merupakan material granular alami yang belum terkonsolidasi. Pasir tersusun dari butiran-butiran yang berukuran dari 0,0625 – 2 mm. Lanau merupakan material yang lebih halus dari pasir, dan yang lebih besar disebut sebagai kerikil.

Berikut ini merupakan persyaratan pasir atau agregat halus yang baik sebagai bahan bangunan. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan $< 2,2$. Apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat harus bersifat kekal. Lumpur yang terkandung tidak boleh lebih dari 5% dan apabila kandungan lumpur pada pasir lebih dari 5% maka pasir harus dicuci. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik yang terlalu banyak. Susunan besar butir pasir mempunyai modulus kehalusan 1,5 sampai 3,8 dan terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam. Tanah pasir merupakan tanah yang memiliki butiran tanah yang terpisah ketika keadaan kering dan melekat hanya apabila berada dalam keadaan basah akibat gaya tarik permukaan di dalam air. Tanah pasir merupakan tanah non-koheusif yang tidak memiliki garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air. Tetapi dalam beberapa kondisi tertentu, tanah non-koheusif dengan kadar air cukup tinggi dapat bersifat sebagai suatu cairan kental. Tarikan permukaan memberikan tanah non-koheusif suatu kohesi semu (apparent cohesion) yang disebut demikian karena kohesi tersebut akan hilang apabila tanah itu benar-benar kering atau benar-benar jenuh. (Bowles, 1993:38)

Teng (1981) menjelaskan bahwa karakteristik dari tanah granular antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Secara umum merupakan material yang baik sebagai tanah dasar dari struktur maupun jalan. Kecuali pasir lepas, daya dukung dari tanah granular besar dan penurunan yang terjadi kecil. Penurunan terjadi dalam waktu singkat setelah beban diberikan.

- b. Merupakan material tanggul yang baik, karena memiliki kuat geser yang tinggi. Mudah dipadatkan, dan tidak rentan membeku.
- c. Merupakan material timbunan (backfill) terbaik untuk dinding penahan, dinding basement, dan lainnya dikarenakan gaya tekan lateralnya yang kecil, mudah dipadatkan, dan mudah mengalirkan air.
- d. Tidak dapat digunakan sebagai tanggul untuk bendungan, reservoir, dan lain-lain karena memiliki permeabilitas. Oleh karena itu, diperlukan proses dewatering pada tanah pasir yang berada di bawah muka air tanah rentan mengalami penurunan bila terkena beban yang bergetar. Kriteria teknis dari tanah berbutir sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kepadatan, gradasi, dan bentuk butiran penyusunnya. Bentuk dari butiran penyusun tanah pasir dapat diamati menggunakan mata telanjang maupun dengan bantuan kaca pembesar. Bentuk dari butiran-butiran tersebut dideskripsikan dalam bentuk *angular*, *subangular*, *subrounded*, *rounded*, dan *very rounded*.



Gambar 2.1 Bentuk-bentuk butiran tanah pasir

Sumber: Teng (1981)

Tanah yang termasuk tipe pasir atau kerikil (disebut juga tanah berbutir kasar) jika, setelah kerikil disingkirkan, lebih dari 65% material tersebut berukuran pasir dan kerikil. Pasir dan kerikil dapat dibagi menjadi fraksi-fraksi kasar, medium, dan halus, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1. Partikel pasir biasanya mengandung butiran-butiran mineral (Craig, R.F.1989:11). Rentan ukuran partikel ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1
Rentang Ukuran Partikel

Lempung	Lanasu			Pasir			Kerikil			Cobbles	Boulders
	Halus	Medium	Kasar	Halus	Medium	Kasar	Halus	Medium	Kasar		
0,001	0,002	0,006	0,02	0,06	0,2	0,6	2	6	20	60	200
	0,01			0,1		1		10		100	

Ukuran partikel (mm)

Sumber : Craig, R.F(1989. Mekanika Tanah Edisi ke Empat)

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:

- a. Pasir kasar: butirannya lolos saringan no. 4 (4,75 mm) dan tertahan dalam saringan no. 10 (2 mm).
- b. Pasir medium : butirannya lolos saringan no. 10 (2 mm) dan tertahan dalam saringan no. 40 (0,425 mm).
- c. Pasir halus : butirannya lolos saringan no. 40 (0,425 mm) dan tertahan dalam saringan no. 200 (0,075 mm) (Hardiyatmo, H.C., 2011:2).

2.2 Klasifikasi Tanah Pasir Berdasarkan U.S.C.S

Metode klasifikasi tanah dengan menggunakan USCS (Unified Soil Classification System) merupakan metode klasifikasi tanah yang cukup banyak digunakan dalam bidang geoteknik. Klasifikasi ini diusulkan oleh Cassagrande pada tahun 1942 kemudian dikembangkan oleh United State Bureau of Reclamation (USBR) dan United State Army Corps of Engineer (USACE). Kemudian American Society for Testing and Materials (ASTM) telah memakai USCS sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah. Pada masa kini, sistem klasifikasi ini sudah dipergunakan secara luas oleh para ahli teknik dan banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik.

Sistem USCS mengelompokkan tanah ke dalam dua divisi utama. Tanah diklasifikasikan sebagai tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika lebih dari 50% tertahan pada saringan no. 200 dan sebagai tanah berbutir halus (lanau dan lempung) jika 50% atau lebih lolos saringan no. 200. Pendapat yang disampaikan oleh Bowles (1991) kelompok-kelompok tanah utama pada sistem klasifikasi *Unified* diperlihatkan pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2
Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	$w_L < 50\%$	L
Organik	O	$w_L > 50\%$	H
Gambut	Pt		

Klasifikasi sistem tanah USCS secara visual di lapangan sebaiknya dilakukan pada setiap pengambilan contoh tanah. Hal ini berguna di samping untuk dapat menentukan pemeriksaan yang mungkin perlu ditambahkan, juga sebagai pelengkap klasifikasi yang dilakukan di laboratorium agar tidak terjadi kesalahan tabel.

Dimana :

W = *Well Graded* (tanah dengan gradasi baik),

P = *Poorly Graded* (tanah dengan gradasi buruk),

L = *Low Plasticity* (plastisitas rendah, $LL < 50$),

H = *High Plasticity* (plastisitas tinggi, $LL > 50$).

Tabel 2.3
Sistem klasifikasi USCS

Klasifikasi umum		Simbol klasifikasi	Nama jenis	Kriteria klasifikasi		
Tanah berbutir kasar, lebih dari 50% tertahan pada ayakan 75 μ	50% atau lebih bagian kasar dari butiran kasar tertahan pada ayakan 4,76 mm	Kerikil berair	GW	Kerikil yang mempunyai pembagian ukuran butir yang baik, campuran kerikil dan pasir, sedikit atau tanpa butiran halus	$U_c = D_{60}/D_{10}$ lebih besar dari 4 $U_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ bernilai antara 1-3 Tidak sesuai dengan kriteria GW.	
			GP	Kerikil yang mempunyai pembagian ukuran butir yang buruk, campuran kerikil dan pasir, sedikit atau tanpa butiran halus		
		Kerikil berbutiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil, pasir dan lanau	Batas Atterberg terletak di bawah garis A atau Index Plastisitas < dari 4 Batas Atterberg terletak di atas garis A dan Index Plastisitas > dari 7	
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil, pasir dan lempung		
	50% atau lebih pasir kasar dari butiran kasar lolos melalui ayakan 4,76 mm	Pasir berair	SW	Pasir yang mempunyai pembagian ukuran butir yang baik, pasir dari pecahan kerikil, tanpa atau sedikit butiran halus	$U_c = D_{60}/D_{10}$ lebih besar dari 6 $U_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ bernilai antara 1-3 Tidak sesuai dengan kriteria SW	
			SP	Pasir yang mempunyai pembagian ukuran butir yang buruk, pasir dari pecahan kerikil, tanpa atau sedikit butiran halus		
		Pasir berbutiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir dan lanau	Batas Atterberg terletak di bawah garis A atau Index Plastisitas < dari 4 Batas Atterberg terletak di atas garis A atau Index Plastisitas > dari 7	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir dan lempung		
		Tanah berbutir halus lebih dari 50% lolos ayakan 75 μ	Lanau dan lempung $LL \leq 50$	ML	Lanau inorganik, pasir sangat halus, debu padas, pasir halus berlanau atau berlempung	
				CL	Lempung inorganik dengan plastisitas rendah atau sedang, lempung dari kerikil Lempung berpasir, lempung berlanau, lempung dengan viskositas rendah	
Lanau dan lempung $LL > 50$	OL		Lanau organik dengan plastisitas rendah dan lempung berlanau organik			
	MH		Lanau inorganik, pasir halus atau lanau dari mika atau ganggang (diatomae), lanau elastis			
	CH		Lempung inorganik dengan plastisitas tinggi, lempung dengan viskositas tinggi			
	OH		Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi			
Tanah dengan kadar organik tinggi	PT	Gambut, lumpur hitam dan tanah berkadar Organik tinggi lainnya	Dapat dibedakan dengan mata dan tangan ASTM lihat D 2488-66T.			

2.2.1 Kepadatan Relatif Pasir

Merupakan persentase kepadatan tertentu adalah sebagai perbandingan dari nilai berat volume kering pada pemodelan atau di lapangan dengan berat volume kering maksimum di laboratorium menurut percobaan standar, seperti percobaan standar proctor atau modifikasi proctor. Nilai kepadatan relatif dapat diperoleh sesuai Persamaan (2-1).

$$RC = \frac{\rho_{d-field}}{\rho_{d-laboratory}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-1)$$

Pada tahap pemadatan, tanah pada sisi fase basah akan menghasilkan kuat geser tanah yang lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar air pada sisi fase kering. Oleh karena itu, selain nilai persentase kepadatan, rentang kadar air tanah pada tanah yang akan dipadatkan juga perlu diperhatikan.

2.3 Geosintetik

Geosintetik berasal dari kata (Geosynthetic) yaitu terdiri dari dua bagian, yaitu Geo yang berhubungan dengan tanah dan Synthetic yang berarti bahan buatan manusia. Niken (2012) berpendapat bahwa geosintetik umumnya berbentuk lembaran dan sebagainya difungsikan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi oleh konstruksi yang berkaitan dengan tanah.

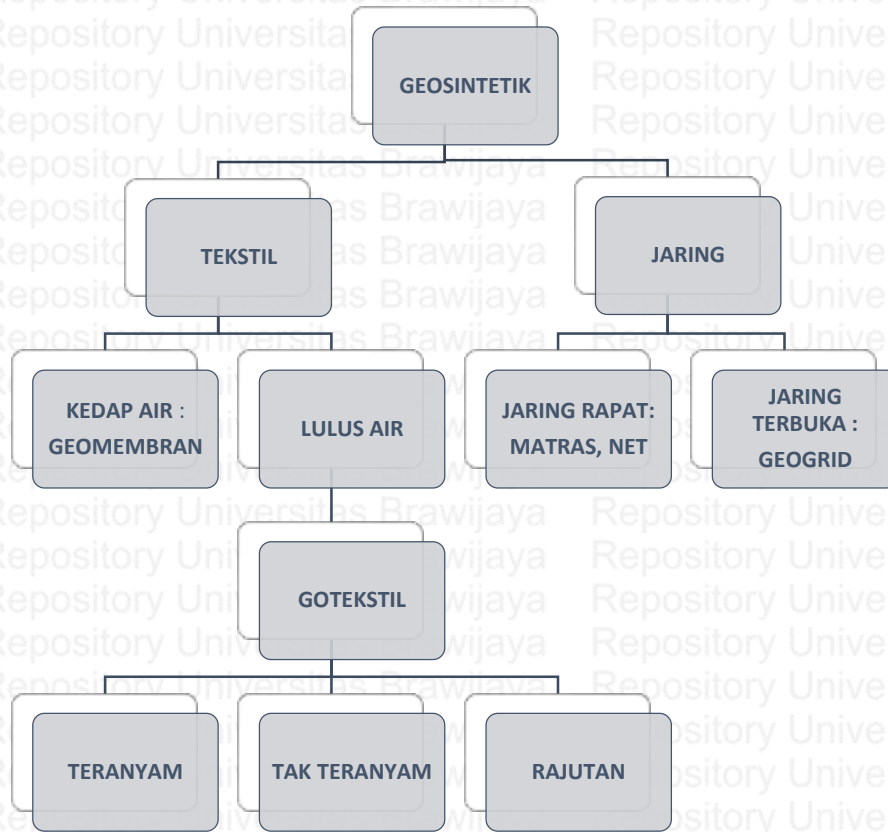
Pada dasarnya, geosintetik dibagi menjadi dua yaitu tekstil dan jaring. Berdasarkan bahannya, geosintetik terbagi menjadi dua yaitu alami dan sintetik. Bahan sintetik merupakan bahan yang paling populer digunakan karena material polimer tahan terhadap degradasi biologis dan kimiawi. Material polimer tersebut antara lain polipropilena (PP), polyester (PET), dan polietilena (PE). Bahan alami seperti serat kapas dan rami juga dapat digunakan tetapi hanya bersifat sementara (Kementrian PU, 2009).

Berdasarkan sifat permeabilitas, geosintetik terbagi menjadi kedap air dan lolos air. Jenis geosintetik yang dapat meloloskan air adalah geotekstil, yang dimana geotekstil dibagi lagi berdasarkan proses pembuatannya, yaitu tak-teranyam dan teranyam. Kemudian jenis geosintetik yang tidak dapat meloloskan air adalah geomembran dan *geosynthetic clay liner*. Geosintetik berdasarkan bentuk jaring dibagi menjadi dua, yaitu jala terbuka dan jala rapat. Jenis geosintetik yang berbentuk jala terbuka adalah geogrid dan untuk jala rapat adalah net dan matras.

Seiring dengan berkembangnya teknologi dan ilmu pengetahuan, terdapat bahan baru yaitu penggabungan beberapa material antara geotekstil dengan geomembran atau dengan

bahan sintetik lainnya dengan harapan mendapat keuntungan dari masing-masing bahan.

Produk tersebut dikenal sebagai geokomposit dan produk ini dapat berupa gabungan dari geotekstil-geonet, geotekstil-geogrid, geotekstil-geomembran, geotekstil-geonet, dan bahkan struktur sel polimer tiga dimensi. Klasifikasi pengelompokan geosintetik dijelaskan oleh bagan adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Klasifikasi Geosintetik

Sumber: Modul Pelatihan Geosintetik (2009)

Tabel 2.4
Fungsi produk geosintetik

Jenis Geosintetik	Fungsi Utama					
	Separator	Perkuatan	Filter	Drainase	Penghalang	Proteksi
Geotekstil	✓	✓	✓	✓		✓
Geogrid		✓				
Geonet				✓		
Geomembran					✓	
Geosynthetic Clay Liner (GCL)					✓	
Geopipa				✓		
Geofoam	✓					
Geokomposit	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Sumber: Kementrian PU (2009)

2.4 Metode Pemadatan Lapangan

2.4.1 Metode *Surface Compaction*

Metode *surface compaction* adalah metode pemadatan yang dilakukan pada permukaan tanah. Metode *surface compaction* terdiri dari dua metode yaitu metode gilasan dan metode *dynamic compaction*.

a. Metode Gilasan

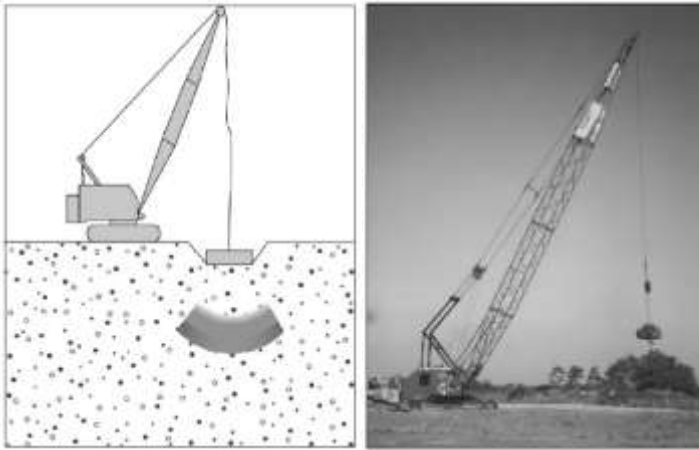
Metode gilasan memadatkan tanah dengan memanfaatkan berat dari alat penggilas selama proses pemadatan. Metode ini menggunakan peralatan berat dengan roda penggilas yang rata atau bergerigi menyesuaikan dengan kondisi tanah yang akan dipadatkan. Alat yang digunakan antara lain *smooth-wheel roller*, *pneumatic rubber-tired rollers*, *sheepsfoot rollers* dan *vibratory rollers*.



Gambar 2.3 *Pneumatic rubber-tired rollers* dan *smooth-wheel roller*

b. Metode *Dynamic Compaction*

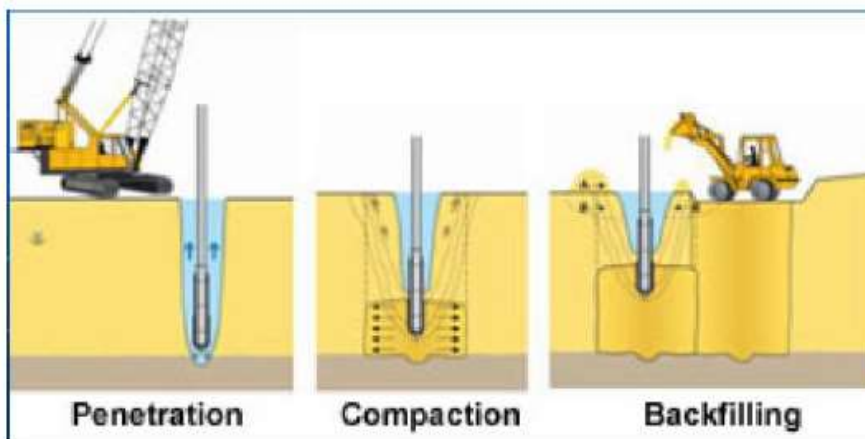
Metode *dynamic compaction* memadatkan tanah dengan menjatuhkan material dengan beban yang besar dari ketinggian tertentu. Metode ini digunakan untuk mengurangi penurunan pondasi, keruntuhan akibat gempa dan potensi likuifaksi.



Gambar 2.4 *Dynamic compaction*

2.4.2 Metode *Vibro-Compaction*

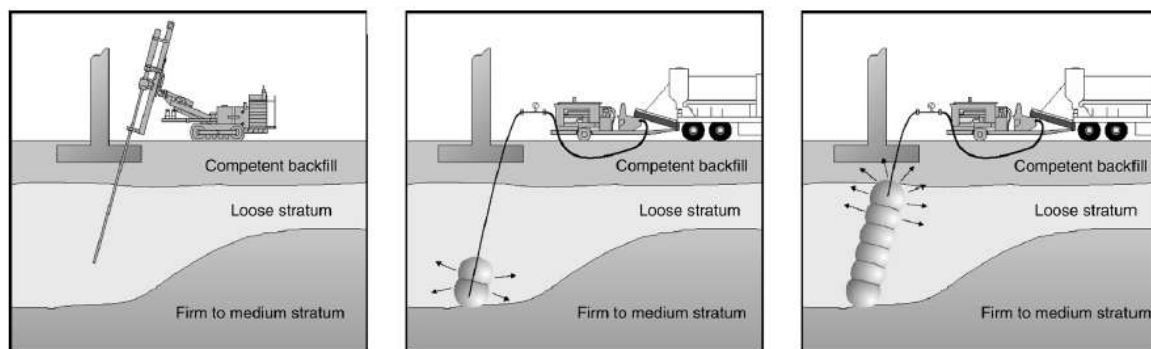
Metode *vibro-compaction* adalah metode pemadatan menggunakan *vibratory probe* (alat yang bergetar) yang dimasukkan kedalam lapisan tanah pasir lepas atau tanah granular pada kedalaman dimana pemadatan melalui permukaan sudah tidak efektif untuk mencapai kedalaman yang diinginkan. *Vibrating probe* memadatkan butiran tanah lepas yang tidak berkoheisi menggunakan getaran secara mekanik, dalam beberapa penerapan tingkat kejenuhan air digunakan untuk meminimalisir tegangan efektif antara butiran tanah yang mengakibatkan butiran tanah untuk tersusun kembali dengan gaya gravitasi sehingga memiliki kondisi yang lebih padat.



Gambar 2.5 Proses *vibro-compaction*

2.4.3 Metode *Compaction Grouting*

Metode *compaction grouting* adalah metode pemadatan dengan melakukan injeksi mortar dengan nilai slump yang rendah terhadap tanah dengan kedalaman tertentu. Spesimen akan mengembang dengan terus dilakukannya injeksi, memadatkan tanah di sekitarnya melalui tekanan yang diberikan. Dengan metode ini selain memadatkan tanah, metode ini juga memberikan perkuatan terhadap tanah dengan terciptanya kolom spesiemen yang mengurangi nilai penurunan dan meningkatkan kuat geser.



Gambar 2.6 Proses *compaction grouting*

2.5 Geogrid

Produk geosintetik yang terdiri dari jaringan yang beraturan dan terhubung satu sama lainnya, dengan ukuran bukaan lebih besar dari 6,35 mm sehingga memungkinkan untuk saling mengunci dengan tanah, batuan ataupun struktur lain di sekitarnya serta memiliki fungsi primer sebagai perkuatan (ASTM D 4439).

Penelitian yang dilakukan ini adalah menggunakan material perkuatan geosintektik berjenis jaring terbuka yaitu geogrid. Geogrid merupakan salah satu jenis geosintetik yang berbentuk jaring dengan jala terbuka. Fungsi utama geogrid adalah sebagai perkuatan. Penguatannya mengacu pada mekanisme sifat teknis tanah komposit / agregat yang dapat ditingkatkan secara mekanis. Geogrid dibentuk oleh suatu jaring teratur dan terhubung satu sama lainnya yang mempunyai bukaan berukuran tertentu sehingga saling mengunci (*interlock*) dengan bahan pengisi di sekelilingnya baik tanah, batuan ataupun struktur lain disekitarnya. Menurut ASTM D4439, bukaan (*aperture*) pada geogrid memiliki ukuran yang lebih besar dari 6,35 mm (1/4 in.).

Kelebihan dari penggunaan geogrid antara lain :

1. Kekuatan tarik yang tinggi,
2. Pelaksanaan yang cepat,

3. Memungkinkan penggunaan material setempat,
4. Pemasangan yang mudah dan dapat membangun lebih tinggi dan tegak,
5. Tambahkan PVC sebagai pelindung terhadap ultraviolet,
6. Pemasangan dan harga geogrid murah dibandingkan beton.
7. Merupakan struktur yang fleksibel sehingga tahan terhadap gaya gempa,
8. Tidak mempunyai resiko yang besar jika terjadi deformasi struktur, dan
9. Tipe elemen penutup lapisan luar dinding penahan dapat dibuat dalam bentuk yang bermacam-macam, sehingga memungkinkan untuk menciptakan permukaan dinding yang mempunyai nilai estetika.

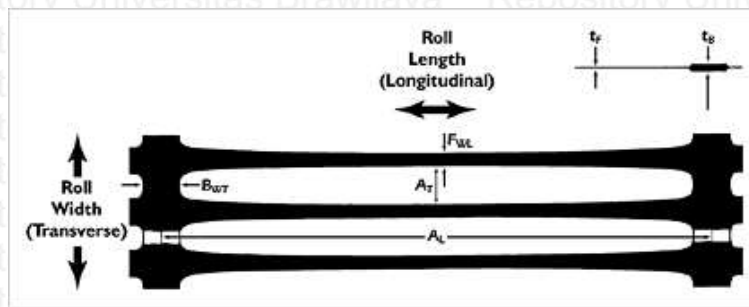
Kekurangan dari geogrid adalah pemasangannya memerlukan PVC. Geogrid tanpa PVC akan mengalami penurunan tingkat kemampuan penahan gaya tarik. Karena bahan Geogrid sangat peka terhadap naik turunnya temperatur udara, dimana pemuaian akan sangat mudah terjadi terhadap bahan geogrid pada saat mendapatkan temperatur tinggi. Pemuaian akan membuat geogrid getas, dan akhirnya akan mengurangi kuat tarik.

2.5.1 Jenis Geogrid

Geogrid memiliki bentuk geometri yang tersusun dari dua set elemen ortogonal penahan tarik dengan pola segi empat. Karena keperluan akan sifat geosintetik yang memiliki kuat tarik serta ketahanan rangkai yang tinggi, maka geogrid diproduksi dari bahan plastic yang molekulnya diorientasikan kearah Tarik. Jenis geogrid dijabarkan oleh Isparmo dalam *Geotextile.web.id* sebagai berikut. Material dasar geogrid bisa berupa : *Polypropylene*, *Polyethylene* dan *Polyester* atau material polymer yang lain. Berdasarkan bentuk bukaan (*Aperature*), maka Geogrid bisa dibagi antara lain sebagai berikut:

a. Geogrid Uniaksial

Adalah Geogrid yang mempunyai bentuk bukaan tunggal dalam satu segmen (ruas)



Gambar 2.7 Geogrid Uniaksial

b. Geogrid Biaksial

Adalah Geogrid yang mempunyai bukaan berbentuk persegi



Gambar 2.8 Geogrid Biaksial

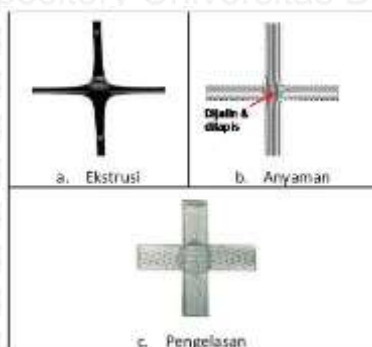
c. Geogrid Triaksial

Adalah Geogrid yang mempunyai bukaan berbentuk segitiga



Gambar 2.9 Geogrid Triaksial

Selain itu, geogrid juga dibedakan menurut cara penyambungan elemen memanjang dan melintangnya. Penyambungan kedua elemen tersebut antaralain terdiri atas metode ekstrusi, anyaman, dan pengelasan.



Gambar 2.10 Geogrid berdasarkan cara penyambung elemennya

Sumber: Modul Pelatihan Geosintetik (2009)

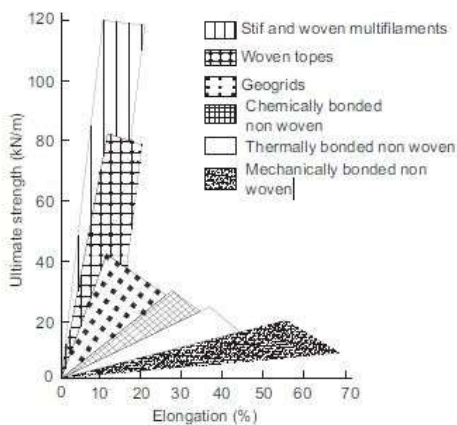
2.5.2 Karakteristik Geogrid Sebagai Bahan Perkuatan

a. Kekuatan Tarik

“Kuat tarik didefinisikan sebagai tegangan tarik maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji pada titik keruntuhan. Seluruh aplikasi geosintetik bergantung pada sifat mekanik ini baik sebagai fungsi primer maupun fungsi sekunder.” (Dirjen Bina Marga, 2009:45).

Hal-hal yang mempengaruhi kuat tarik pada suatu elemen geosintetik ialah rasio lebar geosintetik terhadap panjang benda uji, suhu, ketebalan geosintetik dan kelembaban ruangan saat pengujian dilakukan.

Dalam modul pelatihan geosintetik oleh direktoran jendral bina marga, dijelaskan bahwa Geogrid memiliki kuat tarik serta modulus tarik yang tinggi dengan tingkat regangan rendah bahkan dengan regangan 2%.



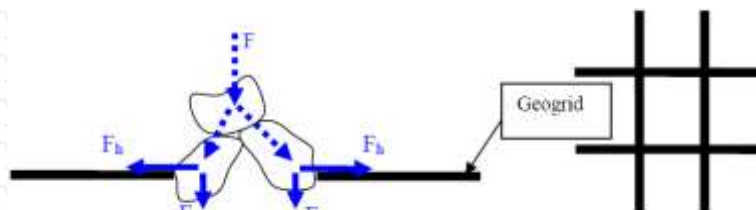
Gambar 2.11 Diagram Kuat Tarik Geogrid
Sumber: Modul Pelatihan Geosintetik (2009)

b. Mekanisme Kerja Geogrid

Geogrid sebagai salah satu jenis geosintetik memiliki banyak kegunaan, salah satunya yaitu berfungsi untuk stabilitas tanah dengan meningkatkan sifat mekanis tanah, meningkatkan faktor keamanan, serta meningkatkan daya dukung tanah khususnya tanah pasir.

Tanah pasir yang diberi perkuatan geogrid umumnya terdiri dari timbunan padat dengan digabungkan perkuatan geosintetik yang disusun ke arah horisontal. “Ketika tanah dan geosintetik digabungkan, material komposit (tanah yang diperkuat) tersebut menghasilkan kekuatan tekan dan tarik tinggi sehingga dapat menahan gaya yang bekerja dan deformasi.

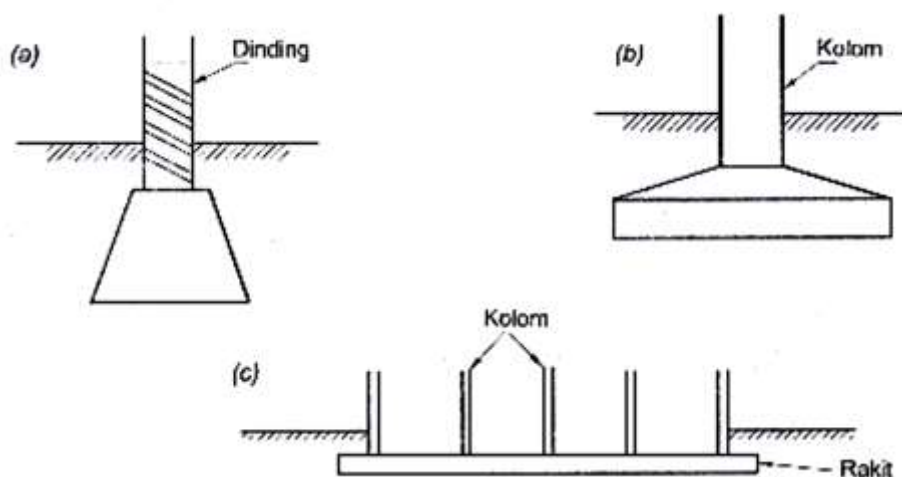
Pada tahapan tersebut, geosintetik berlaku sebagai bagian tahanan tarik (gesekan, *adhesi*, saling mengikat (*interlocking*) atau pengurungan (*confinement*)) yang digabungkan ke tanah/timbunan dan menjaga stabilitas massa tanah” (Prasasti, 2014:3)



Gambar 2.12 Mekanisme kerja geogrid dengan butiran pasir.

2.6 Pondasi Dangkal

Pondasi merupakan bagian terendah suatu konstruksi bangunan yang berfungsi meneruskan beban bangunan di atasnya ke tanah atau batuan yang ada di bawahnya. Terdapat dua jenis pondasi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal didefinisikan sebagai pondasi yang mendukung bebannya secara langsung. Pondasi dangkal meliputi pondasi telapak, pondasi memanjang, dan pondasi rakit. Pondasi telapak (spread footing) adalah pondasi yang berdiri sendiri dalam menopang beban kolom (Hadiyatmo, 2006). Macam-macam jenis pondasi dangkal dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 2.13 Jenis pondasi dangkal

Sumber: Hadiyatmo (2006)

Menurut Peck dkk (1953) dalam buku Hadiaytmo (2006) membedakan pondasi sumuran dan pondasi dangkal dari nilai kedalaman (D_f) dibagi lebarnya (B). Untuk pondasi sumuran $D_f/B > 4$, sedangkan untuk pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$.

2.6.1 Tegangan Kontak

Menurut Sidharta S.K (1997) Tegangan kontak yang bekerja dibawah pondasi akibat beban struktur diatasnya (*Upper structure load*) diberi nama tegangan kontak (contact pressure). Menghitung tegangan kontak digunakan persamaan sbb:

$$\sigma = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_x . X}{I_y} \pm \frac{M_y . Y}{I_x} \dots\dots\dots (2-2)$$

σ = Tegangan kontak (kg/cm²)

Q = Beban aksial total (kg)

M_x, M_y = Momen total sejajar respektif terhadap sumbu x dan sumbu y (kg.m)

x,y = Jarak dari titik berat pondasi ketitik dimana tegangan kontak dihitung sepanjang respektif sumbu x dan sumbu y (m)

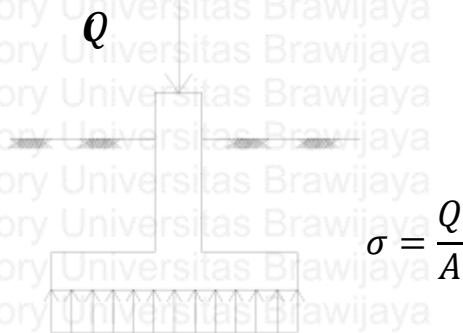
I_x, I_y = momen inersia respektif terhadap sumbu x dan sumbu y (m)

Apabila yang bekerja adalah beban aksial saja dan tepat pada titik beratnya maka persamaan tersebut menjadi:

$$\sigma = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2-3)$$

Dimana:

A = Luas bidang pondasi



Gambar 2.14 Tegangan Kontak

Pengertian tegangan kontak ini akan sangat berguna terutama didalam penentuan faktor keamanan FS (*Factor of Safety*). Secara umum faktor keamanana didefinisikan sebagai berikut:

Kapasitas daya dukung dihitung didasarkan atas sifat-sifat tanah dan dimensi pondasi.

Sedangkan tegangan kontak dihitung didasarkan beban struktur diatas pondasi. (*upper*

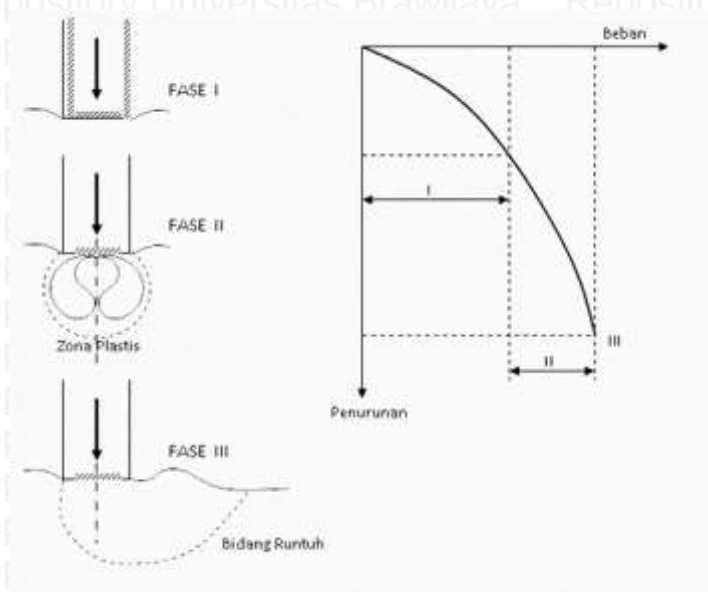
structure load) dan dimensi pondasi. Hubungan antara keduanya dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan dimana:

- $FS = 1$, Artinya tegangan kontak sama dengan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*). Lapis tanah tepat dalam seimbang menerima beban
- $FS > 1$, Artinya tegangan kontak lebih kecil dari mobilisasi kapasitas daya dukung. Lapis tanah dapat menerima beban
- $FS < 1$, Artinya tegangan kontak lebih besar dari mobilisasi kapasitas daya dukung. Lapis tanah tidak dapat menerima beban.

Kapasitas daya dukung yang digunakan biasanya kapasitas daya dukung ultimate, tetapi apabila dikehendaki FS lebih konservatif, kapasitas daya dukung yang digunakan adalah kapasitas daya dukung izin (*allowable bearing capacity*).

2.6.2 Pola Keruntuhan Pondasi Tanpa Perkuatan

Perilaku pondasi tergantung pada besarnya beban yang diterima oleh pondasi dan juga karakteristik tanah tersebut. Pada pondasi dangkal hubungan perilaku penurunan pondasi dengan bertambahnya beban dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.15 Fase Keruntuhan Pondasi

Menurut Gambar 2.15 terdapat beberapa fase dalam proses keruntuhan pondasi, fase fase tersebut adalah :

a. Fase 1

Pada fase ini tanah mengalami doformasi lateral dan vertikal ke arah bawah. Selama beban yang diberikan pada tanah tersebut kecil penurunan yang terjadi akan berbanding

dengan besarnya beban, dan pada fase ini tanah masih dalam keadaan elastis. Tanah yang terletak dibawah pondasi akan mengalami kompresi sehingga hal ini dapat meningkatkan daya dukung tanah.

b. Fase II

Fase ini merupakan zona plastis dimana baji tanah mulai terbentuk. Dengan semakin bertambahnya beban maka gerakan tanah ke arah lateral akan semakin terlihat, hal ini diikuting dengan retakan lokal juga pergeseran tanah disekeliling pondasi. Pada zona plastis ini kuat geser tanah sangat berpengaruh dalam menahan beban.

c. Fase III

Fase ini diidentifikasi dengan kecepatan deformasi yang semakin bertambah seiring dengan bertambahnya beban. Defromasi terbut diikuti dengan pergerakan tanah kearah luar dan pengembangan tanah kepermukaan, selanjutnya tanah akan mengalami keruntuhan dengan bidang runtuh yang berbentuk lengkungan dan garis (bidang geser radial dan bidang geser linier).

Menurut Vesic (1963) mekanisme keruntuhan pondasi dibagi menjadi 3 macam, diantaranya:

a. Keruntuhan Geser Umum

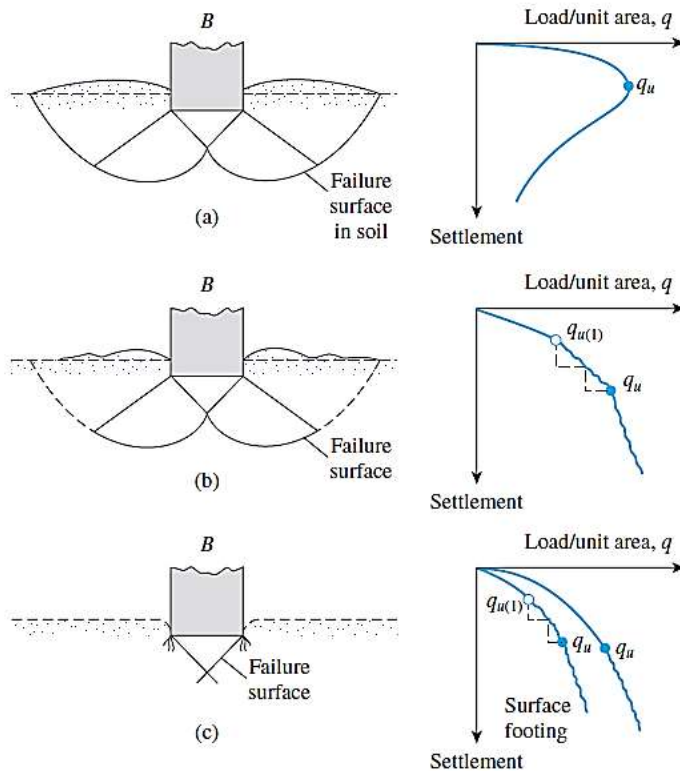
Keruntuhan pondasi terjadi menurut bidang runtuk yang dapat diidentifikasi dengan jelas. Baji tanah yang terbentuk pada dasar pondasi (zona A) menekan tanah kebawah sehingga menyebabkan aliran tanah secara plastis pada zona B (Gambar 2.16). Gerakan kearah luar pada kedua zona tersebut ditanah oleh tegangan tanah pasif pada zona C. Bila tegangan pasif pada zona C terlampaui, maka tanah akan bergerak dan mengembang pada daerah sekitar pondasi. Bidang longsor yang terjadi berupa garis lurus serta lengkung yang berkembang sampai permukaan tanah. Saat keruntuhan terjadi, tanah bergerak kerah luar dan atas, hal ini terjadi dalam waktu yang singkat dan disertai dengan penggulingan pondasi.

b. Keruntuhan Geser Lokal

Keruntuhan yang terjadi hampir sama dengan kerunntuhan geser umum, namun bidang runtuh yang terbentuk tidak mencapai permukaan tanah. Pondasi tenggelam akibat bertambahnya beban pada kedalaman yang cukup dalam, sehingga menyebabkan tanah disekitar pondasi menjadi mampat. Pada keruntuhan geser lokal ini mampatnya tanah tidak menyebabkan tanah berada pada zona plastis sehingga tanah mengalami sedikit penggelembungan namun tidak terjadi penggulingan pondasi.

c. Keruntuhan Penetrasi

Pada tipe keruntuhan ini, tidak terjadi pengembangan pada sekitar pondasi. Penurunan tanah sebanding dengan bertambahnya beban sehingga menyebabkan tanah disekitar pondasi mengalami pemampatan. Karena pergeseran lateral tidak cukup besar hal ini mengakibatkan kuat geser ultimit tanah tidak dapat berkembang. Pondasi menembus tanah ke bawah dan baji tanah yang terbentuk hanya menyebabkan tanah menyisih. Saat keruntuhan, bidang runtuh pada tanah tidak dapat terlihat.



Gambar 2.16 Macam Keruntuhan Pondasi

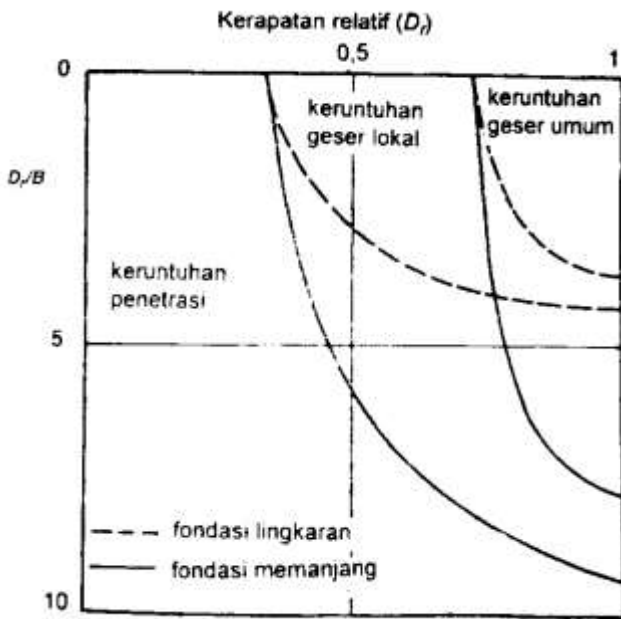
Sumber: Vesic (1963)

Vesic (1963) melakukan uji model untuk mengetahui pengaruh kedalaman pondasi dibandingkan dengan lebar pondasi (D_f/B) terhadap keruntuhan pondasi. Menurutnya keruntuhan geser umum diharapkan terjadi pada kedalaman pondasi yang relatif dangkal seperti pada gambar 2.17. Menurut Coduto (1994):

- Keruntuhan geser umum sering terjadi pada pasir padat ($D_r > 67\%$)
- Keruntuhan geser lokal terjadi pada pasir dengan kepadatan sedang ($30\% < D_r < 67\%$)
- Keruntuhan geser penetrasi terjadi pada pasir longgar ($D_r < 30\%$)

Berikut rumus hubungan relative compaction (RC) dan relative density (D_r)

$$R_c = 80 + 0,2D_r \dots \dots \dots (2-4)$$



Gambar 2.17 Grafik Hubungan D_f/B dan D_r pada Tanah Pasir

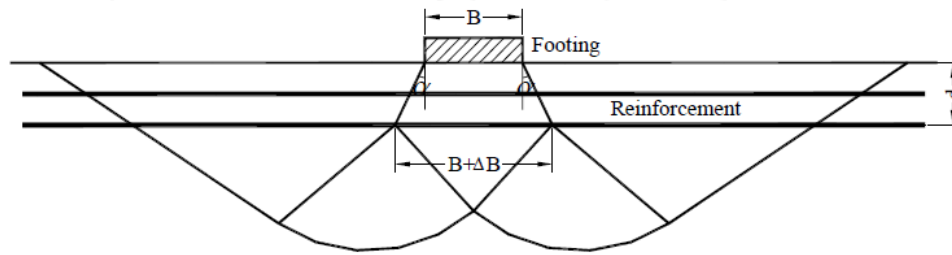
Sumber: Vesic (1973)

2.6.3 Pola Keruntuhan Pondasi dengan Perkuatan

Menurut Manas Mohanty (2007) mekanisme perkuatan tanah tergantung pada pergerakan geser tanah diantara tanah dan penguatan, dimana perkuatan tersebut akan membantu tanah dalam menahan gaya lateral dan deformasi tanah.

Tanah dibawah pondasi dibagi menjadi 3 zona seperti pada pola keruntuhan yang telah dijelaskan sebelumnya, yaitu zona A, B, dan C. Dalam perkuatan tanah, tanah yang berkemungkinan untuk mengalami kegagalan dilawan dengan perkuatan tanah yang diletakkan untuk dapat menahan gaya horizontal (pergerakan lateral Zona 2). Keberadaan perkuatan tanah menambah gaya gesek antara partikel sehingga dapat menahan gaya horizontal

Menurut Huang and Menq (1997) yang telah melakukan penelitian terhadap pondasi pada tanah perkuatan berdasarkan mekanisme kegagalan yang dijelaskan melalui desertasi Chen (2007) seperti pada Gambar 2.18. Efek dari adanya perkuatan multilayer menyebabkan penyaluran serta pelebaran tegangan dari pondasi. Konsep dasar penyebaran beban adalah dari daya dukung pondasi dengan lebar B apabila diterima oleh tanah dengan perkuatan menjadi lebih lebar yaitu $B + \Delta B$.



Gambar 2.18 Keruntuhan pondasi dangkal dengan perkuatan

Sumber: Koerner (2005)

Pada tanah tanpa perkuatan:

$$Q_{u(\text{unreinforce, } D_f=0)} = \eta \times \gamma \times B \times N_{\gamma} \dots \dots \dots (2-5)$$

Pada tanah dengan perkuatan:

$$Q_{u(R)} = Q_{u(\text{unreinforce, } D_f=d)} = \eta \times \gamma \times (B + \Delta B) \times N_{\gamma} + \gamma \times d \times N_q \dots \dots \dots (2-6)$$

Dimana:

$Q_{u(\text{unreinforce, } D_f=0)}$ = Daya dukung tanah tanpa perkuatan

$Q_{u(R)}$ = Daya dukung tanah dengan perkuatan

D_f = Kedalaman pondasi

η = Koefisien tergantung bentuk pondasi

γ = Berat isi kering tanah

B = Lebar pondasi

N_q, N_{γ} = Faktor daya dukung tanah

ΔB = Penambahan lebar pondasi karena perkuatan ($2 \times d$) tan a

a = Sudut distribusi tegangan ($\tan a = 0.68 - 2.071$

$h/B + 0.743CR + 0.03l / B + 0.076N$)

CR = Luas perkuatan / Luas tanah yang diberi perkuatan

l = Panjang perkuatan

N = Jumlah perkuatan

2.7 Daya Dukung Tanah

Pada dasarnya daya dukung tanah adalah kemampuan tanah memikul tekanan maksimum yang diijinkan bekerja pada tanah pondasi.

2.7.1 Rumus Kapasitas Dukung Secara Umum

Meyerhof (1963) telah mengembangkan rumus-rumus perhitungan kapasitas daya dukung dengan mempertimbangkan faktor: kedalaman, bentuk dan kemiringan beban.

Rumus daya dukung secara umum dari Meyerhof adalah:

$$q_u = c.N_c.F_{cs}.F_{cd}.F_{ci} + \gamma.D_f.N_q.F_{qs}.F_{qd}.F_{qi} + \frac{1}{2}.\gamma.B.N_\gamma.F_{\gamma s}.F_{\gamma d}.F_{\gamma i} \dots \dots \dots (2-7)$$

Dimana :

q_u = daya dukung maksimum

c = kohesi tanah

B = lebar pondasi (= diameter untuk pondasi lingkaran)

γ = berat isi tanah

D_f = kedalaman pondasi

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ = faktor bentuk

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ = faktor kedalaman

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$ = faktor kemiringan beban

$N_c; N_q; N_\gamma$ = faktor daya dukung,

Daya dukung diberikan oleh Meyerhof sebagai berikut :

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot \tan \phi} \dots \dots \dots (2-8)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi \dots \dots \dots (2-9)$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi \dots \dots \dots (2-10)$$

Rumus umum yang digunakan untuk menentukan faktor pengaruh bentuk, kedalaman dan kemiringan beban dapat digunakan seperti dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5
Faktor bentuk, kedalaman dan kemiringan yang rekomendasikan.

Faktor	Rumus	Sumber
Bentuk	$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}$ $F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$ $F_{ys} = 1 - 0,4 \cdot \frac{B}{L}$	De Beer (1970)
Kedalaman	<p>a. Bila $D_f/B \leq 1$; Untuk $\phi = 0$</p> $F_{cd} = 1 + 0,4 \frac{D_f}{B}$ $F_{qd} = 1$ $F_{yd} = 1$ <p>Untuk $\phi > 0$</p> $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c - \tan \phi}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B}$ $F_{yd} = 1$ <p>b. Bila $D_f/B > 1$; Untuk $\phi = 0$</p> $F_{cd} = 1 + 0,4 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$ $F_{qd} = 1$ $F_{yd} = 1$ <p>Untuk $\phi > 0$</p> $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c - \tan \phi}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$ $F_{yd} = 1$	Hansen (1970)

2.7.2 Faktor Keamanan Pada Pondasi Dangkal

Besarnya kapasitas dukung ijin kotor ($q_{ijin} = q_{all} = \text{gross allowable load-bearing capacity}$) adalah :

$$q_{ijin} = \frac{q_u}{SF} \dots\dots\dots (2-11)$$

Sedangkan penambahan tegangan di bawah tanah netto ($q_{ijin(net)}$) = beban dari bangunan atas (*superstructure*) per satuan luas pada pondasi dinyatakan dalam :

$$q_{ijin(net)} = \frac{q_{u(net)}}{SF} = \frac{q_u - q}{SF} \dots\dots\dots (2-12)$$

keterangan :

q_u = kapasitas dukung batas kotor (*gross ultimate bearing capacity*)

$q_{u(net)}$ = kapasitas dukung batas netto (*net ultimate bearing capacity*)

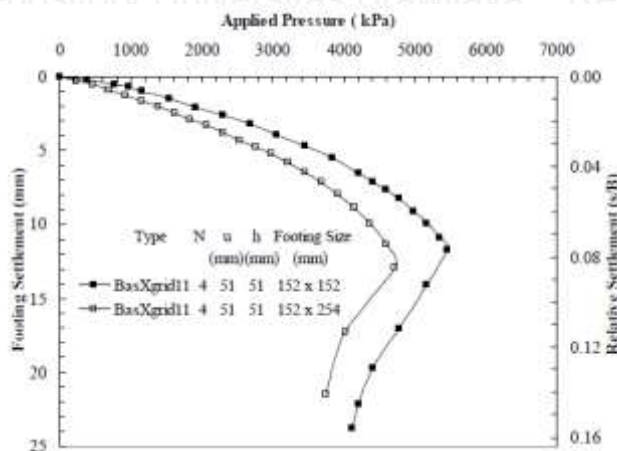
q = tekanan *overburden* = $\gamma \cdot D_f$

SF = faktor keamanan (*factor of safety*) umumnya minimal bernilai 3.

2.8 Penelitian Sebelumnya

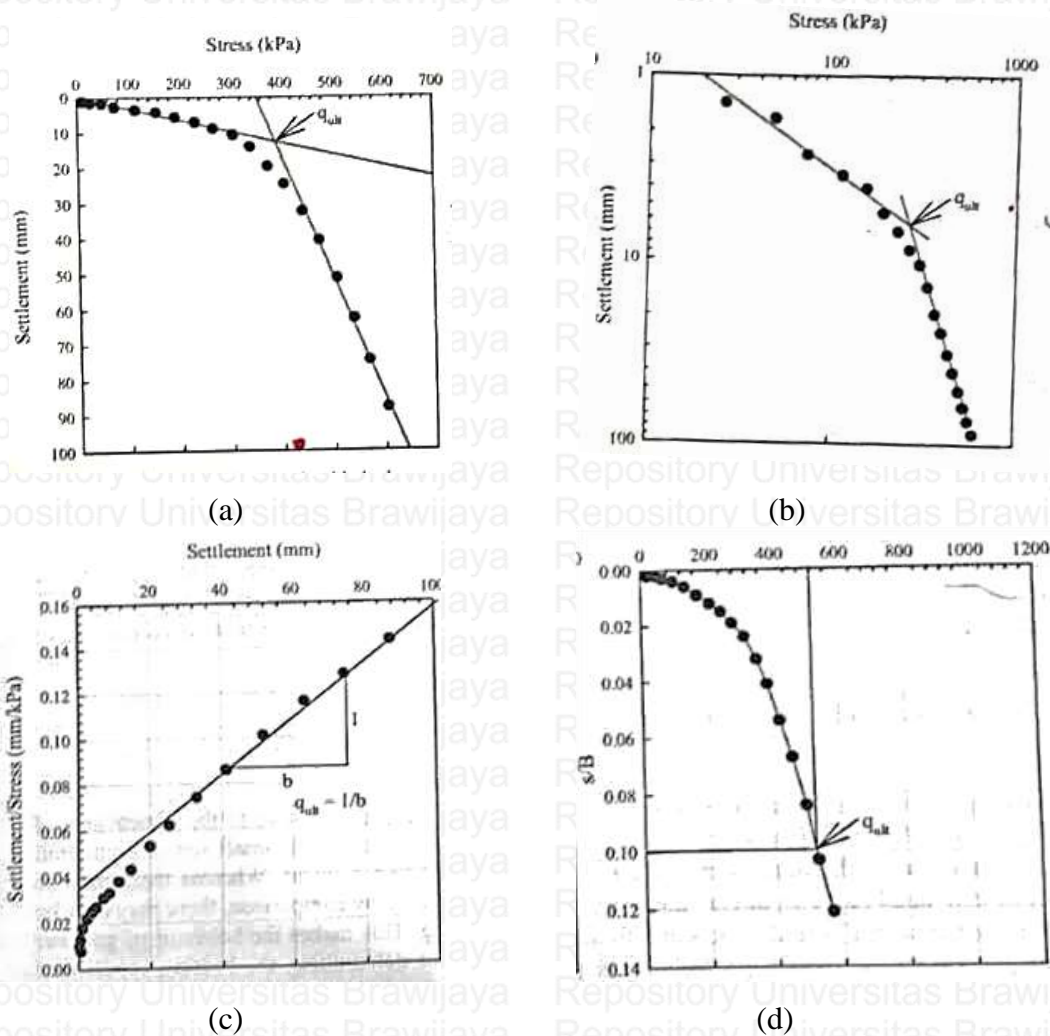
2.8.1 Pengaruh Rasio Panjang Pondasi (L/B)

Pada penelitian yang dilakukan Shin et al. (2002) dilakukan percobaan dengan dua model benda uji yaitu pondasi persegi (152 mm × 152 mm) dan pondasi persegi panjang (152 mm × 254 mm). Hasil pengujian menunjukkan nilai daya dukung ultimit pada percobaan tanpa perkuatan maupun dengan perkuatan untuk pondasi persegi lebih besar jika dibandingkan dengan pondasi persegi panjang.



Gambar 2.19 Grafik tekanan-penurunan untuk pondasi dengan dimensi yang berbeda
Sumber: Qimming Chen (2007)

2.8.2 Penentuan Daya Dukung Tanah (q_u)



Gambar 2.20 Metode penentuan nilai daya dukung pada pondasi dangkal (a) metode *tangent intersection*; (b) Metode Log – Log; (c) Metode *Hiperbolic*; (d) Metode 0,1B

Pada Gambar 2.20 terdapat beberapa metode yang dapat digunakan sebagai acuan keruntuhan atau daya dukung tanah. Metode yang pertama adalah metode *tangent intersection*. Pada metode ini digunakan 2 garis tangensial yang satu ditarik dari atas dan yang lainnya ditarik dari sisi bawah pada kurva sehingga akan berpotongan. Perpotongan ini kemudian ditarik garis vertikal ke bawah, dan titik dimana garis vertikal tersebut menyentuh kurva adalah daya dukung dan penurunan yang terjadi (Mansur and Kaufman, 1956). Metode kedua adalah metode Log-log, metode ini tidak banyak berbeda dengan metode *tangent intersection* hanya saja pada metode log-log ini digunakan grafik logaritmik dalam penentuan nilai beban ultimatnya ataupun penurunannya. Metode ketiga merupakan metode *hiperbolic*, metode ini digunakan perbandingan segitiga, dimana garis miring segitiga tersebut didapatkan melalui bagian bawah kurva, kemudian penentuan nilai beban

ultimit didapatkan melalui perbandingan $1/b$. Kemudian metode keempat adalah dengan menentukan penurunan izin sebesar 10% dari B atau $0,1B$, dimana B merupakan lebar pondasi.

2.8.3 Efek Skala Model Terhadap Nilai Daya Dukung Teoritis

Nilai daya dukung pondasi dangkal menggunakan teori terzaghi memiliki nilai yang berbeda jika dibandingkan dengan nilai daya dukung pondasi dangkal yang memiliki skala model yang kecil, dimana didapatkan bahwa nilai daya dukung dengan skala model yang kecil memiliki nilai daya dukung yang lebih besar seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 2.6 dan 2.7.

Tabel 2.6

Perbandingan nilai daya dukung model tes dan teoritis 1

Footing shape	Present experiments			Theoretical methods							
	LPC ($\delta/B=10\%$)	De Beer (1970)	Max. curvature	Euro ^a code	Hansen (1970)	Terzaghi (1943)	API ^b Rec	Chen (1975)	Foda (1961)	Meyerhof (1963)	Dewiakar and Mohapatra (2003)
Square	458	237	281	81	52	87	74	140	89	127	97
Circle	418	153	195	72	46	65	66	124	79	112	83

Sumber: Arash Alimardani Lavasann dan Mahmoud Ghazavi (2012)

Tabel 2.7

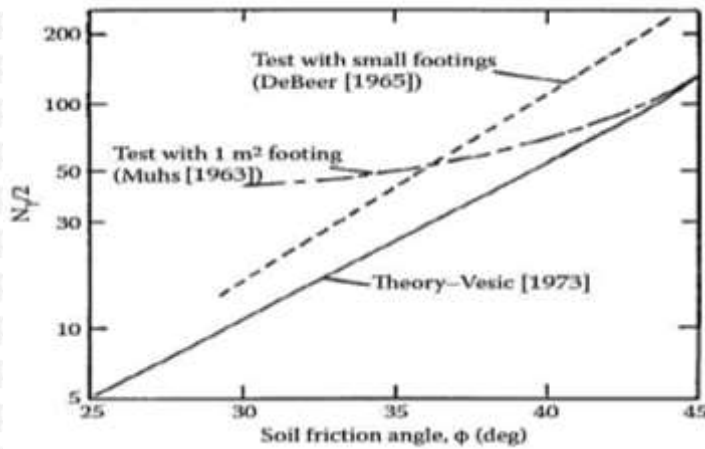
Perbandingan nilai daya dukung model tes dan teoritis 2

S. No	e/B	D_f/B	$\phi = 40.9^\circ$					
			Model Test q_u (KN/m ²)	Meyrhof (1953) q_u (kN/m ²)	Michalowski (1997) q_u (kN/m ²)	Vesic (1973) q_u (kN/m ²)	I.S. 6403 (1981) q_u (kN/m ²)	Hansen (1970) q_u (kN/m ²)
1	0	0	120	99.17	115.65	73.28	79.42	53.46
2	0.05	0	105	87.79	104.77	67.59	71.47	49.24
3	0.1	0	90	76.12	91.52	61.57	63.54	44.83
4	0.15	0	75	69.94	78.67	55.13	55.59	40.22

Sumber: Shamshad Alam (2014)

Dari tiga faktor daya dukung Terzaghi yang digunakan, semuanya dipengaruhi oleh nilai sudut geser tanah. Namun hanya faktor N_γ yang berhubungan dengan berat isi (γ) dari tanah dan ketergantungan dengan ukuran pondasi selain sudut geser tanah yang juga berhubungan dengan *relative density*. Beberapa peneliti sebelumnya mengusulkan bahwa nilai N_γ yang dilakukan penyesuaian sebagai efek skala dianggap sebagai faktor daya dukung modifikasi,

N_{γ}^* . Menurut De Beer (1965) perbedaan tersebut dikarenakan adanya perbedaan N_{γ} antara pondasi yang sebenarnya dengan model tes.



Gambar 2.21 Perbedaan N_{γ} pada pondasi sebenarnya dengan model tes

Sumber: *Shallow Foundatin, 7th Edition*, B. M. Das

Shiraishi (1990) mengusulkan bahwa nilai faktor daya dukung modifikasi (N_{γ}^*) sebagai fungsi dari lebar pondasi sebagai berikut

$$\frac{N_{\gamma}^*}{N_{\gamma}} = \frac{\left(1 + \left(\frac{B_i}{B}\right)^{1/3}\right)}{\left(1 + \left(\frac{B_i}{B}\right)^{1/5}\right)} \dots \dots \dots (2-13)$$

Dimana :

N_{γ}^* = Faktor daya dukung modifikasi

N_{γ} = Faktor daya dukung Terzaghi

B_i = Lebar pondasi acuan = 1,4 m (kondisi $N_{\gamma}^*/N_{\gamma} = 1$)

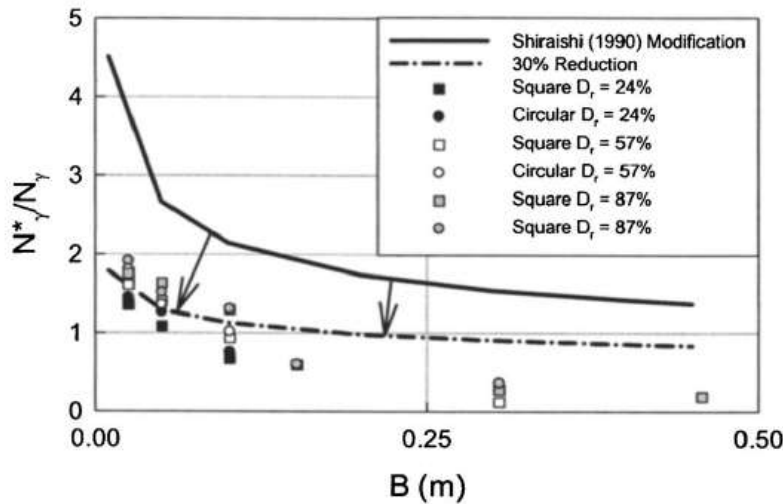
B = Lebar pondasi sebenarnya

Rumus empirik ini didapatkan dari penelitian model oleh De Beer (1963) menggunakan nilai lebar pondasi 0,05-0,2 m dan nilai sudut geser tanah 41-44°.

Shiraishi (1990) mendapati bahwa perhitungan dari rumus eksperimen yang berasal dari tes skala model untuk pondasi prototipe dapat mengarah terhadap perkiraan nilai N_{γ}^* yang terlalu besar. Untuk mengatasi hal ini, Shiraishi (1990) mengusulkan rumus “rekayasa praktis” yang mereduksi nilai N_{γ}^* sekitar 30% dari nilai rumus sebenarnya (2-13).

$$N_{\gamma}^* = \frac{0,71N_{\gamma}}{B^{0,2}} \dots\dots\dots (2-14)$$

Cerato dan Lutenegger (2007) melakukan penelitian menggunakan jenis pondasi persegi dan lingkaran dengan lebar 25,4; 50,8 dan 101,6 mm, Dr 24%, 57% dan 87% yang selanjutnya diplot terhadap persamaan Shiraishi (1990) pada Gambar 2.22 berikut



Gambar 2.22 Grafik hubungan rasio N_{γ}^* -B
Sumber: Cerato (2007)

2.9 Bearing Capacity Ratio dan Settlement Reduction Factor

Dalam penelitian ini untuk mengevaluasi keuntungan penggunaan perkuatan tanah pondasi digunakan *Bearing Capacity Ratio* (BCR) dan *Settlement Reduction Factor* (SRF). BCR didefinisikan sebagai rasio dari daya dukung tanah dengan perkuatan dengan daya dukung tanah tanpa perkuatan, sedangkan SRF didefinisikan sebagai rasio dari penurunan dari tanah dengan perkuatan dengan penurunan tanah tanpa perkuatan (Q. Chen, 2007).

BCR sendiri dibagi menjadi 2 yaitu, BCRs dan BCRu. BCRs adalah nilai BCR yang diambil pada titik penurunan tertentu, nilai penurunan untuk SRF juga diambil berdasarkan nilai penurunan pada saat pengambilan nilai untuk BCRs. Sedangkan BCRu adalah nilai BCR yang diambil pada daya dukung ultimit. Pada saat hasil penelitian menunjukkan titik keruntuhan yang pasti, maka keuntungan penggunaan perkuatan dapat dihitung dengan BCRs, BCRu dan SRF, namun apabila titik keruntuhan tidak dapat dipastikan maka keuntungan penggunaan perkuatan hanya dapat dihitung dengan BCRs dan SRF (Q. Chen, 2007). Berikut rumus yang digunakan :

$$BCR_u = \frac{q_{u(R)}}{q_u} \dots\dots\dots (2-15)$$

$$BCR_s = \frac{q_R}{q} \dots\dots\dots (2-16)$$

$$SRF_u = \frac{s_{u(R)}}{s_u} \dots\dots\dots (2-17)$$

$$SRF = \frac{s_r}{s} \dots\dots\dots (2-18)$$

Dimana :

BCR_u = *Bearing Capacity Ratio* saat daya dukung ultimit

BCR_s = *Bearing Capacity Ratio* pada titik tertentu

SRF_u = *Settlement Reduction Factor* pada daya dukung ultimit

SRF = *Settlement Reduction Factor* pada titik tertentu

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

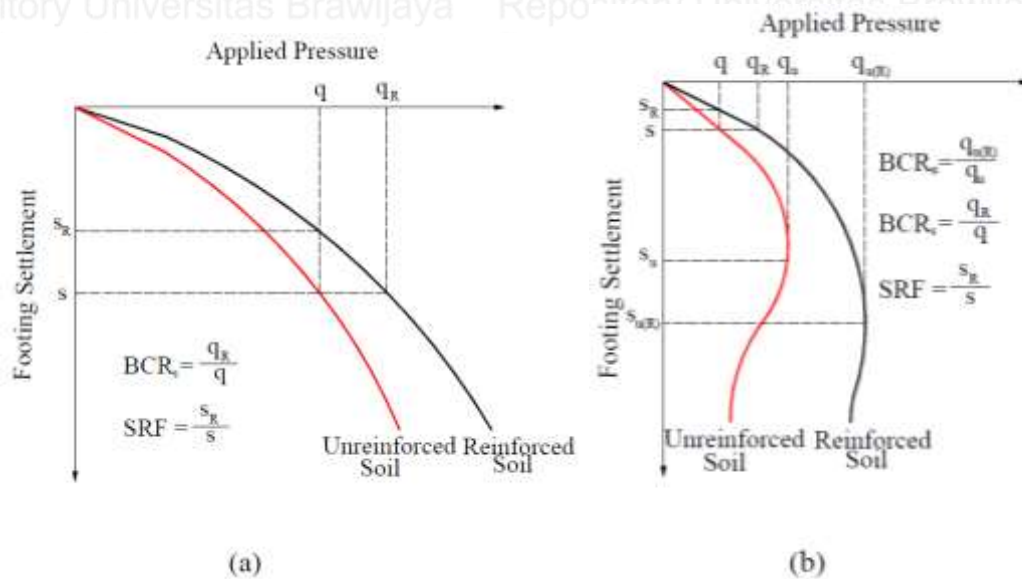
q_u = Nilai daya dukung tanah ultimit tanpa perkuatan

q_R = Nilai daya dukung tanah pada titik tertentu dengan perkuatan

q_u = Nilai daya dukung tanah pada titik tertentu tanpa perkuatan

s_r = Nilai penurunan tanah dengan perkuatan

s = Nilai penurunan tanah tanpa perkuatan



Gambar 2.23 Penentuan BCR untuk (a) titik runtuh tidak diketahui, (b) titik runtuh diketahui

Penentuan nilai BCR didasarkan pada penelitian sekala penuh yang dilakukan oleh *Laboratories des Ponts et Chaussees (LPC)* pada pondasi dangkal pada jurnal amar et al (1994), disebutkan bahwa nilai *bearing capacity* didefinisikan berdasarkan beban pada saat penurunan 10% dari lebar pondasi ($s/B = 0,1$) (Lavasan dan Ghazavi, 2012).





BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Waktu : Desember 2016 sampai dengan selesai

Tempat : Laboratorium Mekanika Tanah dan Geoteknik serta Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Brawijaya Malang.

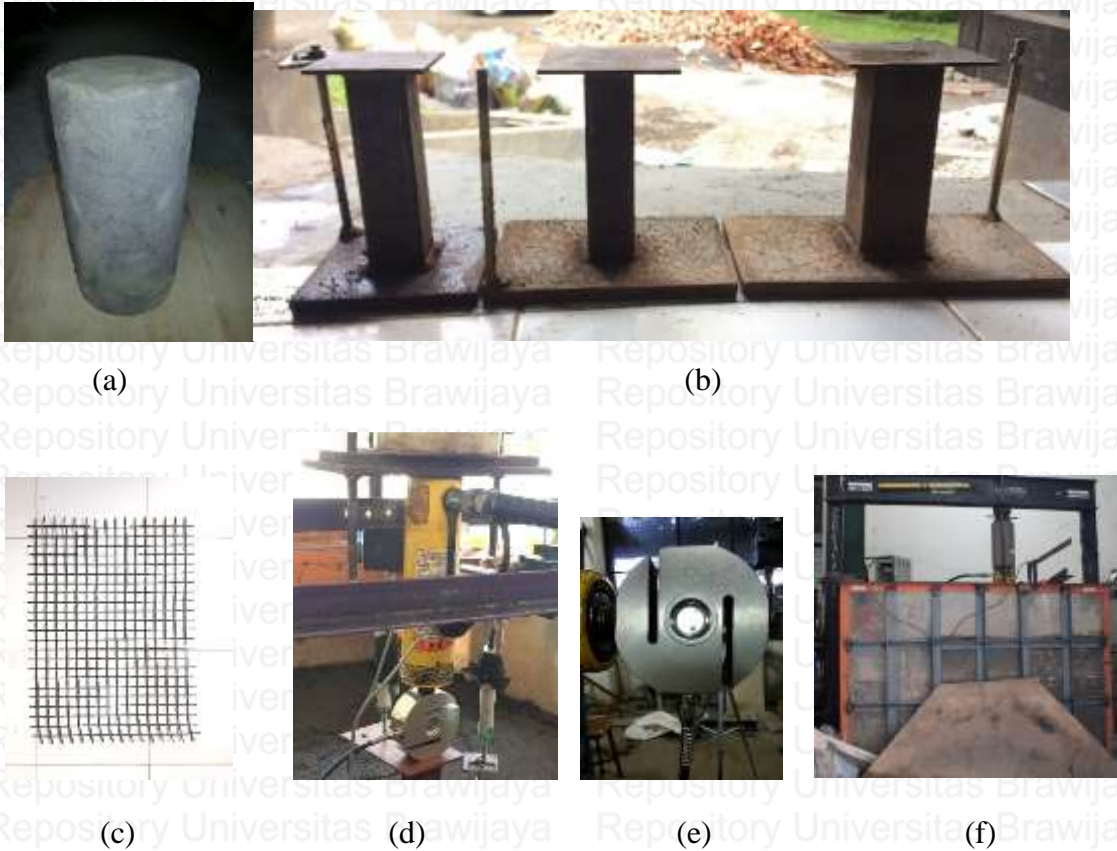
3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah pasir lepas dengan simbol SP (*Poorly Graded*) berdasarkan Sistem *Unified* (U.S.C.S). Geogrid yang digunakan adalah geogrid dengan tipe *biaxial* dari PT. Tetrasa Geosinindo

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Silinder beton
- b. Pondasi (12 cm x 12 cm, 12 cm x 18 cm dan 12 cm x 24 cm)
- c. *Hidarulic jack*
- d. *Load cell*
- e. LVDT
- f. Box Pengujian

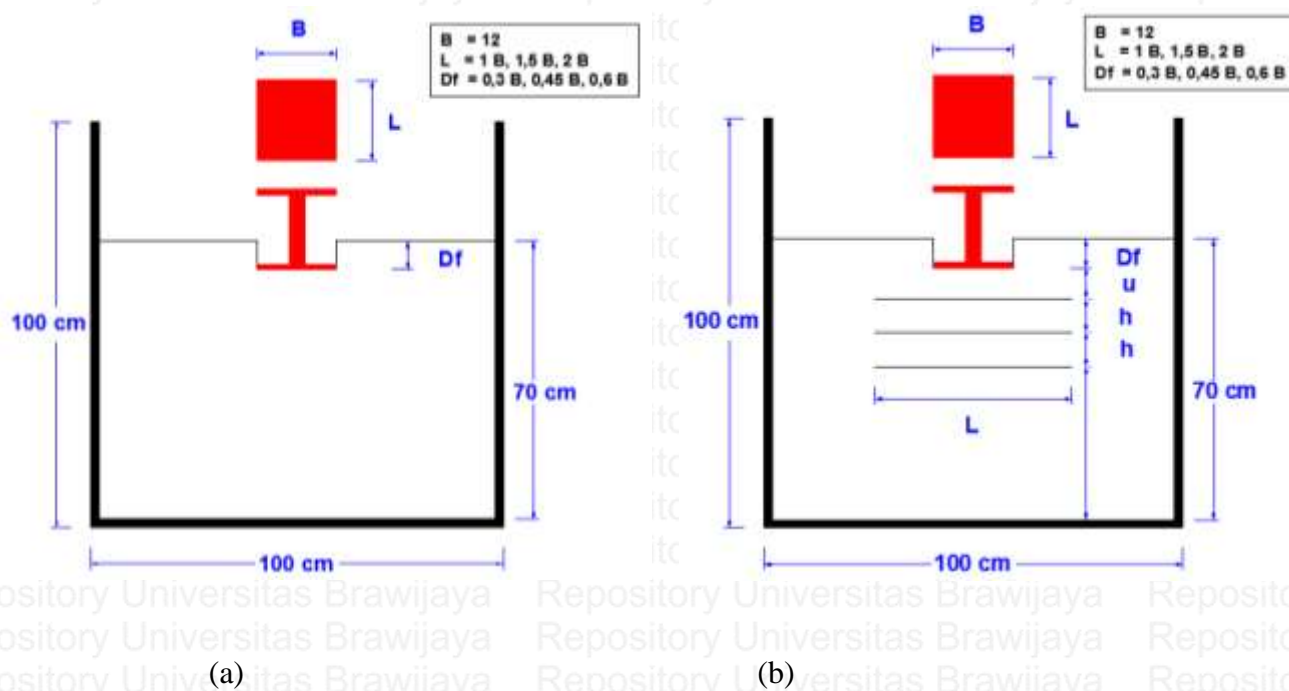
Gambar peralatan-peralatan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3.1 (a) Silinder beton (b) Pondasi (c) Geogrid (d) Hydraulic Jack dan LVDT (e) Load Cell (f) Box pengujian.

3.3 Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

Percobaan ini dibuat 9 buah benda uji dengan 3 variasi rasio panjang pondasi (L/B) dan 3 variasi kedalaman pondasi (D_f/B) untuk pondasi persegi yang diletakkan di tanah pasir dengan RC 85%. Variasi panjang pondasi adalah 12cm x 12cm, 12cm x 18cm dan 12cm x 24cm. Sementara untuk variasi kedalaman pondasi adalah 3,6 cm, 5,4 cm, dan 7,2 cm. Pengujian dilakukan ditengah box penelitian. Perlakuan pengujian menggunakan jumlah lapis geogrid $n=3$, rasio jarak antar lapis geogrid (h/B)=0,25, dan rasio jarak lapisan pertama geogrid (u/B)=0,3. Pengulangan dilakukan apabila terjadi penyimpangan dan dilakukan dengan perlakuan benda uji yang sama. Perlakuan pengujian menghasilkan Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Potongan Melintang Model Tes Percobaan (a) Tanpa Perkuatan; (b) Dengan Perkuatan

Dalam penelitian ini faktor yang perlu diperhatikan adalah metode pemadatan benda uji. Tanah yang dipakai merupakan tanah dengan jenis pasir, maka metode mekanis pemadatan yang dipakai adalah dengan menggilas menggunakan beton silinder. Jenis pemadatan seperti ini lebih memungkinkan pemadatan yang lebih merata pada setiap lapisan.

Pemadatan dilakukan tiap lapisan. Ketinggian tanah di tiap lapisan yaitu 10 cm, sehingga penggilasan dilakukan beberapa kali sampai ketinggian yang diinginkan di tiap lapisannya. Pemadatan dengan cara ini didasarkan pada kontrol volume, sehingga berat tanah yang dimasukkan ke dalam box pengujian setiap lapisannya diukur dan ditimbang sesuai dengan kepadatan untuk ketinggian lapisan setinggi 10 cm. Volume tanah yang dimasukkan didasarkan pada penelitian pendahuluan untuk mengukur kepadatan tanah dengan menggunakan *density test*.

3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dibahas terdiri dari macam pengujian dasar hingga metode perlakuan sampel uji. Metode penelitian ini digunakan untuk mempermudah dalam pelaksanaan penelitian nantinya.

3.4.1 Pengujian Dasar

Dalam penelitian ini dilakukan penelitian dasar pada tanah, yaitu seperti antara lain :

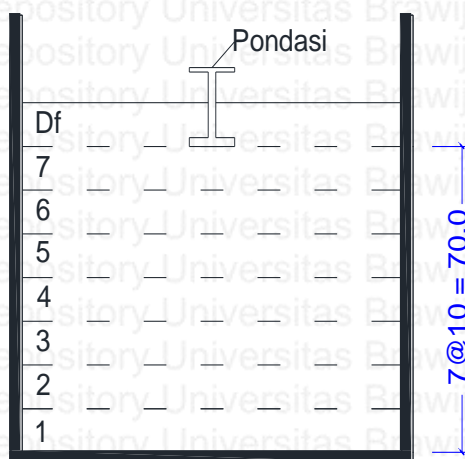
- Pemeriksaan *specific gravity* butiran tanah mengikuti ASTM D-854-58
- Pemeriksaan analisis saringan (*grain size*) menurut ASTM C-136-46
- Pemeriksaan kekuatan geser langsung (*direct shear*) menurut ASTM D-3080-72
- Pemadatan standar (*compaction*) mengikuti ASTM D-698-70

3.4.2 Persiapan Benda Uji

Pada pengujian ini, tanah yang akan digunakan disaring terlebih dahulu dengan saringan No. 4 .Tanah yang lolos saringan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam *box* uji dengan volume tanah $100 \times 150 \times 70 \text{ cm} = 1050000 \text{ cm}^3$ yang dibagi dalam beberapa lapisan.

Kepadatan didapatkan menggunakan metode penggilasan urugan tanah dengan menggunakan silinder yang terbuat dari beton seberat 11,28 kg dengan diameter 15cm dan tinggi 30 cm. Pemadatan ini didasarkan pada kontrol volume, sehingga tanah yang dimasukkan ke dalam box pengujian tiap lapisannya diukur ketinggiannya dan ditimbang.

Jumlah gilasan yang dilakukan untuk mendapatkan kepadatan yang diinginkan disesuaikan dengan ketinggian yang diinginkan, yaitu 10 cm, kemudian di kontrol kepadatannya dengan menggunakan uji *density*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan plat besi yang telah dibentuk menyerupai pondasi. Digunakan plat besi dimaksudkan sehingga saat dilakukan pengujian pondasi tidak rusak, ataupun mengalami deformasi. Adapun metode pengambilan atau kontrol density pada sampel uji adalah seperti pada gambar berikut



Gambar 3.3 Layer pengambilan density.

3.4.3 Model Pengujian Pondasi

Pemodelan tanah pasir yang dilakukan di *box* uji dirancang menyerupai kondisi yang ada di lapangan sehingga mempermudah pengamatan dan menghemat waktu. Beberapa langkah yang dilakukan dalam melaksanakan pemodelan uji fisik tanpa perkuatan geogrid adalah sebagai berikut:

1. Tanah pasir diayak menggunakan ayakan no.4 sampai didapatkan gradasi butiran halus sampai sedang.
2. Tanah pasir dimasukkan ke dalam *box* uji berlapis lalu digilas menggunakan silinder beton pada setiap lapisannya sesuai tinggi lapisan yang ditunjukkan pada

Gambar 3.3. Metode pemadatan seperti pada Gambar 3.4



(a)



(b)

Gambar 3.4 (a) sebelum dilakukan pemadatan pasir diratakan terlebih dahulu; (b) proses pemadatan pasir dengan silinder beton

3. Setelah dilakukan pemdatan, setiap layer pada sampel uji dilakukan pengujian kadar air dan *density* (kepadatan)



Gambar 3.5 Pengujian kadar air dan density pada sampel uji.

4. Pengujian dilakukan dengan nilai rasio variasi rasio sesuai gambar 3.2 (a). Yaitu variasi rasio panjang pondasi (L/B)= 1; 1,5; dan 2. Dengan variasi rasio kedalaman pondasi (Df/B) = 0,3; 0,45; dan 0,6.
 - a. Menentukan posisi Pondasi yang akan digunakan dengan menggunakan unting-unting sehingga posisi pondasi seperti yang diinginkan (tepat di tengah box uji) sehingga garis runtuh pondasi tidak menatap box uji.
 - b. Memberikan tanda sesuai dengan ukuran dasar pondasi.
 - c. Tanda digunakan untuk posisi perletakan mal kayu.
 - d. Mal kayu ditancapkan pada tanda yang telah diberikan untuk memberikan kedalaman pondasi yang ditentukan, dalam penelitian ini digunakan rasio $Df/B=0,3$ (3,6cm), $Df/B=0,45$ (5,4cm), $Df/B=0,6$ (7,2cm).
 - e. Setelah mal dilepas, dan sebagian tanah diambil kemudian dilakukan kontrol Df dengan penggaris.
 - f. Meletakkan pondasi pada kedalam yang telah dibuat.
 - g. Kontrol kemiringan dengan waterpass sehingga tidak terjadi inklinasi saat pembebanan.

h. Penimbunan kembali tanah dengan volume yang sesuai dengan kepadatan tanah.

i. Pemasangan pondasi selesai.



(a)

(b)

(c)



(d)

(e)

(f)



(g)

(h)

(i)

Gambar 3.6 (a) Penempatan posisi pondasi sehingga tepat di tengah; (b) membuat garis untuk plot bentuk pondasi; (c) garis yang digunakan sebagai acuan letak pondasi; (d) Meletakkan mal untuk mengukur kedalaman pondasi yang digunakan; (e) kontrol kedalaman pondasi setelah mal dilepas; (f) memasang pondasi yang akan digunakan; (g) kontrol waterpass sehingga tidak ada inklinasi; (h) penimbunan tanah kembali sesuai dengan volume kepadatan tanah; (i) pondasi siap untuk dibebani.

Langkah-langkah dalam percobaan pada pembuatan pemodelan pondasi persegi pada tanah pasir dengan menggunakan perkuatan geogrid, yaitu:

1. Tanah pasir diayak menggunakan ayakan no.4 sampai didapatkan gradasi butiran halus sampai dengan sedang.
2. Tanah pasir dimasukkan ke dalam *box* uji per lapis lalu digilas menggunakan silinder beton pada setiap lapisannya sesuai tinggi lapisan yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.(b) Setiap lapisan dikontrol kadar air dan kepadatannya menggunakan uji *density*.
3. Menghamparkan geogrid dengan perletakan seperti pada Gambar 3.7. Pemasangan geogrid juga digunakan unting-unting sehingga letaknya sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 3.7 Perletakan geogrid pada sampel uji.

4. Setelah geogrid terpasang, lalu pasir dimasukkan kembali sesuai dengan volume dan berat yang telah direncanakan. Kemudian dilakukan penggilasan.
5. Setiap lapisan yang telah digilas dicek kadar airnya dan kepadatannya menggunakan uji *density*.
6. Pemasangan pondasi seperti pada Gambar 3.6.

3.4.4 Pengujian Pembebanan

Uji pembebanan dilakukan menggunakan *hidraulic jack*. Dalam pembebanan digunakan *load cell* untuk mengukur besarnya beban yang terjadi. Pembebanan dilakukan dengan menggunakan pemodelan pondasi. Pondasi terbuat dari plat baja. Sebagai faktor kedalaman, pondasi diberikan tambahan balok baja pada tengah pondasi sehingga ketinggiannya dapat disesuaikan dengan kondisi sebenarnya.

Adapun langkah-langkah pengujian pembebanan adalah sebagai berikut:

1. Memasang pondasi persegi pada kedalaman yang telah menjadi variabel. Lebar pondasi yang digunakan adalah 12 cm dan panjang pondasi yang digunakan adalah 12 cm, 18 cm, 24 cm
2. Memasang *hydraulic jack* dan *load cell* guna mengukur besarnya beban yang diterima tanah. Untuk memastikan beban sudah terletak di tengah pondasi dan tidak terjadi momen, dilakukan pengecekan dengan *waterpass* serta unting-unting seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 pemasangan load cell pada sampel uji

3. Memasang *dial LVDT* dan *LVDT digital* pada pondasi seperti ilustrasi pada Gambar 3.9 guna mengetahui besarnya penurunan tanah selama pembebanan.



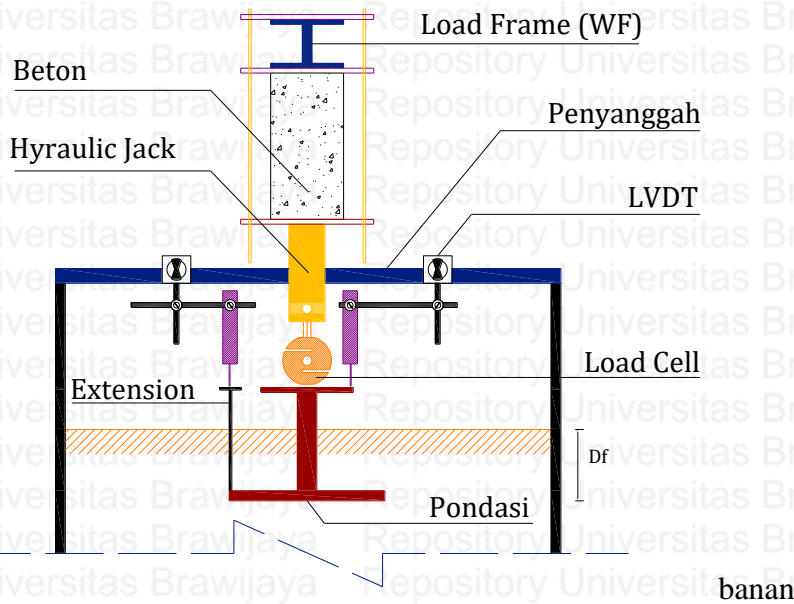
Gambar 3.9 LVDT yang telah terpasang.

4. Uji pembebanan dengan dongkrak hidraulik. Pembebanan dilakukan bertahap tiap 20 kg hingga mengalami keruntuhan.



Gambar 3.10 Siap dilakukan uji pembebanan.

5. Mencatat berapa beban yang diberikan dan berapa penurunan yang terjadi pada benda uji.



Gambar 3.11 Model pengujian sampel.

3.4.5 Metode Analisa Data

Berdasarkan hasil uji pembebanan, didapat data beban serta penurunan yang terjadi pada pondasi. Data yang diambil merupakan data dari pondasi tanpa perkuatan dan pondasi dengan perkuatan geogrid variasi rasio panjang pondasi (L/B) dan variasi rasio kedalaman pondasi (Df/B).

Daya dukung dihitung dengan Persamaan 3.1 berikut:

$$q_u = \frac{P_u}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

dengan :

P_u = beban maksimum yang dicatat saat uji pembebanan

A = luasan pondasi

Data-data di atas kemudian disajikan pada Tabel 3.1, Tabel 3.2, dan Tabel 3.3 sebagai berikut:

Tabel 3.1
Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Persegi Tanpa Perkuatan

No.	Panjang Pondasi (cm)	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (kg)	q_u (kg/cm ²)
1	12			
2	18			
3	24			

Tabel 3.2
 Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Persegi Dengan Perkuatan

No.	panjang Pondasi (cm)	Rasio Df/B	Penurunan (mm)	Beban maksimum (kg)	q_u (kg/cm ²)
1		0,3			
2	12	0,45			
3		0,6			
4		0,3			
5	18	0,45			
6		0,6			
7		0,3			
8	24	0,45			
9		0,6			

Data diatas digunakan sebagai dasar grafik hubungan antara penurunan dan daya dukung. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan geogrid dalam meningkatkan daya dukung, dilakukan analisis *Bearing Capacity Ratio (BCR)* dengan persamaan 3-2, yaitu:

$$BCR = \frac{q_{u(R)}}{q_u} \dots\dots\dots (3-2)$$

dengan :

BCR = *Bearing Capacity Ratio*

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

q_u = daya dukung tanpa perkuatan

Data hasil perhitungan BCR nantinya ditampilkan seperti dalam tabel berikut :

Tabel 3.3

Bearing Capacity Ratio (BCR) Untuk Variasi Panjang Pondasi terhadap Lebar Pondasi (L/B) dan Variasi Jarak Antar Kedalaman pondasi (Df/B)

No.	Rasio L/B	q _u Pondasi Tanpa Perkuatan (kg/cm ²)	q _u Pondasi Dengan Perkuatan Geogrid (kg/cm ²)			BCR		
			Df/B			Df/B		
			0,3	0,45	0,6	0,3	0,45	0,6
1	1,0							
2	1,5							
3	2,0							

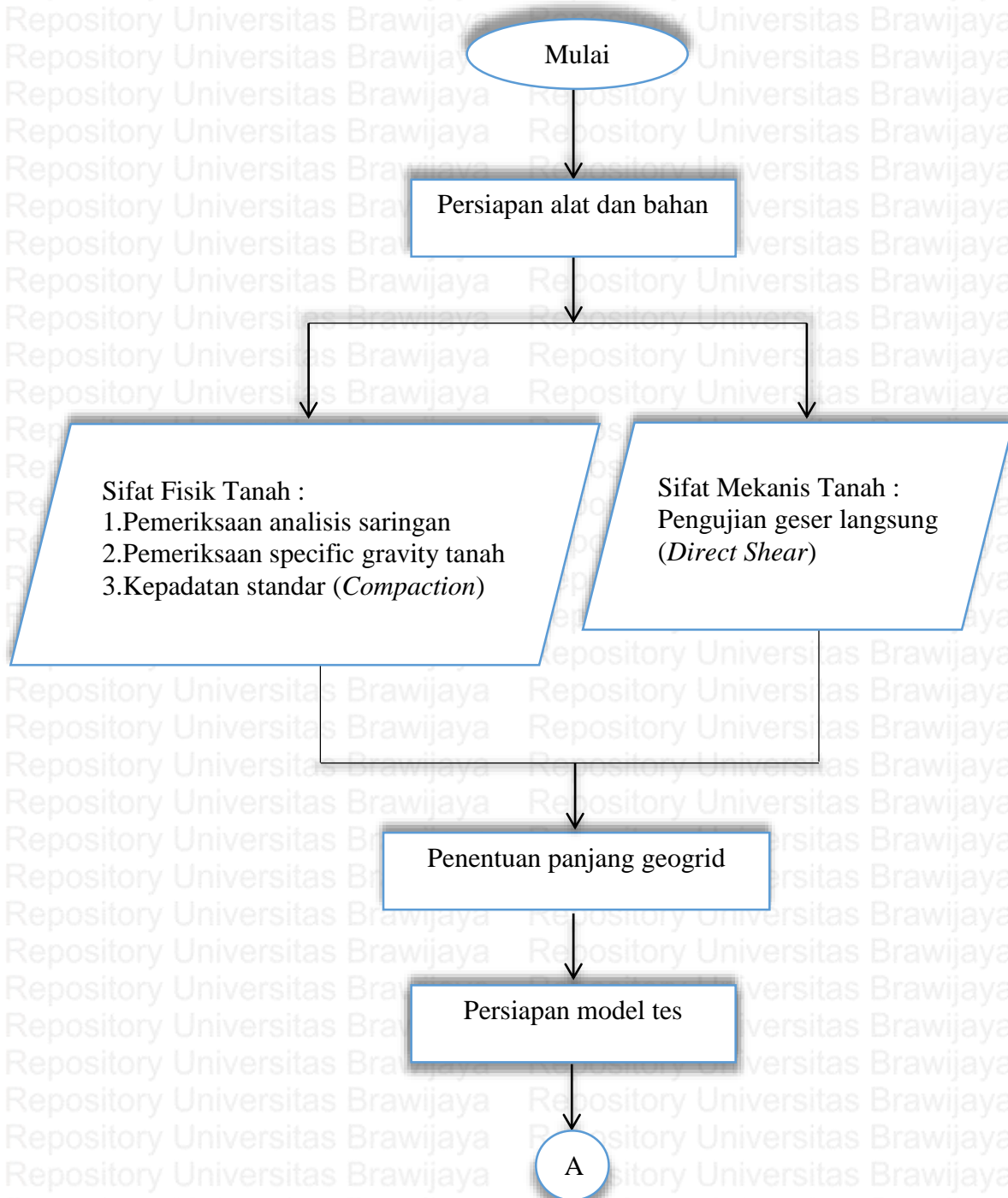
3.5 Variasi Penelitian

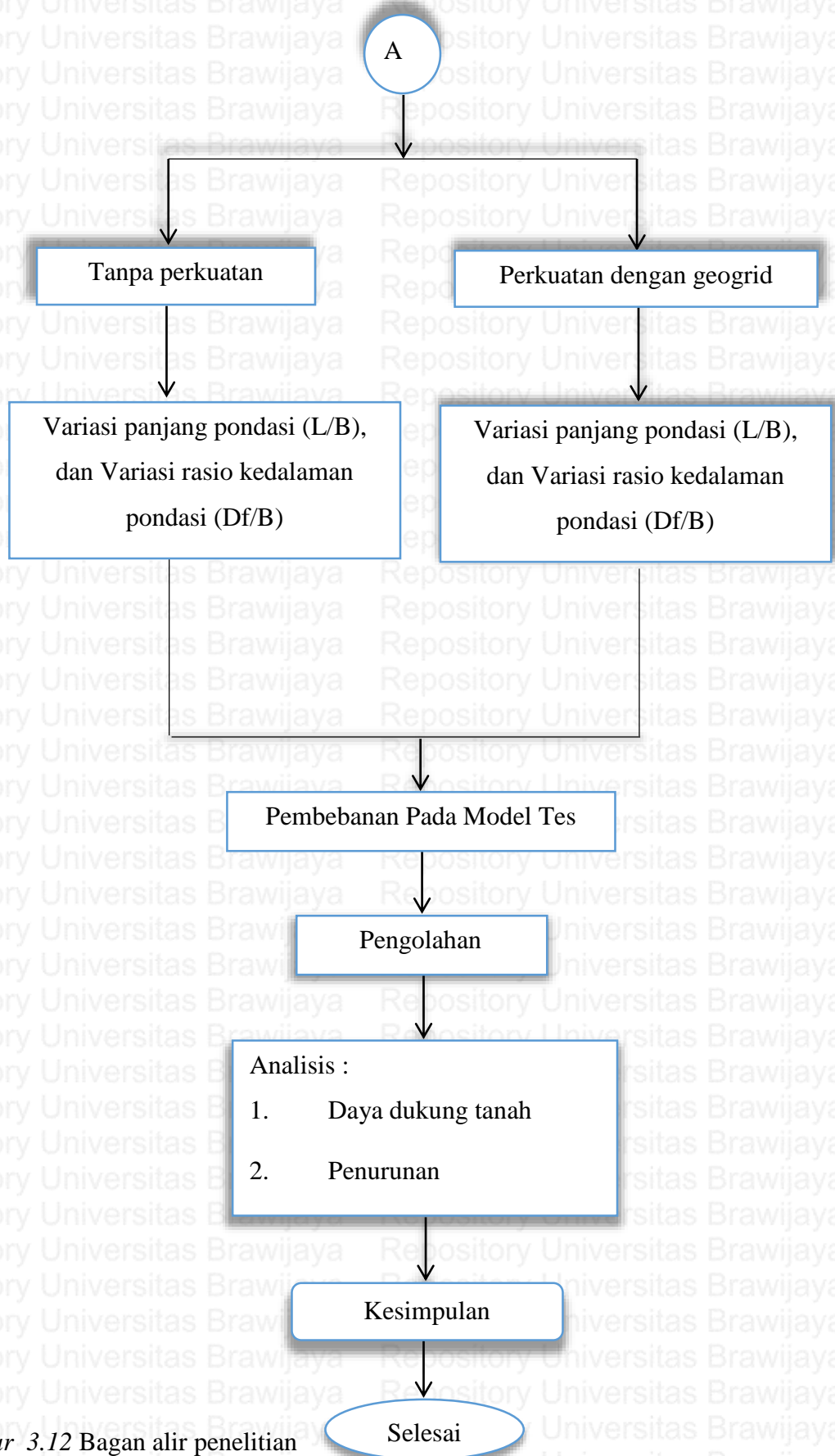
Dalam Penelitian ini mengacu pada variabel bebas dan terikat sebagai acuan penelitian.

Variabel tersebut saling mempengaruhi satu sama lain. Variabel yang digunakan yaitu:

- a. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu :
 1. Daya dukung tanah
 2. Penurunan
- b. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu :
 1. Nilai kepadatan relatif tanah pasir (RC) yang digunakan sebesar 85%
 2. Rasio jarak antar lapis geogrid (h/B) yang digunakan sebesar 0,25 yaitu sebesar 3 cm.
 3. Lebar (Br) dan panjang (Lr) geogrid yang digunakan adalah 3B dan 3L sehingga luas yang digunakan sebesar 1296 cm², 1944 cm² dan 2592 cm².
 4. Jarak lapis pertama geogrid (u) sebesar 0,3 B, yaitu 3,6 cm.
 5. Jumlah lapis perkuatan geogrid n = 3.
 6. Lebar pondasi sebesar 12 cm.
- c. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu :
 1. Panjang pondasi (L) yang digunakan adalah 12, 18 dan 24 cm.
 2. Jarak kedalaman pondasi (Df/B) yang digunakan sebesar 0,3; 0,45; dan 0,6 yaitu 3,6 cm; 5,4 cm; dan 7,2 cm.

3.6 Bagan Alir Tahapan Penelitian





Gambar 3.12 Bagan alir penelitian



BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Analisis Bahan

Pada Penelitian ini menggunakan tiga bahan pokok yakni pasir, pondasi, dan geogrid.

Karakteristik yang dimiliki tiap-tiap bahan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Tanah pasir yang memiliki gradasi buruk atau *Poorly Graded Sand* (SP) dengan klasifikasi USCS.
- b. Pondasi yang digunakan sebagai transfer beban dari *load cell* merupakan pondasi persegi dengan dimensi 12cm x 12cm; 12cm x 18cm dan 12cm x 24cm . Material yang digunakan sebagai pondasi merupakan plat baja yang di sambung (las) sehingga menyerupai bentuk pondasi yang sesungguhnya, seperti pada Gambar 4.1.
- c. Geogrid biaxial tipe Miragrid GX 40/40 dengan kuat tarik 40 kN/m merupakan bahan yang berfungsi sebagai perkuatan pada penelitian ini seperti pada Tabel 4.1.



Gambar 4.1 Model Pondasi

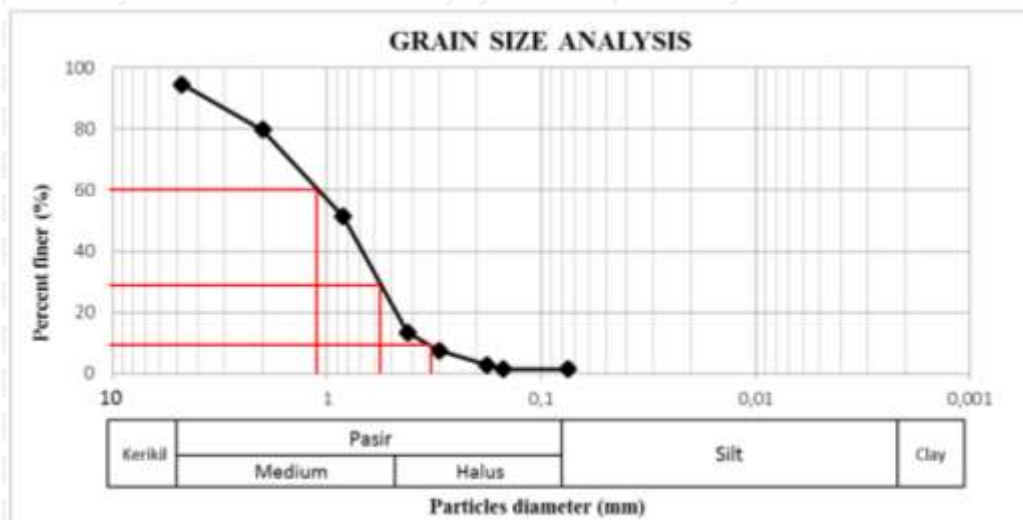
Tabel 4.1
Spesifikasi Geogrid

Properties of TenCate Miragrid® GX Geogrids										
Property	Unit	GX 40/40	GX 60/30	GX 60/60	GX 80/30	GX 80/80	GX 100/30	GX 130/30	GX 160/50	GX 200/50
Characteristic short term tensile strength (ISO 10319) MD	kN/m	40	60	60	80	80	100	130	160	200
Characteristic short term tensile strength (ISO 10319) CD	kN/m	40	30	60	30	80	30	30	50	50
Strain at short term strength	MD %	11	11	11	11	11	11	11	12	12
Partial factor -creep rupture										
at 60 years design life		1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
at 120 years design life		1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
Creep limited strength										
at 60 years design life	kN/m	28.6	42.9	42.9	57.1	57.1	71.4	92.9	114.3	142.9
at 120 years design life	kN/m	27.6	41.4	41.4	55.2	55.2	69.0	89.7	110.3	137.9
Partial factor -construction damage										
in clay, silt or sand		1.15	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.05	1.05
in sandy gravel		1.21	1.19	1.19	1.17	1.17	1.14	1.11	1.10	1.08
in gravel		1.25	1.23	1.23	1.20	1.20	1.17	1.14	1.12	1.10
Partial factor -environmental effects in soil environment (pH <11)										
at 60 years design life		1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
at 120 years design life		1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Long term design strength										
at 60 years design life										
in clay, silt or sand	kN/m	23.7	37.8	37.8	50.4	50.4	63.0	81.9	103.7	129.6
in sandy gravel	kN/m	22.5	34.3	34.3	46.5	46.5	59.7	79.7	98.9	126.0
in gravel	kN/m	21.8	33.2	33.2	45.4	45.4	58.1	77.6	97.2	123.7
at 120 years design life										
in clay, silt or sand	kN/m	21.8	34.8	34.8	46.4	46.4	58.1	75.5	95.5	119.4
in sandy gravel	kN/m	20.7	31.6	31.6	42.9	42.9	55.0	73.4	91.2	116.1
in gravel	kN/m	20.1	30.6	30.6	41.8	41.8	53.6	71.5	89.6	114.0
Nominal roll width	m	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
Nominal roll length	m	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Estimated roll weight (+/- 10%)	kg	132	129	176	160	249	189	244	310	374

(Sumber: PT. Tetrasa Geosinindo).

4.1.1 Analisis Mekanis Tanah

Tanah pasir yang merupakan bahan utama dalam penelitian ini akan diberikan beberapa perlakuan, salah satunya ialah analisis mekanis tanah. Tujuan dari analisis mekanis tanah ialah untuk menentukan variasi partikel-partikel yang terkandung pada tanah. Pada pengujian ini menggunakan cara analisis ayakan. Analisis ayakan ini difungsikan untuk tanah dengan partikel partikel lebih besar dari 0,075 mm. Alat yang digunakan yaitu seperangkat saringan dan *sieve shaker*. Dari analisis butiran diperoleh data sebagaimana pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Kurva distribusi ukuran butiran

Dari kurva distribusi ukuran butiran dapat diketahui bahwa pasir yang lolos pada saringan nomor 200 (diameter lubang 0,075mm) sebesar 1,377%. Dengan hasil seperti yang tertera pada grafik diatas maka tanah digolongkan sebagai tanah berbutir kasar dengan prosentase tertahan saringan nomor 200 adalah lebih dari 50%. Kemudian jumlah prosentase tertahan saringan no.4 lebih dari 50% yaitu sebesar 95% sehingga dapat diklasifikasikan kedalam jenis tanah pasir. Kemudian karena prosentase lolos pada saringan 200 sebesar 1,377%, maka tanah masuk pada klasifikasi SW dan SP. Penggolongan selanjutnya akan dilakukan sebagai berikut:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6 \dots\dots\dots (4-1)$$

$$1 \leq Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \leq 3 \dots\dots\dots (4-2)$$

Apabila tanah memenuhi persamaan 4.1 dan 4.2 maka, tanah akan tergolong pada tanah pasir SW (*Well Graded Sand*) namun bila tidak memenuhi kedua persamaan tersebut maka tanah tergolong tanah pasir SP (*Poorly Graded Sand*). Dari Gambar 4.2 didapatkan:

$$D_{60} = 1,2$$

$$D_{30} = 0,57$$

$$D_{10} = 0,32$$

Maka:

$$Cu = \frac{(1,2)}{0,32} = 2,5 < 6 \quad Cc = \frac{(0,57)^2}{0,32 \times 1,2} = 0,56$$

Dengan hasil Cu yang kurang dari 6 sementara nilai Cc tidak berada diantara 1 dan 3 maka tanah pasir dapat digolongkan berjenis SP (*Poorly Graded Sand*) atau pasir dengan

gradasi yang buruk, pasir yang berkerikil, atau pasir yang sedikit sekali sampai bahkan tidak memiliki butiran halus.

4.1.2 Analisis *Specific Gravity*

Pengujian *Specific Gravity* dilakukan untuk menentukan berat isi tanah dengan butiran yang lolos saringan no.4 menggunakan alat bantu yaitu picnometer. Air yang digunakan juga merupakan air yang telah dilakukan proses *deaired* yang berupa pendidihan air hingga tidak terdapat gelembung udara lagi didalam air tersebut. Yang dimaksud dengan *Specific Gravity* adalah berat butir tanah dibandingkan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

Hasil penelitian laboratorium diperoleh data kalibrasi labu ukur beserta data *Specific Gravity* yang didapatkan dari rumus berikut:

$$GS = \frac{W_s}{W_2 + W_s - W_1} \dots\dots\dots (4-3)$$

Dimana :

SG = *Specific Gravity*

Ws = Berat tanah kering

W1 = Berat labu ukur + air + tanah

W2 = Berat labu ukur + air

Tabel 4.2

Hasil pengujian *specific gravity* pada tanah pasir sample.

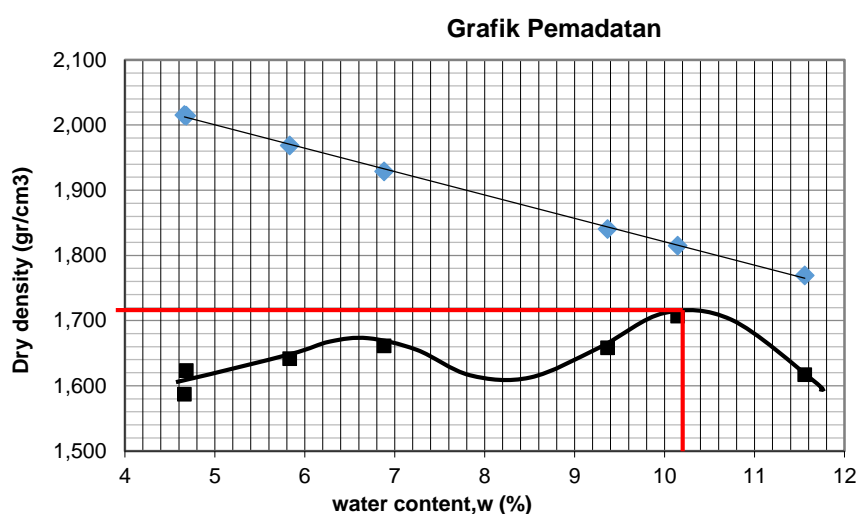
Labu Ukur	1	2	3
Gs	2,628	2,661	2,644
Rata-rata		2,644	

4.1.3 Analisis Kepadatan Tanah (*Compaction*)

Analisis kepadatan dilakukan dalam dua cara, yaitu kepadatan di laboratorium dan kepadatan saat dilakukan sampel uji. Kepadatan di laboratorium digunakan untuk mengetahui kepadatan tanah yang maksimum dan kadar air optimumnya sehingga dapat digunakan acuan dalam kontrol kepadatan pada sampel uji. Pada penelitian ini digunakan RC 85%, yang artinya bukan kepadatan maksimum yang digunakan namun 85% dari kepadatan maksimumnya. RC 85% tersebut yang digunakan dalam kepadatan sampel uji.

a. Keapatan Tanah Standar di Laboratorium (*Proctor Test*)

Pemadatan standar berguna untuk menentukan hubungan antara kadar air dengan kepadatan tanah yang dinyatakan dalam berat isi kering. Pengujian yang dilakukan dilaboratorium dengan pengujian standar. Spesifikasi uji pemadatan menggunakan ASTM D-698-70 metode B yaitu diameter mold yang berukuran 15,5 cm dengan proktor berbobot 2,5 kg dan dengan tinggi jatuh penumbuk 12 inch (30,48 cm) serta dengan jumlah tumbukan pada setiap lapisnya adalah 56. Dari hasil pengujian tersebut, didapatkan nilai berat isi kering (γ_d) maksimum sebesar 1,725 gr/cm³ dengan kadar air optimum (OMC) sebesar 10,20 %. Grafik pengujian tersebut ditunjukkan dalam Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Hasil pengujian pemadatan di laboratorium mekanika tanah

Dari pengujian pemadatan laboratorium juga didapatkan nilai berat isi basah yang dapat dijadikan acuan dalam penelitian pada model nantinya. Didapatkan nilai berat isi basah yang diperoleh adalah 1,90 gr/cm³. Pada penelitian ini yang digunakan adalah kepadatan pasir dengan Rc 85% sehingga berat isi basah yang diinginkan pada pengujian model adalah 1,615 gr/cm³.

b. Keapatan Tanah Model

Untuk mendapatkan nilai kepadatan maksimum pemodelan yang sesuai dengan kepadatan di laboratorium sangat susah, maka dari itu harus menggunakan kepadatan tanah model (γ_{lap}). Berat isi yang digunakan untuk mengetahui kepadatan tanah model adalah berat isi basah. Penggunaan berat isi basah digunakan sebagai kontrol sehingga tidak perlu menunggu tanah selesai di oven untuk mengetahui kepadatannya. Namun berat isi kering tetap

digunakan untuk kontrol setelah tanah selesai di oven. Berat isi yang digunakan pada penelitian ini adalah 85% dari kepadatan optimum. Adapun nilai berat isi basah yang digunakan untuk kepadatan model adalah $1,615 \text{ gr/cm}^3$.

Pemodelan tanah pasir memiliki tinggi 70 cm yang kemudian dibagi menjadi 7 lapisan dengan ketinggian masing-masing lapisan sebesar 10 cm. Pemadatan pada setiap lapisnya dilakukan dengan menggunakan beton silinder dengan berat 11,28 kg dan tinggi 30 cm. Tanah digilas berkali kali hingga tercapai ketinggian yang diinginkan yaitu 10 cm. Setelah dicapai ketinggian 10 cm, kemudian dilakukan pengujian kepadatan menggunakan density ring untuk mengontrol agar kepadatan sesuai dengan kepadatan rencana.

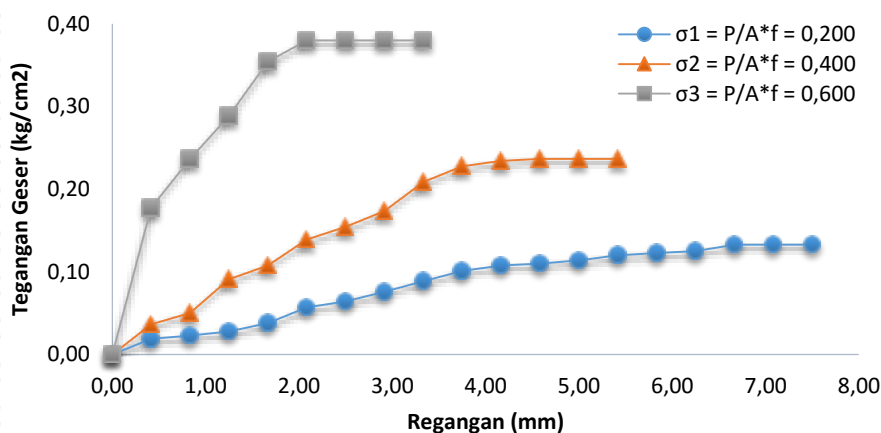


Gambar 4.4 Metode pengambilan kepadatan model.

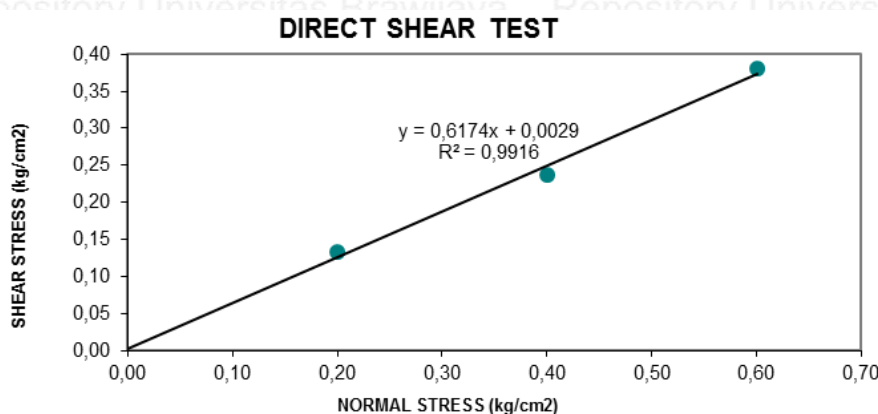
4.1.4 Analisis Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*)

Direct Shear dimaksudkan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah yaitu nilai kohesi dari tanah (c) dan sudut geser tanah (ϕ). *Direct Shear* umumnya digunakan pada tanah dengan partikel butiran kasarnya lebih banyak. Dari pengujian *Direct Shear* akan menghasilkan grafik hubungan antara tegangan normal (σ) dengan tegangan geser maksimum (τ). Dari grafik tersebut didapatkan nilai kohesi tanah serta nilai sudut geser tanah dengan menghubungkan ketiga titik yang diperoleh dengan garis linear sehingga membentuk garis lurus yang memotong sumbu vertikal pada nilai kohesi (c) dan memotong sumbu horizontal dengan membentuk sebuah sudut yang merupakan sudut geser dalam tanah (ϕ). Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh nilai sudut geser tanah (ϕ) sebesar

31,691° Dan nilai kohesi (c) sebesar $0,0029 \text{ kg/cm}^2$. Grafik hasil pengujian *direct shear* disajikan pada Gambar 4.5 berikut ini.



(a)



(b)

Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian *Direct Shear* (a) Grafik hubungan tegangan geser dan regangan (b) grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser.

4.2 Hasil Pengujian Kepadatan dan Kadar Air Model Test

Model test yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu *model test* tanpa perkuatan dan *model test* dengan perkuatan. Perlakuan antara perkuatan dan tanpa perkuatan disamakan.

4.2.1 Model Test Tanpa Perkuatan

Pengujian pondasi pada pasir lepas (SP) tanpa perkuatan ditujukan untuk mengetahui besar peningkatan dibandingkan dengan pengujian pasir dengan perkuatan geogrid.

Pengujian model tanpa perkuatan dilakukan sebanyak 9 kali dengan variasi rasio kedalaman pondasi (D_f/B) dan variasi rasio panjang pondasi (L/B) sesuai dengan matriks pada tabel 4.3. Kepadatan tanah pasir yang digunakan adalah RC 85%.

Tabel 4.3
Matriks pengujian

B = 12 cm	Df = 0,3 B			Df = 0,45 B			Df = 0,6 B		
	L = 1 B	L = 1,5 B	L = 2 B	L = 1 B	L = 1,5 B	L = 2 B	L = 1 B	L = 1,5 B	L = 2 B
	v	v	v	v	v	v	v	v	v

Tabel 4.4
Hasil uji kadar air dan kepadatan *model test* tanpa perkuatan

Panjang Pondasi (L/B)	Df = 0,3 B			Df = 0,45 B			Df = 0,6 B		
	kadar air (%)	berat isi kering (γ_d) (g/cm^3)	berat isi basah (γ_w) (g/cm^3)	kadar air (%)	berat isi kering (γ_d) (g/cm^3)	berat isi basah (γ_w) (g/cm^3)	kadar air (%)	berat isi kering (γ_d) (g/cm^3)	berat isi basah (γ_w) (g/cm^3)
1	10,09	1,47	1,62	10,06	1,47	1,62	9,87	1,47	1,62
1,5	10,08	1,47	1,62	10,49	1,47	1,62	10,08	1,47	1,62
2	10,08	1,46	1,61	10,17	1,46	1,61	10,18	1,45	1,60

4.2.2 Model Test dengan Perkuatan

Pengujian pondasi pada tanah pasir dengan perkuatan geogrid dilakukan sebanyak 9 kali sesuai dengan jenis variable bebas yang diteliti. Pada penelitian ini digunakan variable bebas berupa panjang pondasi (L) dan kedalaman pondasi (Df). Setiap variabel bebas memiliki 3 sample untuk dilakukan pengujian diantaranya:

- L = 1B; 1,5B; dan 2B
- Df = 0,3B; 0,45B; dan 0,6B

Selain variabel bebas, variabel kontrol yang digunakan adalah jumlah lapis geogrid (N) sebanyak 3 lapis, jarak antar lapis geogrid (h) sebesar 0,25B, serta jarak lapis pertama geogrid (u) sebesar 0,3B. Dari hasil pengujian didapatkan kadar air serta kepadatan sample adalah seperti pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5
Hasil uji kadar air dan kepadatan *model test* dengan perkuatan

Panjang Pondasi (L/B)	Df = 0,3 B			Df = 0,45 B			Df = 0,6 B		
	kadar air (%)	berat isi kering (γ_d) (g/cm^3)	berat isi basah (γ_w) (g/cm^3)	kadar air (%)	berat isi kering (γ_d) (g/cm^3)	berat isi basah (γ_w) (g/cm^3)	kadar air (%)	berat isi kering (γ_d) (g/cm^3)	berat isi basah (γ_w) (g/cm^3)
1	10,11	1,47	1,61	10,14	1,48	1,63	10,16	1,47	1,62
1,5	10,10	1,50	1,66	10,16	1,49	1,64	10,20	1,48	1,63
2	10,13	1,47	1,63	10,03	1,47	1,61	10,04	1,48	1,62

4.3 Hasil Pengujian Daya Dukung Tanah Pasir Tanpa Perkuatan Geogrid

Hasil pengujian yang akan dijelaskan berupa daya dukung pondasi tanpa perkuatan yang dikerjakan secara teoritik dan *model test*. Sehingga dapat diketahui perbandingan antara pengerjaan secara teoritis apabila dibandingkan dengan *model test*

4.3.1 Hasil Perhitungan Teoritik

Selain melakukan pengujian langsung di laboratorium, ada cara pendekatan perhitungan secara teoritis pada tanah pasir tanpa perkuatan. Untuk mendapatkan prakiraan dasar nilai daya dukung tersebut maka digunakan metode Meyerhof, Hansen dan Vesic. Nilai daya dukung yang didapatkan secara teoritis ditunjukkan pada Tabel 4.6 berikut

Tabel 4.6
Nilai daya dukung tanah tanpa perkuatan secara teoritik

Panjang Pondasi (cm)	Df = 3,6 cm		Df = 5,4 cm		Df = 7,2 cm	
	Metode	qu (kN/m ²)	Metode	qu (kN/m ²)	Metode	qu (kN/m ²)
12	Meyerhoff	46,4028951	Meyerhoff	56,858606	Meyerhoff	67,7755062
	Hansen	33,1194813	Hansen	45,0944807	Hansen	57,8957049
	Vesic	39,6758434	Vesic	45,0944807	Vesic	65,9461725
18	Meyerhoff	42,632167	Meyerhoff	52,2398322	Meyerhoff	62,2712997
	Hansen	33,1843777	Hansen	43,7844577	Hansen	55,1159099
	Vesic	40,4784607	Vesic	51,5599543	Vesic	63,4060632
24	Meyerhoff	40,7468029	Meyerhoff	49,9304453	Meyerhoff	59,5191964
	Hansen	33,2168259	Hansen	43,1294462	Hansen	53,7260123
	Vesic	40,8797693	Vesic	51,1534499	Vesic	62,1360085

4.3.2 Hasil Eksperimen Menggunakan *Model Test*

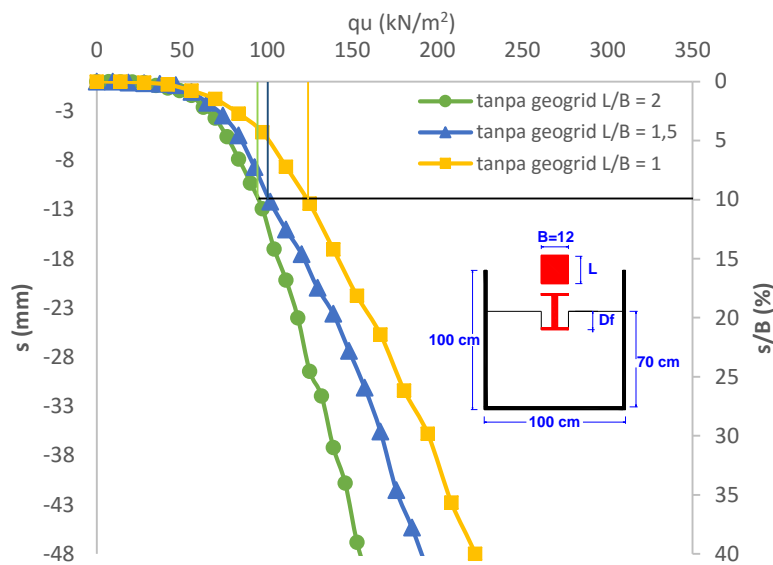
Salah satu hal yang ingin dicapai dalam penelitian ini ialah untuk mengetahui daya dukung maksimum yang dapat terjadi pada permodelan tanah. Kondisi tanah yang padat membuat tanah memiliki *Residual Strenght* sehingga beban dapat terus bertambah, oleh karena itu daya dukung maksimum didapatkan melalui rasio s/B sebesar 10%, hal ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan sebelumnya, seperti yang telah di bahas pada Bab II. Dari uji pembebanan yang dilakukan pada pemodelan pasir tanpa perkuatan, diperoleh hasil daya dukung seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7
Daya dukung tanah tanpa perkuatan berdasarkan hasil eksperimen

Kedalaman Pondasi (cm)	Panjang Pondasi (cm)	q_u (kN/m ²)
3,6	12	123,481
	18	101,129
	24	94,735
5,4	12	144,068
	18	119,206
	24	102,632
7,2	12	167,181
	18	145,817
	24	121,541

Dari percobaan pembebanan yang dilakukan pada model tanah pasir tanpa perkuatan didapatkan hasil pembacaan terhadap daya dukung dan penurunan yang terjadi. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan yang terjadi, disajikan pada grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan pada gambar 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 berikut ini.

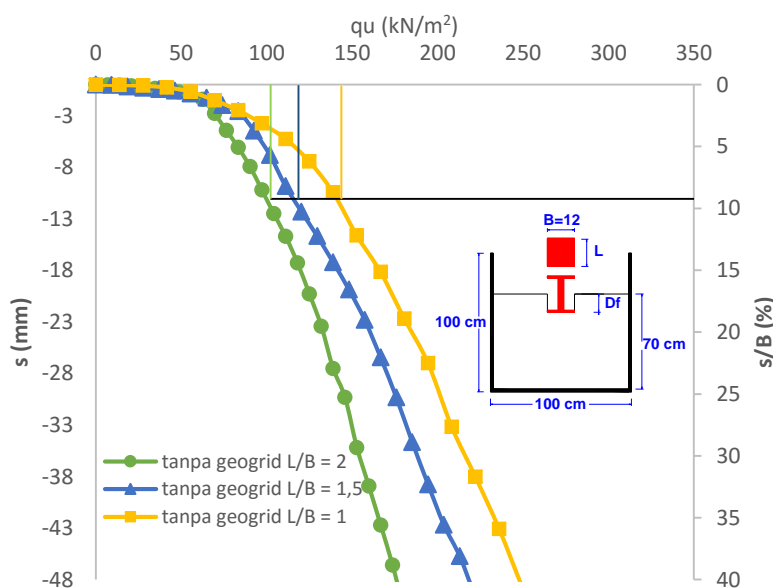
PERBANDINGAN VARIASI "L/B" DENGAN
"Df/B=0,3"



Gambar 4.6 Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Tanpa perkuatan; $D_f/B=0,3$).

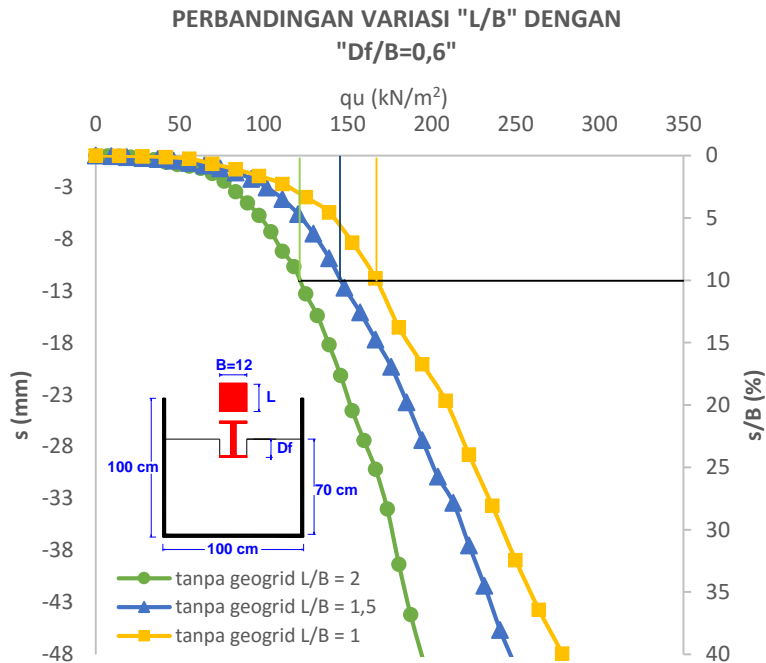
Dari gambar diatas didapatkan bahwa terjadi penurunan nilai tegangan dengan bertambahnya panjang pondasi. Hal ini sesuai dengan teori daya dukung Vesic yang menyatakan bahwa peningkatan rasio panjang pondasi akan menurunkan nilai daya dukung tanah.

PERBANDINGAN VARIASI "L/B" DENGAN
"Df/B=0,45"



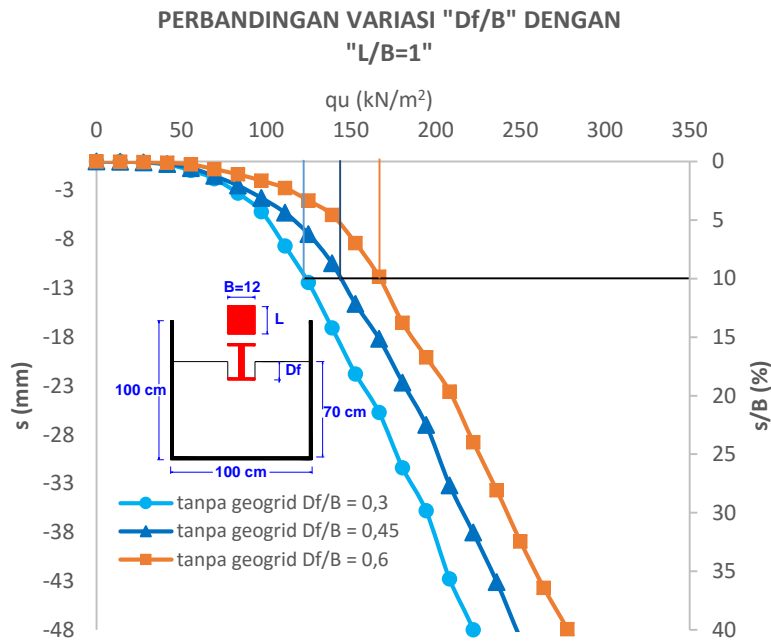
Gambar 4.7 Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Tanpa perkuatan; $D_f/B=0,45$).

Dari gambar diatas didapatkan bahwa terjadi penurunan nilai tegangan dengan bertambahnya panjang pondasi. Hal ini sesuai dengan teori daya dukung Vesic yang menyatakan bahwa peningkatan rasio panjang pondasi akan menurunkan nilai daya dukung tanah.



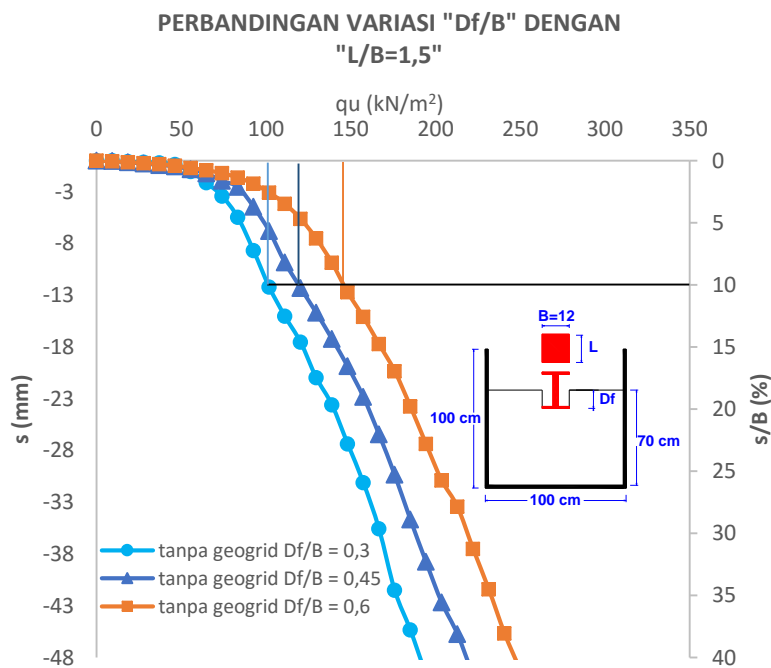
Gambar 4.8 Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Tanpa perkuatan; $Df/B=0,6$).

Dari gambar diatas didapatkan bahwa terjadi penurunan nilai tegangan dengan bertambahnya panjang pondasi. Hal ini sesuai dengan teori daya dukung Vesic yang menyatakan bahwa peningkatan rasio panjang pondasi akan menurunkan nilai daya dukung tanah.



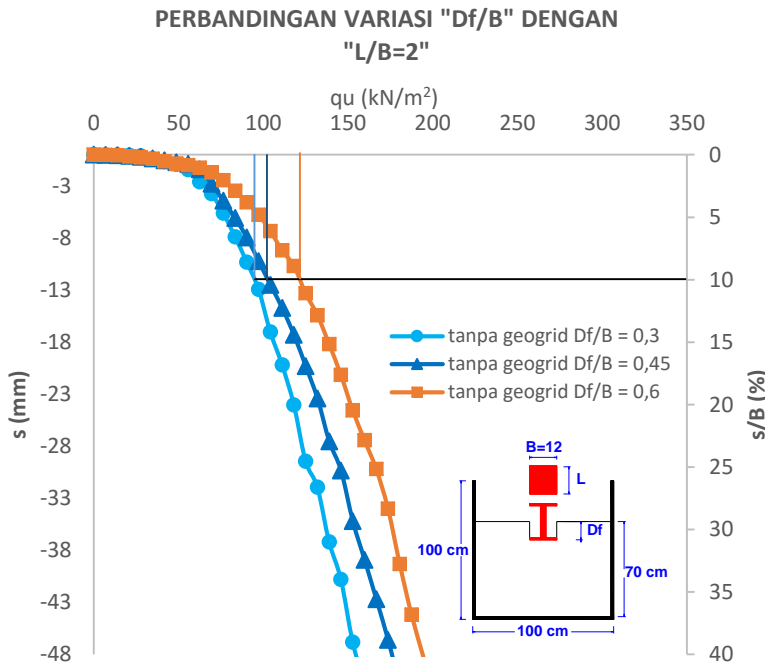
Gambar 4.9 Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Tanpa perkuatan; $L/B=1$)

Dari gambar diatas didapatkan bahwa terjadi kenaikan nilai tegangan dengan bertambahnya kedalaman pondasi. Hal ini sesuai dengan teori daya dukung Vesic yang menyatakan bahwa peningkatan rasio kedalaman pondasi akan meningkatkan nilai daya dukung tanah.



Gambar 4.10 Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Tanpa perkuatan; $L/B=1,5$).

Dari gambar diatas didapatkan bahwa terjadi kenaikan nilai tegangan dengan bertambahnya kedalaman pondasi. Hal ini sesuai dengan teori daya dukung Vesic yang menyatakan bahwa peningkatan rasio kedalaman pondasi akan meningkatkan nilai daya dukung tanah.



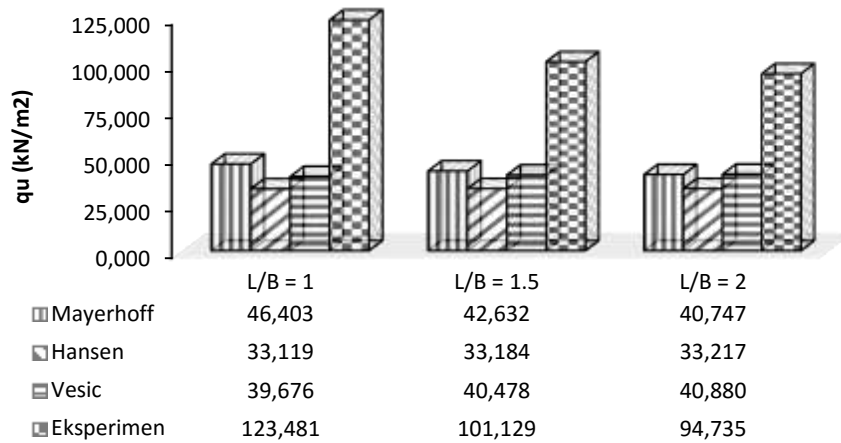
Gambar 4.11 Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Tanpa perkuatan; $L/B=2$).

Dari gambar diatas didapatkan bahwa terjadi kenaikan nilai tegangan dengan bertambahnya kedalaman pondasi. Hal ini sesuai dengan teori daya dukung Vesic yang menyatakan bahwa peningkatan rasio kedalaman pondasi akan meningkatkan nilai daya dukung tanah.

4.3.3 Analisis Perbedaan Daya Dukung Tanah Secara Teoritik dan Eksperimen

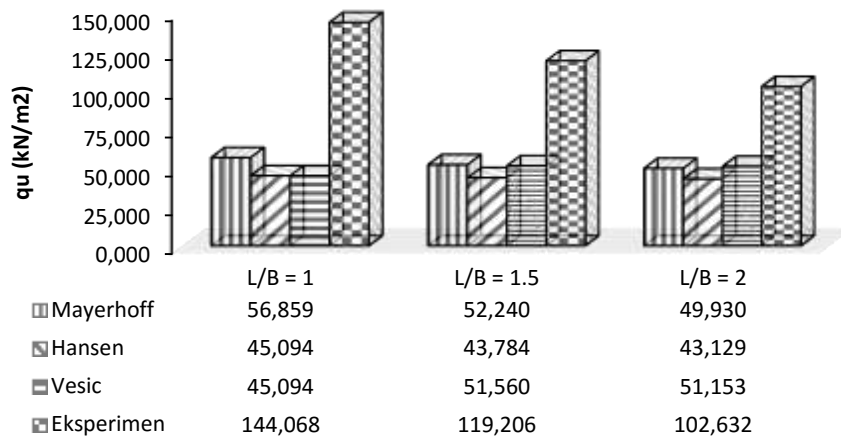
Melalui beberapa hasil eksperimen yang telah dilakukan maka didapatkan bahwa nilai daya dukung hasil eksperimen lebih besar dibandingkan dengan perhitungan daya dukung secara teoritik seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.12, 4.13, 4.14.

Daya Dukung



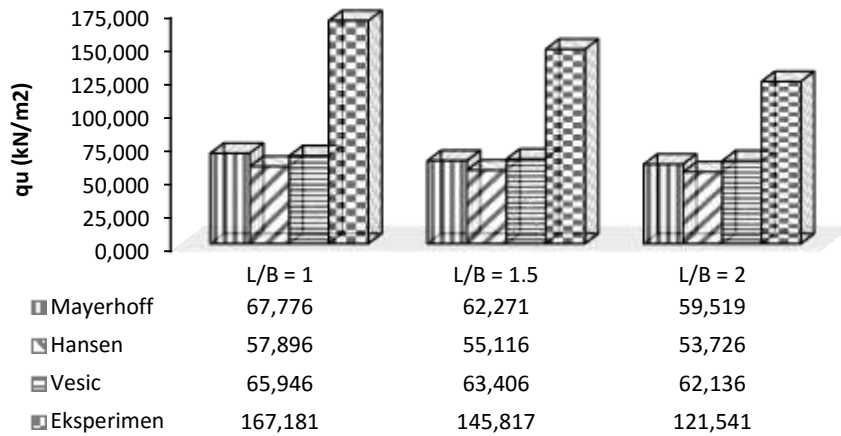
Gambar 4.12 Perbandingan nilai daya dukung secara teoritik dan hasil eksperimen dengan variasi L/B dengan $D_f/B = 0,3$

Daya Dukung



Gambar 4.13 Perbandingan nilai daya dukung secara teoritik dan hasil eksperimen dengan variasi L/B dengan $D_f/B = 0,45$

Daya Dukung



Gambar 4.14 Perbandingan nilai daya dukung secara teoritik dan hasil eksperimen dengan variasi L/B dengan $Df/B = 0,6$

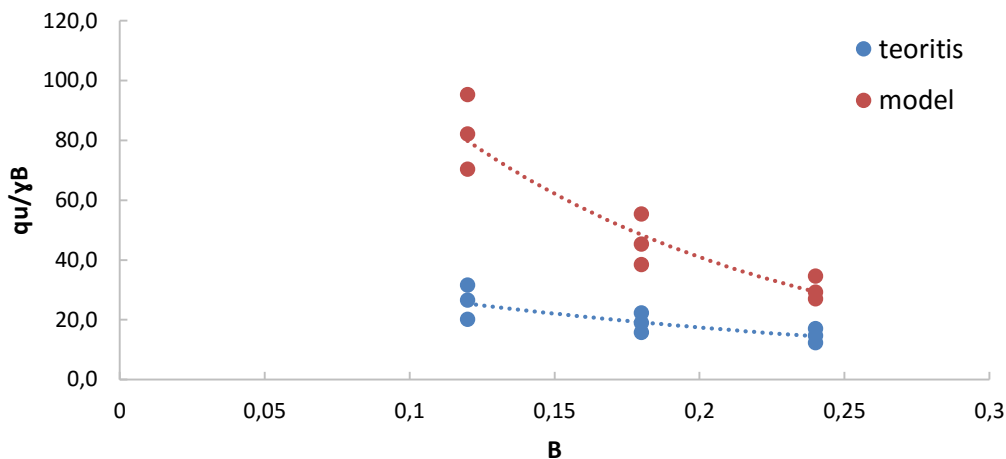
4.3.4 Efek Skala Model terhadap Daya Dukung Teoritik

Perbedaan nilai daya dukung (*Bearing Capacity*) yang cukup besar antara model uji dengan teoritis dipengaruhi karena adanya faktor skala. Apabila digunakan nilai daya dukung tanah model dengan daya dukung tanah teoritis jelas terdapat perbedaan yang cukup besar pada keduanya. Oleh karena itu digunakan pembandingan lain seperti lebar pondasi dan kepadatan pondasi sehingga mengetahui pengaruh keduanya terhadap perbesaran daya dukung tanah pada skala model. Perhitungan teoritis didasarkan pada persamaan 2-8.

Tabel 4.8
Perbandingan nilai teoritis dengan nilai model tes

B (m)	Df (m)	qu model (kN/m ²)	qu teoritis (kN/m ²)	Ny Teoritis	Ny Model	qu/γB Teoritis	qu/γB Model	Per- besaran
0,12	0,04	123,48	35.371	28,836	84,713	20,161	70,383	2,937
0,12	0,05	144,07	46.600	28,836	89,817	26,562	82,119	3,114
0,12	0,07	167,18	55.388	28,836	95,791	31,571	95,292	3,321
0,18	0,04	101,27	41.412	28,836	46,393	15,737	38,482	1,608
0,18	0,05	119,21	49.977	28,836	48,225	18,991	45,299	1,672
0,18	0,07	145,82	58.541	28,836	54,543	22,246	55,411	1,891
0,24	0,04	94,74	43.395	28,836	31,284	12,368	27,001	1,084
0,24	0,05	102,63	51.602	28,836	27,137	14,707	29,249	0,941
0,24	0,07	121,54	59.809	28,836	27,861	17,045	34,639	0,966

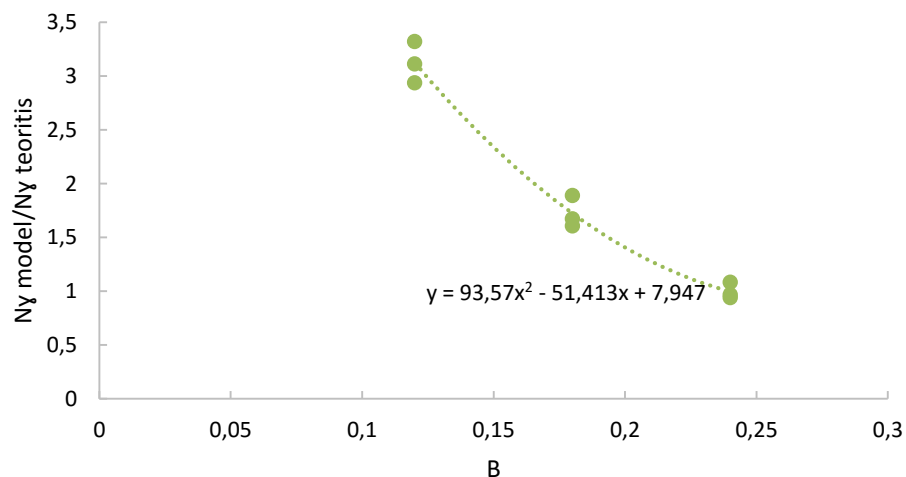
Perbandingan dengan Metode Teoritis (Mayerhoff)



Gambar 4.15 Perbandingan nilai $qu/\gamma B$ antara model dengan metode teoritis Mayerhoff

Pada gambar diatas diketahui bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara teoritis dengan model, dimana nilai $qu/\gamma B$ pada skala model lebih besar dibandingkan dengan teoritis. Perbesaran yang terjadi antara skala model terhadap teoritis hampir mencapai 3 kali lipat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.16. Namun dengan semakin bertambahnya lebar pondasi perbedaan antara nilai teoritis dan skala model menjadi lebih kecil.

Rasio Model Tes terhadap Teori Mayerhof



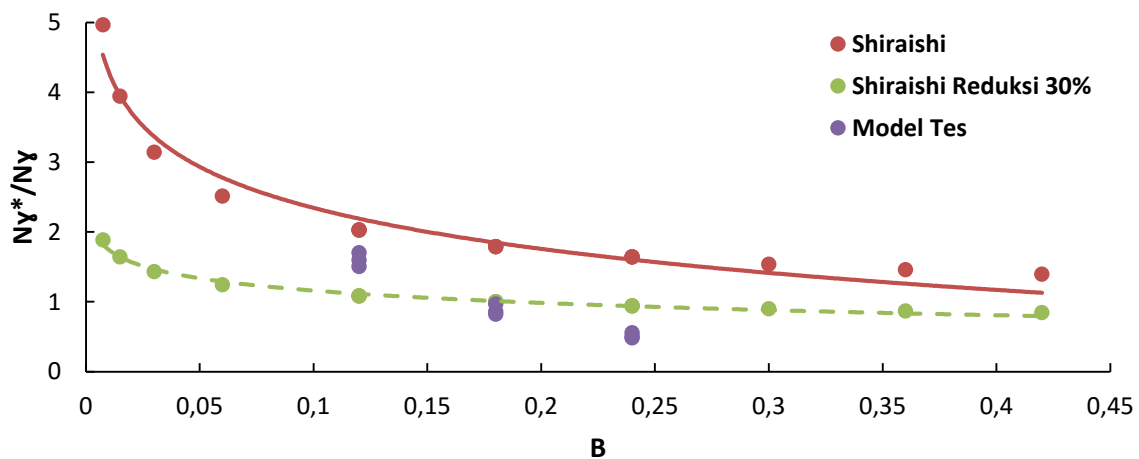
Gambar 4.16 Perbandingan besar nilai daya dukung skala model dengan teoritis (Mayerhoff) pada lebar pondasi yang berbeda beda

Pada jurnal Cerato dan Lutenegger (2007) digunakan metode modifikasi shiraisi untuk merubah dari skala prototipe ke skala model.

Tabel 4.9
Perhitungan nilai N_{γ}^* berdasarkan teori Shiraishi

B (m)	qu (kN/m ²)	N_{γ} hitung mundur	N_{γ} Terzhagi	N_{γ}^*/N_{γ} shiraishi	N_{γ}^*/N_{γ} reduksi	N_{γ}^*/N_{γ}
0,12	123,48	84,713	28,836	2,027	1,084	1,507
0,12	144,07	89,817				1,598
0,12	167,18	95,791				1,704
0,18	101,27	46,393		1,792	1	0,825
0,18	119,21	48,225				0,858
0,18	145,82	54,543				0,971
0,24	94,74	31,284		1,644	0,944	0,556
0,24	102,63	27,137				0,483
0,24	121,54	27,861				0,496

Perbandinga Modifikasi Shiraishi (1990) dengan Model Tes



Gambar 4.17 Grafik hubungan N_{γ}^*/N_{γ} -B modifikasi Shiraishi (1990) dan model tes

Dari Gambar 4.17 didapatkan bahwa pada pondasi dengan lebar 0,12 m berada diantara 2 persamaan Shiraishi, sementara pondasi dengan lebar 0,18 dan 0,24 m berada di bawah dari garis persamaan modifikasi Shiraishi. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan sudut geser tanah mengingat Shiraishi menggunakan dasar penelitian pada sudut geser tanah sebesar 41-44°, juga akibat panjang pondasi pada model dengan lebar pondasi 0,18 dan 0,24 m yang memiliki panjang yang konstan (0,12 m) dimana bentuk pondasi tidak konstan berbentuk persegi melainkan berubah menjadi persegi panjang.

4.4 Hasil Pengujian Daya Dukung Pondasi Tanah Pasir dengan Perkuatan

Hasil pengujian yang akan dijelaskan berupa daya dukung tanah dengan perkuatan berdasarkan variabel bebas yang telah ditentukan. Adapun variabel bebas yang digunakan adalah kedalaman pondasi (D_f) yaitu 0,3B; 0,45B; dan 0,6B, dan panjang pondasi (L) yaitu 1B; 1,5B; dan 2B.

4.4.1 Analisis Daya Dukung Pondasi Persegi pada Tanah Pasir dengan Perkuatan

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian pondasi pada tanah pasir dengan perkuatan geogrid. Geogrid yang digunakan adalah Miragrid GX 40/40. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan nilai daya dukung tanah yang dapat diterima oleh tanah pasir dengan perkuatan. Seperti pada tanah pasir tanpa perkuatan, daya dukung untuk tanah pasir dengan perkuatan geogrid diambil 10% dari rasio penurunan pondasi dengan lebar pondasi, dimana lebar pondasi adalah 12cm. Daya dukung pada tanah pasir dengan variabel rasio kedalaman pondasi (D_f), dan variasi rasio panjang pondasi (L) dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10

Daya dukung ultimit (daya dukung pada $s/B=0.1$) tanah pasir dengan perkuatan geogrid hasil eksperimen

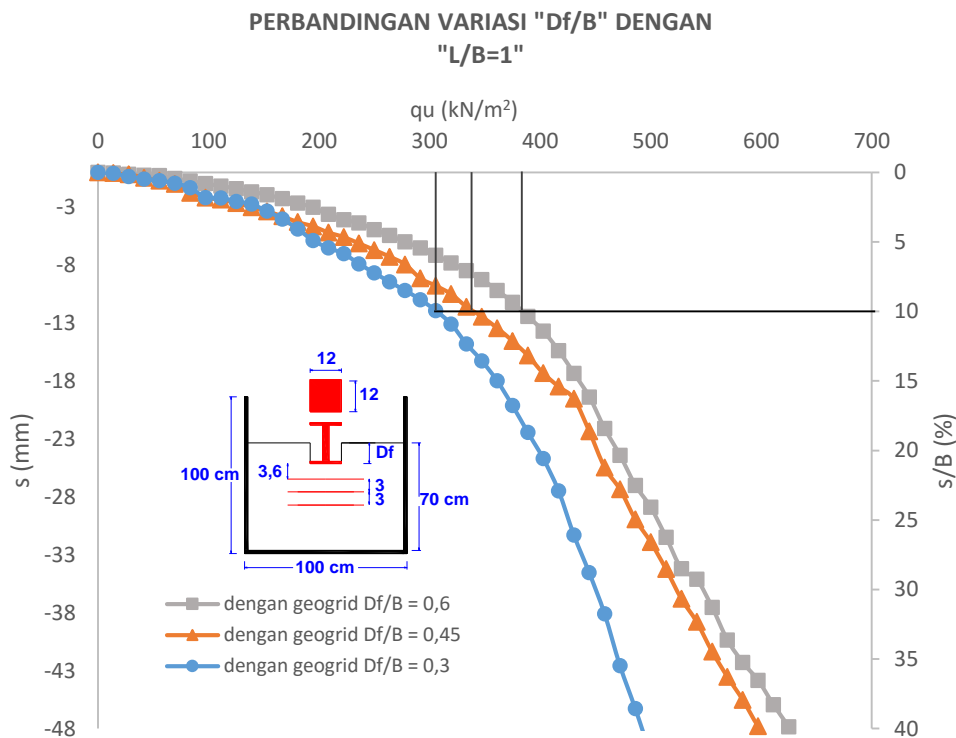
No	Panjang pondasi (L)	Kedalaman Pondasi (D_f)	Beban (kg)	q_u (kN/m ²)
1	1B	0,3B	441,126	306,337
2		0,45B	489,240	339,750
3		0,6B	552,893	383,953
4	1,5B	0,3B	340,132	236,203
5		0,45B	376,244	261,281
6		0,6B	448,205	311,254
7	2B	0,3B	299,209	207,784
8		0,45B	305,707	212,297
9		0,6B	337,346	234,268

4.4.2 Analisis Penurunan Tanah Pasir dengan Variasi Kedalaman Pondasi

Variasi rasio kedalaman pondasi merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam daya dukung tanah pasir dengan perkuatan geogrid. Pada penelitian ini rasio kedalaman pondasi (D_f/B) yang digunakan adalah 0,3; 0,45; 0,6. Diharapkan didapatkan nilai daya dukung maksimum dengan variasi tersebut.

a. Rasio panjang pondasi dengan lebar pondasi (L/B) = 1

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada permodelan tanah pasir di laboratorium dengan rasio panjang pondasi (L/B) sebesar 1, diperoleh hasil penurunan serta daya dukung yang beragam. Hasil penurunan dan daya dukung yang terjadi pada permodelan tanah pasir di ditampilkan pada grafik hubungan antara tegangan dan penurunan pada Gambar 4.18 berikut ini



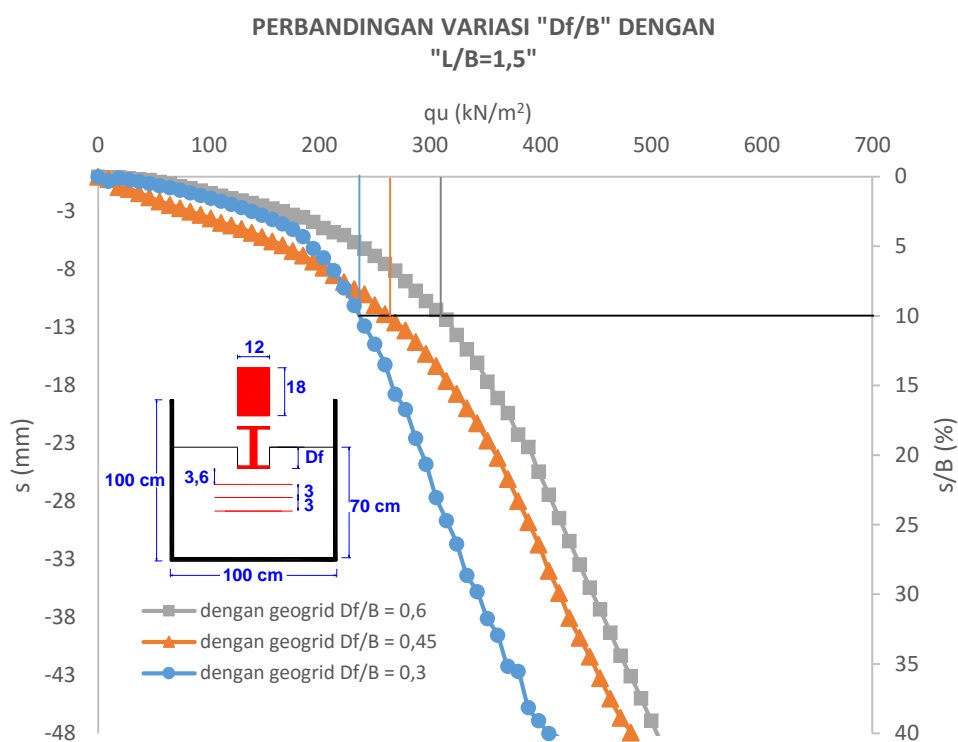
Gambar 4.18 Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi kedalaman pondasi (Dengan perkuatan; $L/B=1$; $u/B=0,3$; $h/B=0,25$).

Berdasarkan grafik hubungan tegangan dan penurunan pada Gambar 4.18 diatas, dapat dilihat bahwa pola yang terjadi tidaklah konstan. Jika ditinjau pada saat prosentase penurunan terhadap lebar pondasi adalah 10%, maka didapatkan bahwa dengan rasio kedalaman pondasi (D_f/B) = 0,3 didapatkan nilai daya dukung tanah sebesar 306,337181 kN/m^2 . Sedangkan pada rasio kedalaman pondasi (D_f/B) = 0,45 didapatkan nilai daya dukung tanah sebesar 339,749838 kN/m^2 . Sementara pada saat rasio kedalaman pondasi (D_f/B) = 0,6 nilai daya dukung pada tanah sebesar 383,953168 kN/m^2 . Dari nilai daya dukung pada tiap variasi rasio kedalaman pondasi (D_f/B) tersebut didapatkan bahwa daya dukung yang paling besar berada pada saat rasio kedalaman pondasi sebesar 0,6; kemudian selanjutnya 0,45; dan 0,3. Berdasarkan hasil yang didapatkan, maka sejalan dengan pendapat terdahulu yang diutarakan oleh Shin E. C. dan Das B. M. (2000) tentang bagaimana

pengaruh D_f/B yakni dengan rasio $D_f/B = 0,6$ akan menghasilkan daya dukung yang lebih besar dibandingkan dengan rasio $D_f/B = 0,3$.

b. Rasio panjang pondasi dengan lebar pondasi ($L/B = 1,5$)

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada permodelan tanah pasir di laboratorium dengan rasio panjang pondasi (L/B) sebesar 1,5, diperoleh hasil penurunan serta daya dukung yang beragam. Hasil penurunan dan daya dukung yang terjadi pada permodelan tanah pasir di tampilkan pada grafik hubungan antara tegangan dan penurunan pada Gambar 4.19 berikut ini



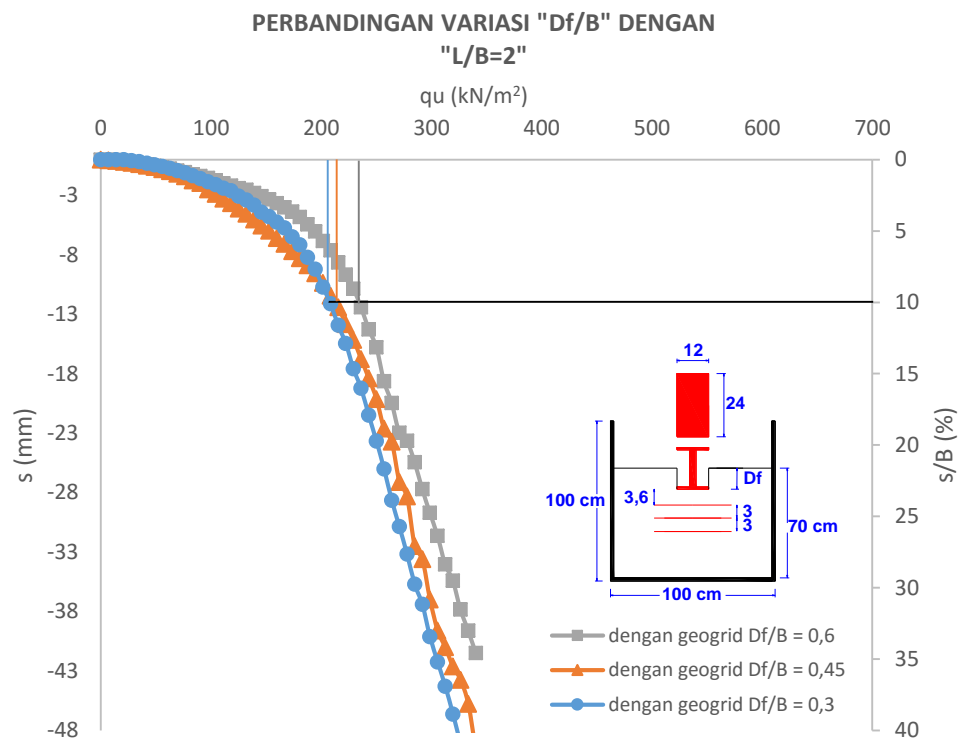
Gambar 4.19 Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi kedalaman pondasi (Dengan perkuatan; $L/B=1,5$; $u/B=0,3$; $h/B=0,25$)

Berdasarkan grafik hubungan tegangan dan penurunan pada Gambar 4.19 diatas, dapat dilihat bahwa pola yang terjadi tidaklah konstan. Jika ditinjau pada saat prosentase penurunan terhadap lebar pondasi adalah 10%, maka didapatkan bahwa dengan rasio kedalaman pondasi (D_f/B) = 0,3 didapatkan nilai daya dukung tanah sebesar 236,202917 kN/m². Sedangkan pada rasio kedalaman pondasi (D_f/B) = 0,45 didapatkan nilai daya dukung tanah sebesar 261,280647 kN/m². Sementara pada saat rasio kedalaman pondasi (D_f/B) = 0,6 nilai daya dukung pada tanah sebesar 311,253561 kN/m². Dari nilai daya dukung pada tiap variasi rasio kedalaman pondasi (D_f/B) tersebut didapatkan bahwa daya

dukung yang paling besar berada pada saat rasio kedalaman pondasi sebesar 0,6; kemudian selanjutnya 0,45; dan 0,3. Pada sampel $L/B = 1,5$ dan $Df/B = 0,45$ terjadi peningkatan penurunan pada awal pembebanan, hal ini bisa terjadi akibat kegagalan tarik dari tanah pasir yang berada diantara lapisan georid. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Taha dan Altalhe (2013) yang melakukan penelitian dengan melakukan variasi jumlah lapis perkuatan geotekstil hingga 3 lapis perkuatan, didapatkan bahwa terjadi peningkatan daya dukung dengan penambahan jumlah lapis geogrid namun terjadi peningkatan penurunan di awal pembebanan pada sampel dengan tiga lapis geogrid yang diakibatkan kegagalan tarik dari tanah diantara lapisan geotekstil. Berdasarkan hasil yang didapatkan, maka sejalan dengan pendapat terdahulu yang diutarakan oleh Shin E. C. dan Das B. M. (2000) tentang bagaimana pengaruh Df/B yakni dengan rasio $Df/B = 0,6$ akan menghasilkan daya dukung yang lebih besar dibandingkan dengan rasio $Df/B = 0,3$.

c. Rasio panjang pondasi dengan lebar pondasi ($L/B = 2$)

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada permodelan tanah pasir di laboratorium dengan rasio panjang pondasi (L/B) sebesar 2, diperoleh hasil penurunan serta daya dukung yang beragam. Hasil penurunan dan daya dukung yang terjadi pada permodelan tanah pasir di tampilkan pada grafik hubungan antara tegangan dan penurunan pada Gambar 4.20 berikut ini



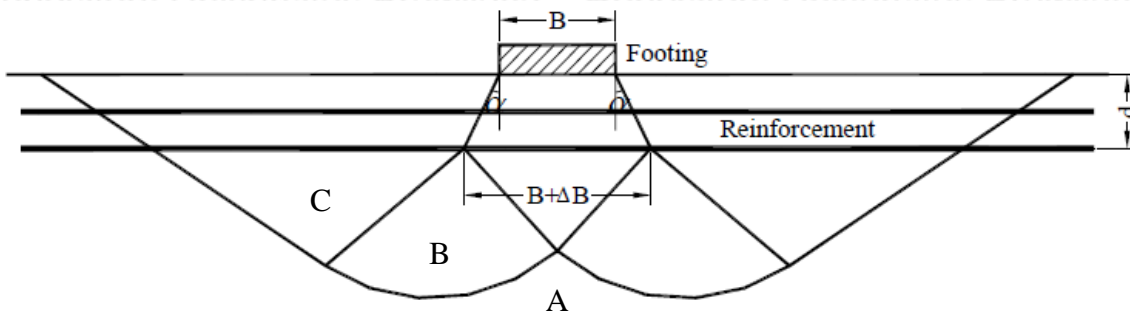
Gambar 4.20 Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi kedalaman pondasi (Dengan perkuatan; $L/B=2$; $u/B=0,3$; $h/B=0,25$)

Berdasarkan grafik hubungan tegangan dan penurunan pada Gambar 4.20 diatas, dapat dilihat bahwa pola yang terjadi tidaklah konstan. Jika ditinjau pada saat prosentase penurunan terhadap lebar pondasi adalah 10%, maka didapatkan bahwa dengan rasio kedalaman pondasi (Df/B) = 0,3 didapatkan nilai daya dukung tanah sebesar 207,783773 kN/m². Sedangkan pada rasio kedalaman pondasi (Df/B) = 0,45 didapatkan nilai daya dukung tanah sebesar 212,296577 kN/m². Sementara pada saat rasio kedalaman pondasi (Df/B) = 0,6 nilai daya dukung pada tanah sebesar 233,929332 kN/m². Dari nilai daya dukung pada tiap variasi rasio kedalaman pondasi (Df/B) tersebut didapatkan bahwa daya dukung yang paling besar berada pada saat rasio kedalaman pondasi sebesar 0,6; kemudian selanjutnya 0,45; dan 0,3. Pada sampel $L/B = 2$ dan $Df/B = 0,45$ terjadi peningkatan penurunan pada awal pembebanan, hal ini bisa terjadi akibat kegagalan tarik dari tanah pasir yang berada diantara lapisan georid. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Taha dan Altalhe (2013) yang melakukan penelitian dengan melakukan variasi jumlah lapis perkuatan geotekstil hingga 3 lapis perkuatan, didapatkan bahwa terjadi peningkatan daya dukung dengan penambahan jumlah lapis geogrid namun terjadi peningkatan penurunan di awal pembebanan pada sampel dengan tiga lapis geogrid yang diakibatkan kegagalan tarik dari tanah diantara lapisan geotekstil. Berdasarkan hasil yang didapatkan, maka sejalan

dengan pendapat terdahulu yang diutarakan oleh Shin E. C. dan Das B. M. (2000) tentang bagaimana pengaruh D_f/B yakni dengan rasio $D_f/B = 0,6$ akan menghasilkan daya dukung yang lebih besar dibandingkan dengan rasio $D_f/B = 0,3$.

d. Pengaruh kedalaman pondasi

Menurut Huang and Menq (1997) yang telah melakukan penelitian terhadap pondasi pada tanah perkuatan berdasarkan mekanisme kegagalan yang dijelaskan melalui desertasi Chen (2007) seperti pada gambar dibawah. Efek dari adanya perkuatan multilayer menyebabkan penyaluran serta pelebaran tegangan dari pondasi. Konsep dasar penyebaran beban adalah dari daya dukung pondasi dengan lebar B apabila diterima oleh tanah dengan perkuatan menjadi lebih lebar yaitu $B + \Delta B$.



Baji tanah yang terbentuk pada dasar pondasi (zona A) menekan tanah kebawah sehingga menyebabkan aliran tanah secara plastis pada zona B. Gerakan karah luar pada kedua zona tersebut ditanah oleh tegangan tanah pasif pada zona C. Bila tegangan pasif pada zona C terlampaui, maka tanah akan bergerak dan menggebung pada daerah sekitar pondasi. Jadi apabila kedalaman pondasi semakin dalam maka terbentuknya zona C akan semakin dalam dan besar, sehingga daya dukung akan semakin besar dengan bertambahnya kedalaman pondasi.

Hal ini juga didukung dengan rumus yang dikemukakan oleh vesic yaitu:

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i}$$

Dengan $q = D_f \times \gamma$

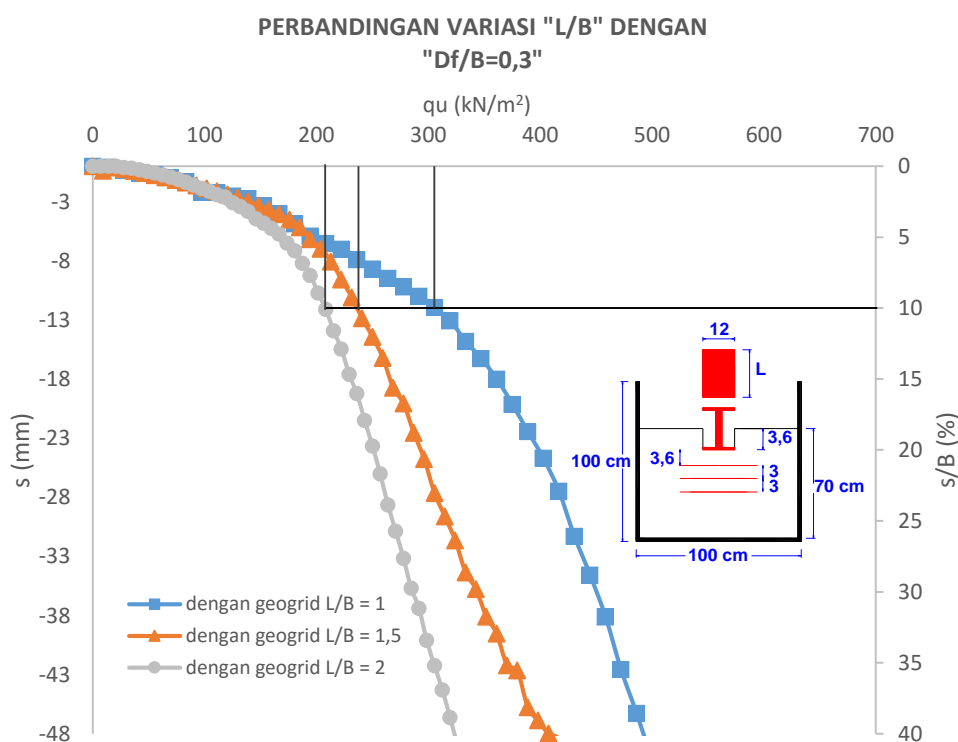
Dengan rumus tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan bertambahnya kedalaman pondasi, maka akan menghasilkan daya dukung yang bertambah besar pula.

4.4.3 Analisis Penurunan Tanah Pasir dengan Variasi Panjang Pondasi

Variasi rasio panjang pondasi (L/B) merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam daya dukung tanah pasir dengan perkuatan geogrid. Pada penelitian ini nilai panjang pondasi yang digunakan adalah 1; 1,5; dan 2, dan diharapkan didapatkan nilai daya dukung maksimum dengan variasi tersebut.

a. Kedalaman pondasi (D_f) = $0,3B$

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada permodelan tanah pasir di laboratorium dengan rasio kedalaman pondasi (D_f) adalah $0,3B$ diperoleh hasil penurunan serta daya dukung yang beragam. Hasil penurunan dan daya dukung yang terjadi pada permodelan tanah pasir di tampilkan pada grafik hubungan antara tegangan dan penurunan pada Gambar 4.21 berikut ini



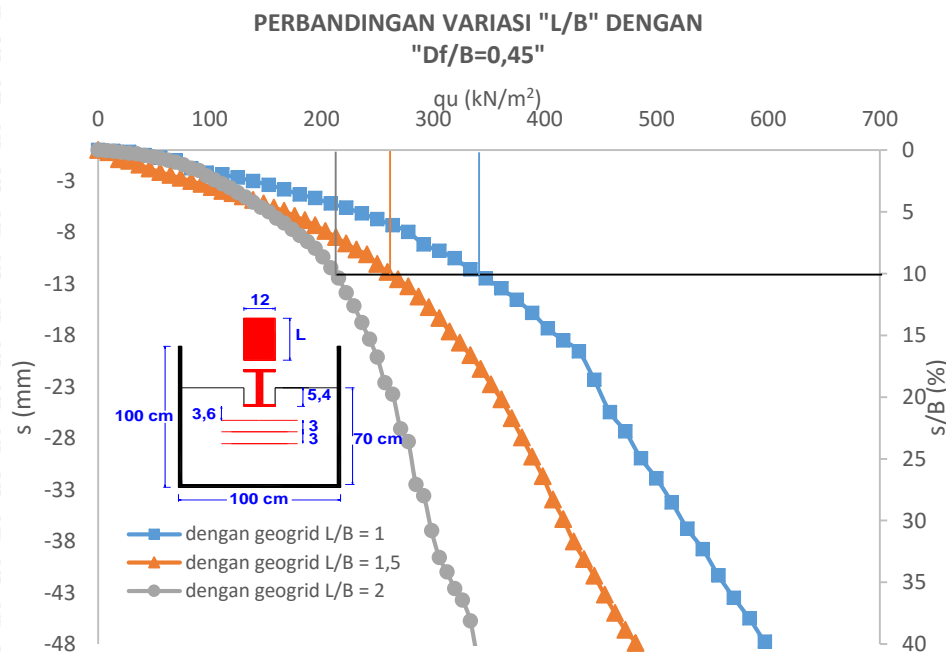
Gambar 4.21 Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Dengan perkuatan; $h/B=0,25$; $u/B=0,3$; $D_f/B=0,3$)

Berdasarkan grafik hubungan tegangan dan penurunan pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa pola yang terjadi tidaklah konstan. Jika ditinjau pada saat prosentase penurunan terhadap lebar pondasi adalah 10%, maka didapatkan bahwa dengan rasio $L/B = 1$ didapatkan nilai daya dukung tanah sebesar $306,3371813 \text{ kN/m}^2$. Sedangkan pada rasio $L/B = 1,5$ didapatkan nilai daya dukung tanah sebesar $236,2029168 \text{ kN/m}^2$. Sementara pada saat rasio $L/B = 2$ nilai daya dukung pada tanah sebesar $207,783773 \text{ kN/m}^2$. Dari nilai daya

dukung pada tiap variasi nilai L tersebut didapatkan bahwa daya dukung yang paling besar berada pada saat panjang pondasi sebesar $1B$, kemudian $1,5B$, dan $2B$. Pada sampel $L/B = 1$ dan $Df/B = 0,3$ terjadi peningkatan penurunan pada awal pembebanan, hal ini bisa terjadi akibat kegagalan tarik dari tanah pasir yang berada diantara lapisan georid. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Taha dan Altalhe (2013) yang melakukan penelitian dengan melakukan variasi jumlah lapis perkuatan geotekstil hingga 3 lapis perkuatan, didapatkan bahwa terjadi peningkatan daya dukung dengan penambahan jumlah lapis geogrid namun terjadi peningkatan penurunan di awal pembebanan pada sampel dengan tiga lapis geogrid yang diakibatkan kegagalan tarik dari tanah diantara lapisan geotekstil. Berdasarkan hasil yang didapatkan, maka sejalan dengan pendapat terdahulu yang diutarakan oleh Qiming Chen (2007), daya dukung akan menurun dengan bertambahnya panjang pondasi.

b. Kedalaman Pondasi (D_f) = $0,45B$

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada permodelan tanah pasir di laboratorium dengan rasio kedalaman pondasi (D_f) adalah $0,45B$ diperoleh hasil penurunan serta daya dukung yang beragam. Hasil penurunan dan daya dukung yang terjadi pada permodelan tanah pasir di tampilkan pada grafik hubungan antara tegangan dan penurunan pada Gambar 4.22 berikut ini



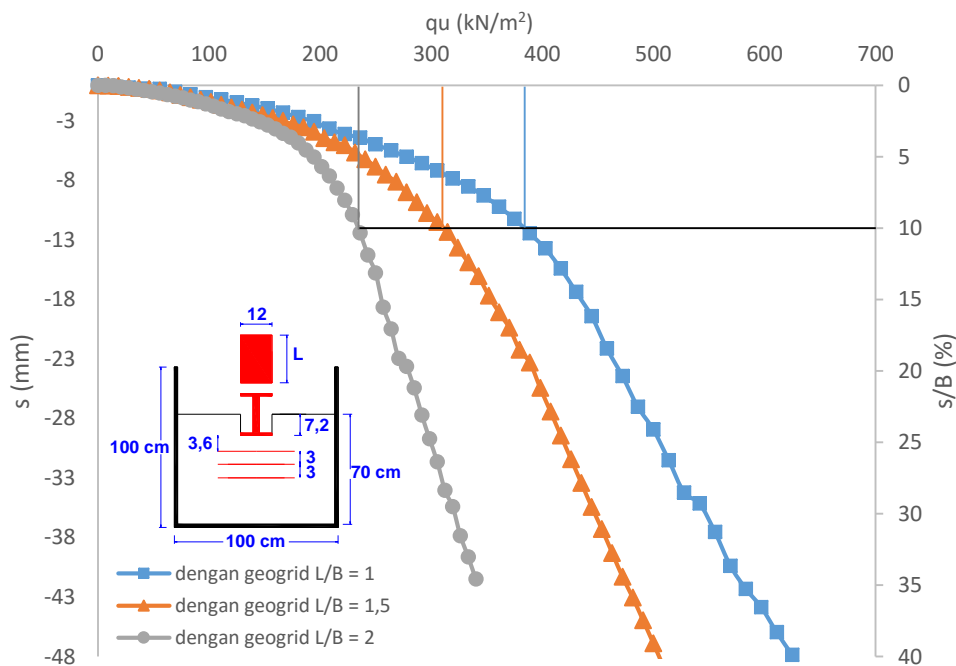
Gambar 4.22 Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Dengan perkuatan; $h/B=0,25$; $u/B=0,3$; $D_f/B=0,45$)

Berdasarkan grafik hubungan tegangan dan penurunan pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa pola yang terjadi tidaklah konstan. Jika ditinjau pada saat prosentase penurunan terhadap lebar pondasi adalah 10%, maka didapatkan bahwa dengan rasio $L/B = 1$ didapatkan nilai daya dukung tanah sebesar $339,7498376 \text{ kN/m}^2$. Sedangkan pada rasio $L/B = 1,5$ didapatkan nilai daya dukung tanah sebesar $261,2806468 \text{ kN/m}^2$. Sementara pada saat rasio $L/B = 2$ nilai daya dukung pada tanah sebesar $212,2965769 \text{ kN/m}^2$. Dari nilai daya dukung pada tiap variasi nilai L tersebut didapatkan bahwa daya dukung yang paling besar berada pada saat panjang pondasi sebesar $1B$, kemudian $1,5B$, dan $2B$. Pada sampel $L/B = 1,5$ dan $D_f/B = 0,45$ terjadi peningkatan penurunan pada awal pembebanan, hal ini bisa terjadi akibat kegagalan tarik dari tanah pasir yang berada diantara lapisan georid. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Taha dan Altalhe (2013) yang melakukan penelitian dengan melakukan variasi jumlah lapis perkuatan geotekstil hingga 3 lapis perkuatan, didapatkan bahwa terjadi peningkatan daya dukung dengan penambahan jumlah lapis geogrid namun terjadi peningkatan penurunan di awal pembebanan pada sampel dengan tiga lapis geogrid yang diakibatkan kegagalan tarik dari tanah diantara lapisan geotekstil. Berdasarkan hasil yang didapatkan, maka sejalan dengan pendapat terdahulu yang diutarakan oleh Qiming Chen (2007), daya dukung akan menurun dengan bertambahnya panjang pondasi.

c. **Kedalaman Pondasi (D_f) = $0,6B$**

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada permodelan tanah pasir di laboratorium dengan rasio kedalaman pondasi (D_f) adalah $0,6B$ diperoleh hasil penurunan serta daya dukung yang beragam. Hasil penurunan dan daya dukung yang terjadi pada permodelan tanah pasir di tampilkan pada grafik hubungan antara tegangan dan penurunan pada Gambar 4.23 berikut ini

PERBANDINGAN VARIASI "L/B" DENGAN
"Df/B=0,6"



Gambar 4.23 Grafik tegangan-penurunan untuk model eksperimen dengan variasi panjang pondasi (Dengan kekuatan; $h/B=0,25$; $u/B=0,3$; $Df/B=0,6$)

Berdasarkan grafik hubungan tegangan dan penurunan pada Gambar 4.23 diatas, dapat dilihat bahwa pola yang terjadi tidaklah konstan. Jika ditinjau pada saat prosentase penurunan terhadap lebar pondasi adalah 10%, maka didapatkan bahwa dengan rasio $L/B = 1$ didapatkan nilai daya dukung tanah sebesar $383,953168 \text{ kN/m}^2$. Sedangkan pada rasio $L/B = 1,5$ didapatkan nilai daya dukung tanah sebesar $311,2535613 \text{ kN/m}^2$. Sementara pada saat rasio $L/B = 2$ nilai daya dukung pada tanah sebesar $233,9293316 \text{ kN/m}^2$. Dari nilai daya dukung pada tiap variasi nilai L tersebut didapatkan bahwa daya dukung yang paling besar berada pada saat panjang pondasi sebesar $1B$, kemudian $1,5B$, dan $2B$. Berdasarkan hasil yang didapatkan, maka sejalan dengan pendapat terdahulu yang diutarakan oleh Qiming Chen (2007), daya dukung akan menurun dengan bertambahnya panjang pondasi.

d. Pengaruh panjang pondasi

Dengan bertambahnya panjang pondasi maka nilai daya dukung akan berkurang, hal ini sejalan dengan rumus yang dikemukakan oleh vesic yaitu:

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i}$$

Dengan

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q/N_c)$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan$$

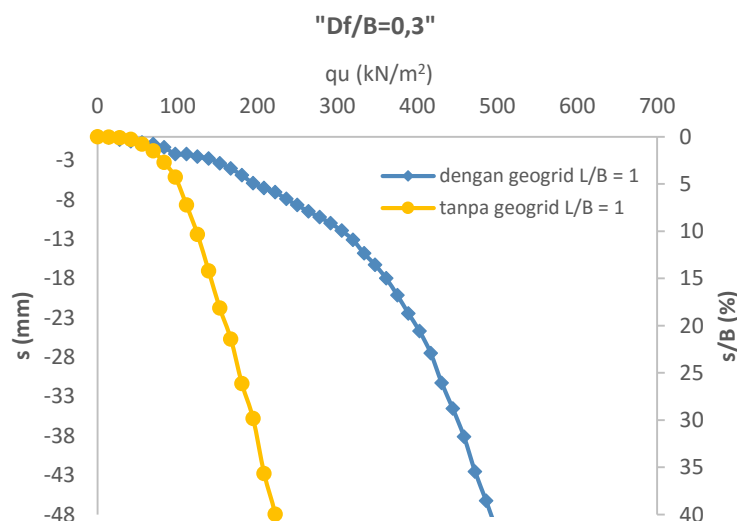
$$f_{ys} = 1 - 0,4(B/L)$$

Dengan faktor bentuk yang terdapat dari rumus vesic diatas maka dengan bertambahnya panjang pondasi (L) maka daya dukung yang dihasilkan akan semakin berkurang.

4.5 Perbandingan Hubungan Penurunan dan Daya Dukung Tanah Pasir Tanpa Perkuatan dan Pasir dengan Perkuatan Geogrid

Hubungan penurunan dan daya dukung pada pasir tanpa perkuatan dan pasir menggunakan perkuatan geogrid ditujukan untuk mengetahui dan membuktikan bahwa geogrid terbukti dapat meningkatkan daya dukung pada tanah pasir secara signifikan. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa tanah pasir yang digunakan memiliki kepadatan 85%, dimana dengan kepadatan itu pasir dimungkinkan memiliki *residual strenght* sehingga beban dapat terus bertambah walaupun tanah telah mengalami keruntuhan. Oleh karena itu, untuk mengetahui keruntuhan dari tanah pasir digunakan rasio penurunan terhadap lebar pondasi yaitu 10%. Nilai 10% ini diambil dari beberapa penelitian sebelumnya juga beberapa jurnal yang telah dipatenkan.

4.5.1 Rasio Kedalaman Pondasi (D_f/B) = 0,3 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 1

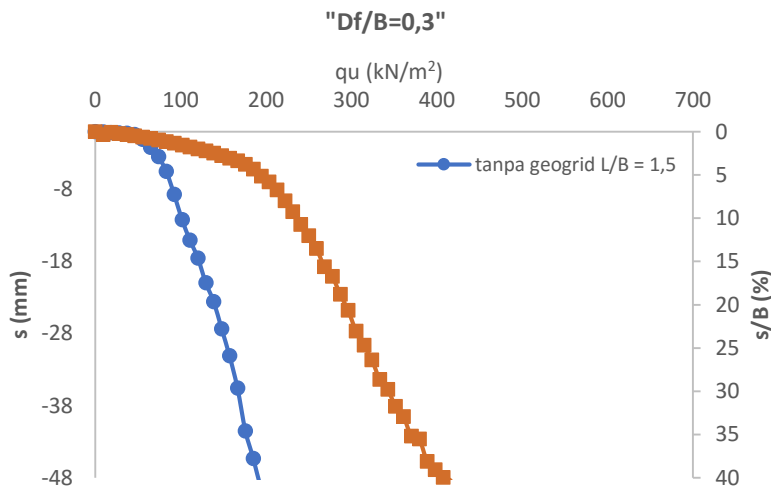


Gambar 4.24 Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=1$; $D_f/B=0,3$)

Dapat diperhatikan pada Gambar 4.24 bahwa penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan menggunakan perkuatan cenderung lebih kecil daripada tanah pasir tanpa perkuatan

apabila ditinjau dengan beban yang sama. Pada sampel dengan perkuatan geogrid dapat menghasilkan peningkatan daya dukung tanah berkisar 2,481 kali lipat bila dibandingkan dengan sampel tanah pasir tanpa perkuatan.

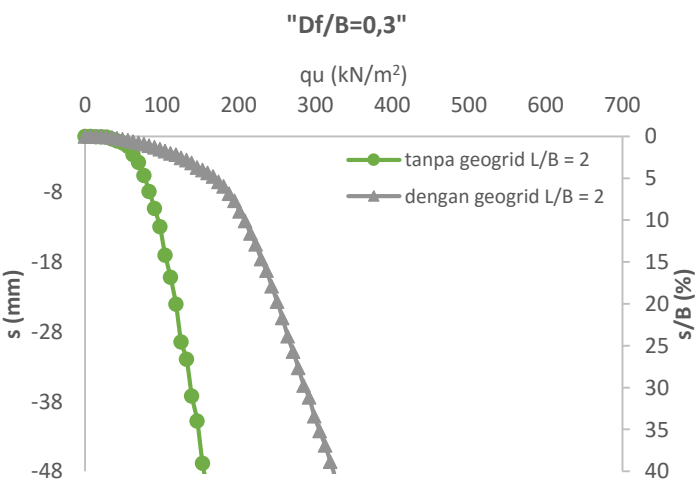
4.5.2 Rasio Kedalaman Pondasi (D_f/B) = 0,3 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 1,5



Gambar 4.25 Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=1,5$; $D_f/B=0,3$)

Dapat diperhatikan pada Gambar 4.25 bahwa penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan menggunakan perkuatan cenderung lebih kecil daripada tanah pasir tanpa perkuatan apabila ditinjau dengan beban yang sama. Pada sampel dengan perkuatan geogrid dapat menghasilkan peningkatan daya dukung tanah berkisar 2,336 kali lipat bila dibandingkan dengan sampel tanah pasir tanpa perkuatan.

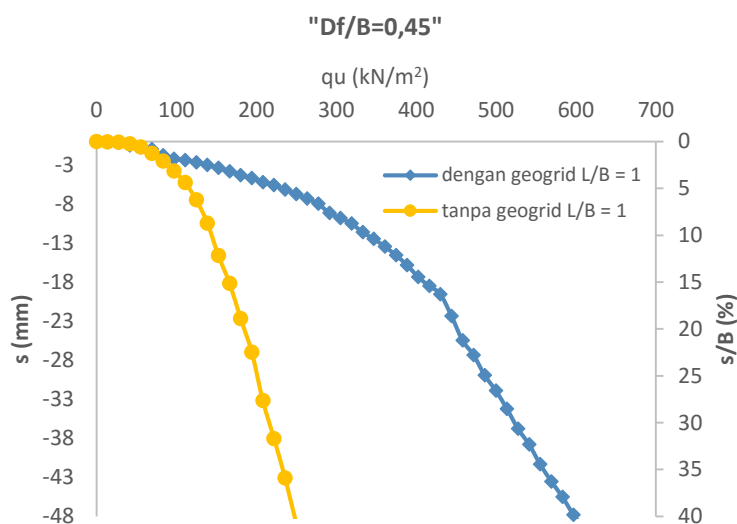
4.5.3 Rasio Kedalaman Pondasi (D_f/B) = 0,3 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 2



Gambar 4.26 Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=2$; $D_f/B=0,3$)

Dapat diperhatikan pada Gambar 4.26 bahwa penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan menggunakan perkuatan cenderung lebih kecil daripada tanah pasir tanpa perkuatan apabila ditinjau dengan beban yang sama. Pada sampel dengan perkuatan geogrid dapat menghasilkan peningkatan daya dukung tanah berkisar 2,193 kali lipat bila dibandingkan dengan sampel tanah pasir tanpa perkuatan.

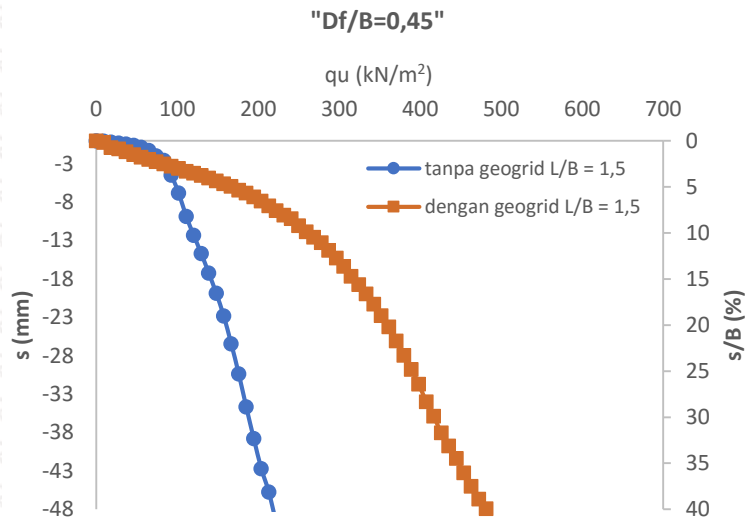
4.5.4 Rasio Kedalaman Pondasi (D_f/B) = 0,45 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 1



Gambar 4.27 Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=1$; $D_f/B=0,45$)

Dapat diperhatikan pada Gambar 4.27 bahwa penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan menggunakan perkuatan cenderung lebih kecil daripada tanah pasir tanpa perkuatan apabila ditinjau dengan beban yang sama. Pada sampel dengan perkuatan geogrid dapat menghasilkan peningkatan daya dukung tanah berkisar 2,358 kali lipat bila dibandingkan dengan sampel tanah pasir tanpa perkuatan.

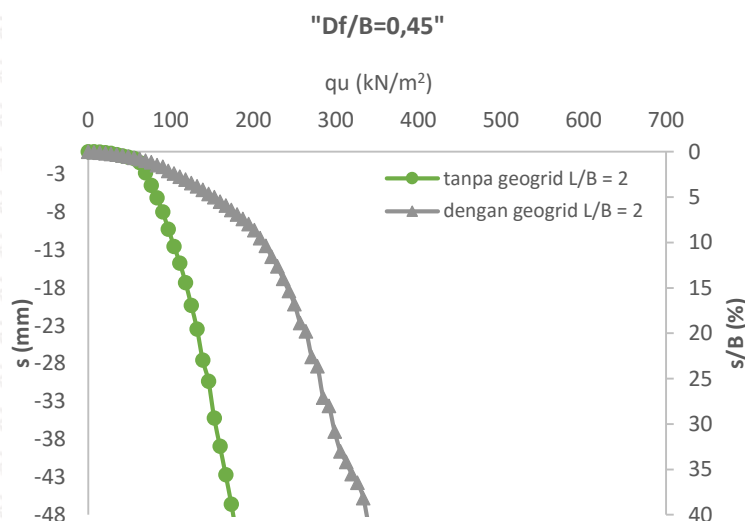
4.5.5 Rasio Kedalaman Pondasi (D_f/B) = 0,45 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 1,5



Gambar 4.28 Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=1,5$; $D_f/B=0,45$)

Dapat diperhatikan pada Gambar 4.28 bahwa penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan menggunakan perkuatan cenderung lebih kecil daripada tanah pasir tanpa perkuatan apabila ditinjau dengan beban yang sama. Pada sampel dengan perkuatan geogrid dapat menghasilkan peningkatan daya dukung tanah berkisar 2,192 kali lipat bila dibandingkan dengan sampel tanah pasir tanpa perkuatan.

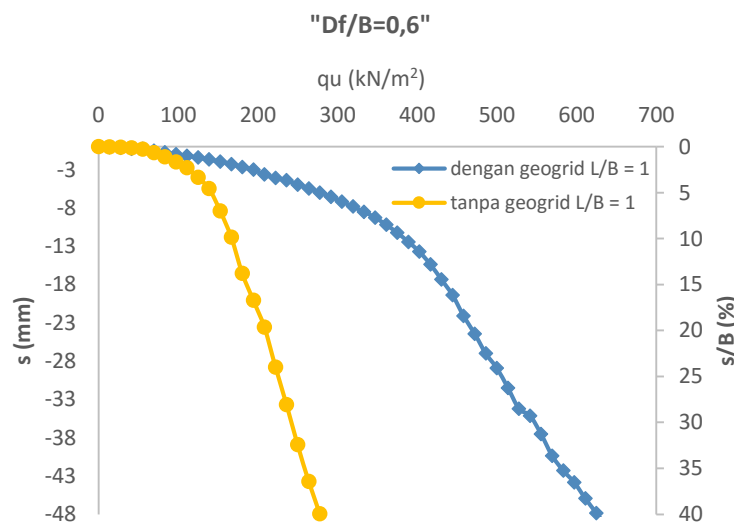
4.5.6 Rasio Kedalaman Pondasi (D_f/B) = 0,45 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 2



Gambar 4.29 Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=2$; $D_f/B=0,45$)

Dapat diperhatikan pada Gambar 4.29 bahwa penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan menggunakan perkuatan cenderung lebih kecil daripada tanah pasir tanpa perkuatan apabila ditinjau dengan beban yang sama. Pada sampel dengan perkuatan geogrid dapat menghasilkan peningkatan daya dukung tanah berkisar 2,069 kali lipat bila dibandingkan dengan sampel tanah pasir tanpa perkuatan.

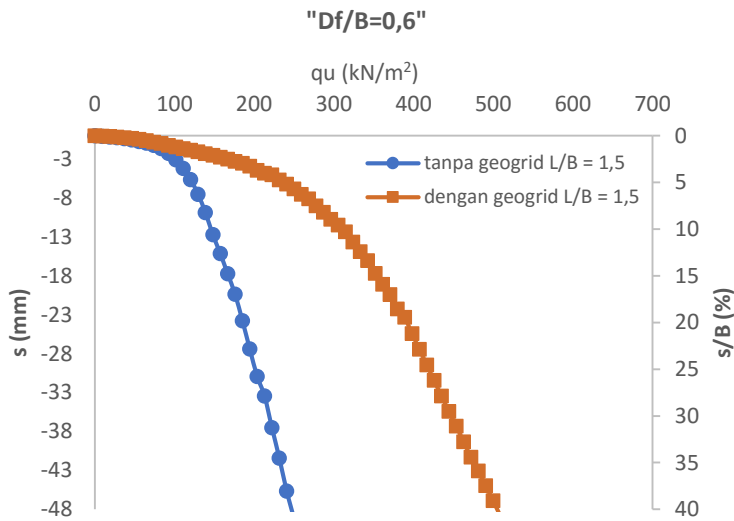
4.5.7 Rasio Kedalaman Pondasi (D_f/B) = 0,6 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 1



Gambar 4.30 Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=1$; $D_f/B=0,6$)

Dapat diperhatikan pada Gambar 4.30 bahwa penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan menggunakan perkuatan cenderung lebih kecil daripada tanah pasir tanpa perkuatan apabila ditinjau dengan beban yang sama. Pada sampel dengan perkuatan geogrid dapat menghasilkan peningkatan daya dukung tanah berkisar 2,297 kali lipat bila dibandingkan dengan sampel tanah pasir tanpa perkuatan.

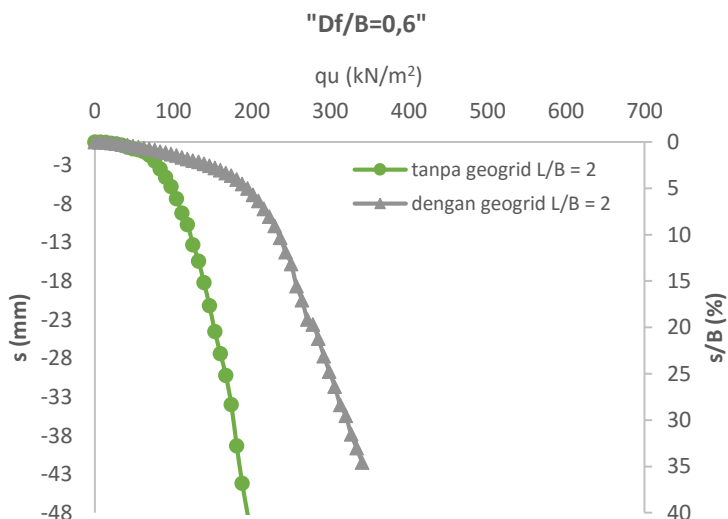
4.5.8 Rasio Kedalaman Pondasi (D_f/B) = 0,6 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 1,5



Gambar 4.31 Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=1,5$; $D_f/B=0,6$)

Dapat diperhatikan pada Gambar 4.31 bahwa penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan menggunakan perkuatan cenderung lebih kecil daripada tanah pasir tanpa perkuatan apabila ditinjau dengan beban yang sama. Pada sampel dengan perkuatan geogrid dapat menghasilkan peningkatan daya dukung tanah berkisar 2,135 kali lipat bila dibandingkan dengan sampel tanah pasir tanpa perkuatan.

4.5.9 Rasio Kedalaman Pondasi (D_f/B) = 0,6 dan Rasio Panjang Pondasi (L/B) = 2

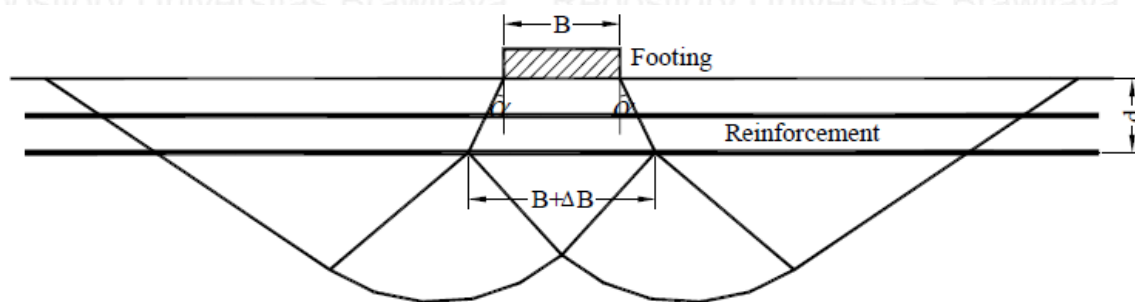


Gambar 4.32 Hubungan q_u dan penurunan pada pemodelan tanah pasir tanpa perkuatan dan dengan perkuatan (Dengan; $L/B=2$; $D_f/B=0,6$)

Dapat diperhatikan pada Gambar 4.32 bahwa penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan menggunakan perkuatan cenderung lebih kecil daripada tanah pasir tanpa perkuatan apabila ditinjau dengan beban yang sama. Pada sampel dengan perkuatan geogrid dapat menghasilkan peningkatan daya dukung tanah berkisar 1,927 kali lipat bila dibandingkan dengan sampel tanah pasir tanpa perkuatan.

4.5.10 Pengaruh geogrid berdasarkan hasil pada model

Menurut Huang and Menq (1997) yang telah melakukan penelitian terhadap pondasi pada tanah perkuatan berdasarkan mekanisme kegagalan yang dijelaskan melalui disertasi Chen (2007) seperti pada gambar dibawah. Efek dari adanya perkuatan multilayer menyebabkan penyaluran serta pelebaran tegangan dari pondasi. Konsep dasar penyebaran beban adalah dari daya dukung pondasi dengan lebar B apabila diterima oleh tanah dengan perkuatan menjadi lebih lebar yaitu $B+\Delta B$.



Jadi dapat disimpulkan bahwa dengan jumlah geogrid sebanyak 3 lapis dengan dimensi $3B$ dan $3L$ dengan jarak antar geogrid $(h/B) = 0,25$ dan jarak lapis pertama geogrid $(u/B) = 0,3$ dapat meningkatkan daya dukung tanah yaitu peningkatan daya dukung tanah dengan rata-rata peningkatan adalah 2,221 kali lipat sesuai dengan nilai BCR yang didapat.

4.6 Analisis Bearing Capacity Ratio

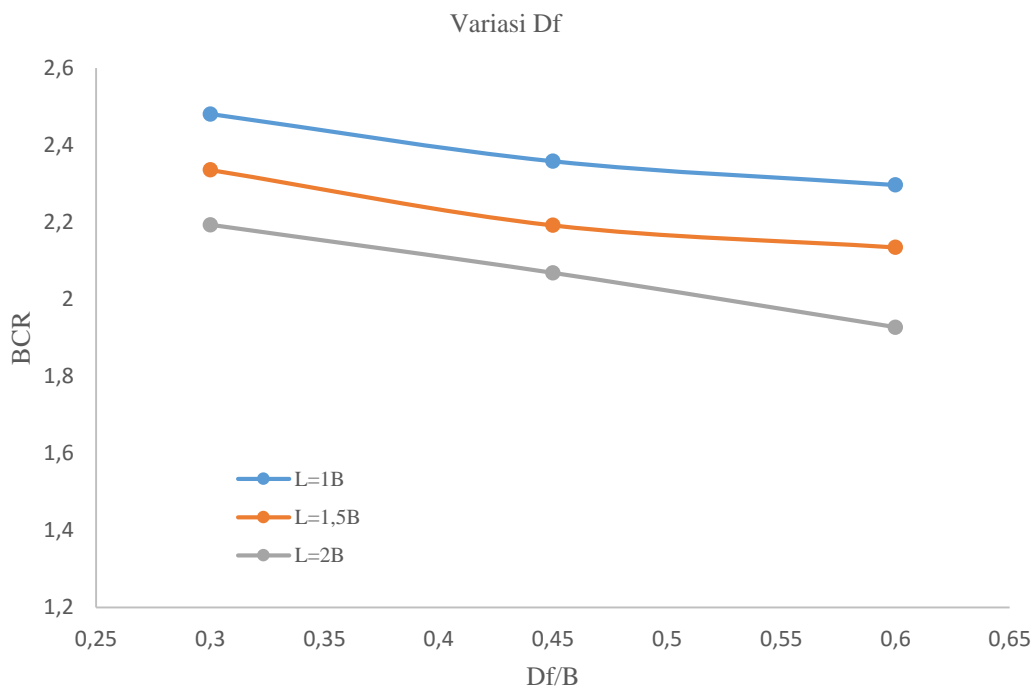
Bearing Capacity Ratio (BCR) merupakan perbandingan daya dukung antara tanah pasir dengan perkuatan geogrid terhadap tanah pasir tanpa perkuatan. Nilai BCR yang digunakan ada beberapa macam, seperti nilai BCR ultimit, yaitu diambil dari nilai ultimit tiap-tiap sampel. Ataupun dapat diambil berdasarkan penurunan izin yang ditentukan. Dalam penelitian ini digunakan penurunan izin dikarenakan adanya *residual strenght* seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Sehingga nilai BCR didapatkan melalui pondasi pada tanah saat mengalami penurunan 10% dari lebar pondasi.

4.6.1 Bearing Capacity Ratio (BCR) dengan Variasi Kedalaman Pondasi (Df)

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada setiap variasi rasio jarak lapisan geogrid (h/B) pada tanah pasir, maka didapatkan nilai *Bearing Capacity Ratio* (BCR) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.11. Sementara itu grafik perbandingan nilai BCR untuk variasi rasio kedalaman pondasi (Df/B) ditunjukkan pada Gambar 4.33

Tabel 4.11
Peningkatan daya dukung pada variasi kedalaan pondasi (Df/B)

Panjang Pondasi (L)	Kedalaman Pondasi (Df)	qu Tanpa Perkuatan (kN/m^2)	qu Dengan Perkuatan (kN/m^2)	BCR (%)
1B	0,3B	123,481	306,337	2,481
	0,45B	144,068	339,750	2,358
	0,6B	167,181	383,953	2,297
1,5B	0,3B	101,129	236,203	2,336
	0,45B	119,206	261,281	2,192
	0,6B	145,817	311,254	2,135
2B	0,3B	94,735	207,784	2,193
	0,45B	102,632	212,297	2,069
	0,6B	121,541	234,268	1,927



Gambar 4.33 Perbandingan nilai BCR untuk variasi Df/B

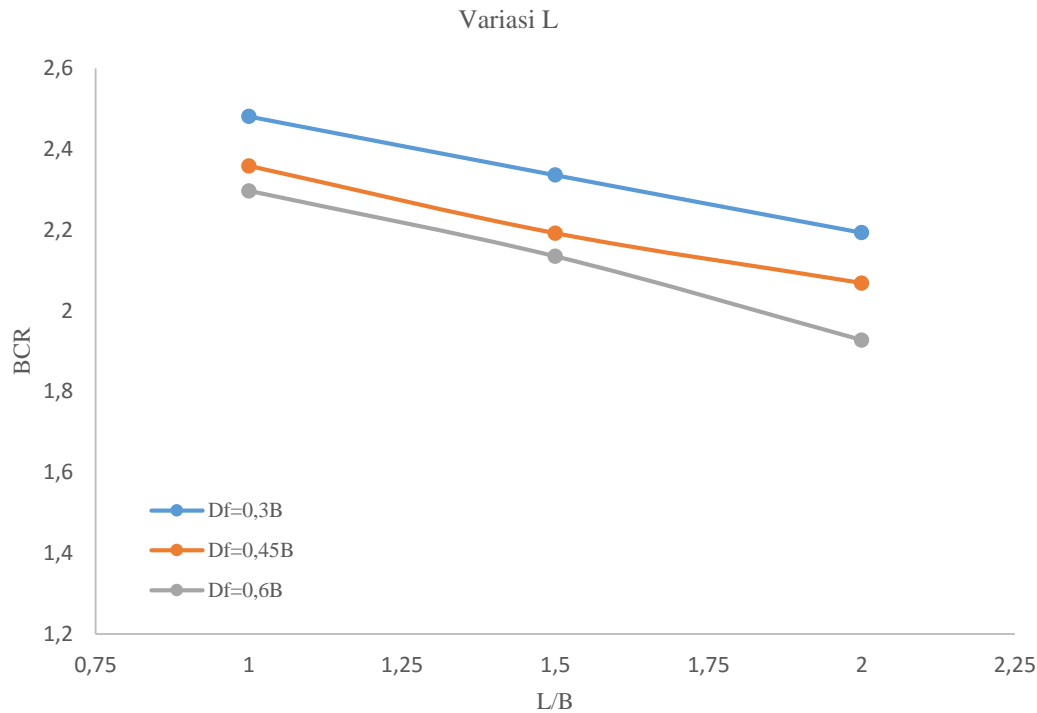
Variasi rasio kedalaman pondasi (Df/B) dapat meningkatkan daya dukung tanah pasir seperti terlihat pada Gambar 4.33. pada gambar tersebut dapat diketahui bahwa dengan semakin meningkatnya nilai variasi rasio kedalaman pondasi (Df/B) maka nilai BCR semakin menurun. Pada sampel dengan variasi rasio kedalaman pondasi (Df/B) ini didapatkan bahwa nilai tertinggi adalah pada saat rasio $Df/B= 0,3$ yaitu dengan peningkatan daya dukung tanah berkisar 2,481 kali lipat bila dibandingkan dengan sampel tanah pasir tanpa perkuatan.

4.6.2 *Bearing Capacity Ratio (BCR)* dengan Variasi Panjang Pondasi (L)

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada setiap variasi rasio panjang pondasi (L/B) pada tanah pasir, maka didapatkan nilai *Bearing Capacity Ratio (BCR)* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.12. Sementara itu grafik perbandingan nilai BCR untuk variasi rasio panjang pondasi (L/B) ditunjukkan pada Gambar 4.34.

Tabel 4.12
Peningkatan daya dukung pada variasi panjang geogrid (L/B)

Kedalaman Pondasi (Df)	Panjang Pondasi (L)	q_u Tanpa Perkuatan (kN/m^2)	q_u Dengan Perkuatan (kN/m^2)	BCR (%)
0,3B	1B	123,481	306,337	2,481
	1,5B	101,129	236,203	2,336
	2B	94,735	207,784	2,193
0,45B	1B	144,068	339,750	2,358
	1,5B	119,206	261,281	2,192
	2B	102,632	212,297	2,069
0,6B	1B	167,181	383,953	2,297
	1,5B	145,817	311,254	2,135
	2B	121,541	234,268	1,927



Gambar 4.34 Perbandingan nilai BCR untuk variasi L/B

Gambar 4.34 menunjukkan pengaruh variasi Df/B terhadap daya dukung tanah pasir pada pondasi persegi. Dari hasil penelitian yang ditunjukkan Gambar 4.34 tersebut diketahui bahwa nilai daya dukung yang paling besar didapatkan ketika rasio L/B=1. Apabila diurutkan dari besarnya nilai BCR ataupun daya dukung yang terjadi maka yang paling besar adalah saat L/B= 1 dengan perbesaran mencapai 2,481 kali lipat dibandingkan dengan pasir tanpa perkuatan, kemudian L/B= 1,5 dengan perbesaran mencapai 2,336 kali, dan baru kemudian yang paling kecil adalah saat L/B= 2 dengan perbesaran mencapai 2,193 kali lipat.

4.6.3 Analisis Perbedaan BCR Akibat Perubahan Nilai Variabel

Berdasarkan nilai BCR yang ada dilakukan analisis perbedaan nilai BCR pada variabel yang sama dengan nilai yang berbeda

Tabel 4.13

Selisih peningkatan daya dukung (BCR) pada variabel Df

Variabel	Perubahan	Selisih peningkatan		
		L/B=1	L/B=1,5	L/B=2
Df/B	0,3-0,45	5,2%	6,6%	6,0%
	0,45-0,6	2,7%	2,7%	7,3%

Tabel 4.14
Selisih peningkatan daya dukung (BCR) pada variabel L

Variabel	Perubahan	Selisih peningkatan		
		Df/B = 0,3	Df/B = 0,45	Df/B = 0,6
L/B	1-1,5	6,2%	7,6%	7,6%
	1,5-2	6,5%	6,0%	10,7%

Dari Tabel 4.16 dan 4.17 didapatkan bahwa selisih peningkatan dari penerapan variabel jarak antar lapis geogrid (Df) dan panjang pondasi (L) yang memiliki nilai paling besar adalah penerapan variabel panjang pondasi (L) dengan perubahan dari nilai L/B sebesar 1,5 menjadi 2 dengan selisih nilai peningkatan sebesar 10,7 % dari nilai BCR pada Df/B sebesar 0,6.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan variasi kedalaman pondasi dan panjang pondasi dengan menggunakan 3 lapis geogrid dengan rasio jarak lapis pertama geogrid (u/B) = 0,3; rasio jarak antar geogrid (h/B) = 0,25; dengan $B=12$ cm terhadap daya dukung tanah pasir, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya dukung tanah pasir dengan perkuatan geogrid meningkat dengan nilai peningkatan rata-rata sebesar 2,379 kali lipat untuk rasio panjang pondasi (L/B) = 1, sebesar 2,221 kali lipat untuk rasio panjang pondasi (L/B) = 1,5 dan 2,063 kali lipat untuk rasio panjang pondasi (L/B) = 2 jika dibandingkan dengan pondasi pada tanah pasir tanpa perkuatan geogrid.
2. Pada variasi rasio panjang pondasi (L/B), nilai daya dukung tanah pasir mengalami peningkatan maksimum pada nilai $L/B = 1$ yang menghasilkan daya dukung sebesar $306,337 \text{ kN/m}^2$. Nilai tersebut merupakan peningkatan 2,481 kali lipat dari nilai daya dukung tanah pasir tanpa perkuatan sebesar $123,481 \text{ kN/m}^2$.
3. Pada variasi rasio kedalaman pondasi (Df/B), nilai daya dukung tanah pasir mengalami peningkatan maksimum pada nilai $Df/B = 0,3$ yang menghasilkan daya dukung sebesar $306,337 \text{ kN/m}^2$. Nilai tersebut merupakan peningkatan 2,481 kali lipat dari nilai daya dukung tanah pasir tanpa perkuatan sebesar $123,481 \text{ kN/m}^2$. (Daya dukung maksimum ini terjadi pada benda uji yang sama ketika variasi panjang pondasi (L/B) mengalami peningkatan maksimum yaitu pada nilai $L/B = 1$)
4. Didapatkan variabel yang memberikan perubahan peningkatan nilai daya dukung (BCR) yang lebih dominan adalah variabel panjang pondasi (L) dengan perubahan dari nilai L/B sebesar 1,5 menjadi 2 dengan selisih nilai peningkatan sebesar 10,7% dari nilai BCR pada Df/B sebesar 0,6.

5.2 Saran

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

1. Perlu dilakukan peninjauan alat dan bahan yang akan digunakan sebagai model uji seperti penyesuaian dimensi pondasi dan ukuran geogrid terhadap kondisi tanah pasir yang akan digunakan. Hal ini perlu dilakukan agar mempermudah dalam penelitian, memberikan hasil penelitian yang mendekati kondisi sebenarnya dan juga mendekati analisa teoritik yang sudah ada.
2. Dalam menggunakan pompa hidrolik sebagai alat pembebanan diharapkan memberikan kecepatan yang konsisten dalam memberikan peningkatan beban. Dikarenakan kecepatan saat memompa berpengaruh terhadap perubahan nilai pembebanan dan juga mempengaruhi keruntuhan pada sampel.
3. Pemilihan metode pemadatan dan alat untuk pemadatan yang sesuai sangat diperlukan agar menghasilkan kepadatan pada sampel tanah sesuai dengan yang direncanakan dan merata pada semua luas sampel. Kepadatan sampel akan berpengaruh terhadap daya dukung tanah.
4. Plat besi sebagai dasar box harus direncanakan dan dilakukan pengecekan teratur agar tidak mengalami lendutan saat diberikan beban pasir maupun saat sampel dilakukan pengujian pembebanan.
5. Pada saat seting sebelum pengujian, pemasangan beton, hydraulic jack, dan load cell harus tepat pada tengah pondasi agar penurunan yang terjadi bisa memiliki nilai yang sama disetiap titik pada pondasi.

DAFTAR PUSTAKA

Alamshahi, S., & Hataf, N. (2009) "Bearing capacity of strip footings on sand slopes reinforced with geogrid and grid-anchor", *Geotextiles and Geomembranes*, 27(3), 217–226. doi:10.1016/j.geotexmem.2008.11.011.

ASTM C-136 Standard test method for Sieve analysis of fine and coarse aggregate, *Annual Books of ASTM Standards*, USA, 2002.

ASTM D-698 Standard test method for Laboratory Compaction Characteristic using Standard Effort, *Annual Books of ASTM Standards*, USA, 2002

ASTM D-854 Standard test methods for specific gravity of soil solids by water pycnometer, *Annual Books of ASTM Standards*, USA, 2002

ASTM D-3080 Standard test method direct shear test of soils under consolidated drained conditions, USA, 2002

Bowles, J.E. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.

Brinch Hansen, J. 1970. A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity. Copenhagen : Danish Geotechnical Institute Bulletin No. 28, DGI

Chen, Q. (2007) "An Experimental Study on Characteristics and Behavior of Reinforced Soil Foundation", A Dissertation. Louisiana State University.

Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga

Direktorat Jendral Bina Marga. 2009. *Modul Pelatihan Geosintetik*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.

Direktorat Jendral Bina Marga. 2009. *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah Dengan Geosintetik*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.

Dinas Pekerjaan Umum. 2009. *Modul Pelatihan Geosintetik Volume 1: Klasifikasi dan Fungsi Geosintetik*. Jakarta : Dinas Pekerjaan Umum

Ghazavi, M., & Mirzaefar, H. (2010) "Bearing Capacity of Multi-Edge Shallow Foundations on Geogrid-Reinforced Sand", 600, 1–9.

Hardiyatmo, H.C. 2002. *Teknik Fondasi 1 Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press

Hardiyatmo, H.C. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Hussin D. James .(2006). *The Foundation Engineering Handbook*.

Koerner,R.M.,1984,*Construction and Geotechnical Method in Foundation Engineering*, McGraw-Hill.

Meyerhof,G.G. (1955). Influence of Roughness of base and Ground-Water conditions on the Ultimate Bearing Capacity of Foundations, *Geotechnique* 5:227-242

Meyerhof, G.G. (1963). "Some Recent Research on the Bearing Capacity of Foundations," *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 1, pp. 16-26.

NYSDOT Geotechnical .(2013). *Geotechnical Design Manual Chapter 14 Ground Improvement Technology*.

Omar, M.T, Das, B.M, Puri, V.K. and Yen, S.C. (1993) "Ultimate Bearing Capacity of Shallow Foundations on Sand with Geogrid Reinforcement", *Canadian Geotechnical Journal*, 30, pp. 545 ~549.

Patra CR, Das MB, dan Shin EC. 2005. Ultimate Bearing Capacity Of Eccentrically Loaded Strip Foundation On Sand Reinforce With Geogrid .Makalah dalam *Symposium in Tsunami Reconstruction with Geosynthetics*.National Institue of Technology. Bangkok, 8-9 Desember 2005

Shin, E.C. and Das, B.M., (2000). Experimental Study of Bearing Capacity of a Strip Foundation on Geogrid Reinforced Sand. *Geosynthetics International*, Vol. 7, No. 1, pp. 59-71.

Shin, E.C., Das, B.M., Lee, E.S., and Atalar, C., 2002. "Bearing capacity of strip foundation on geogrid-reinforced sand." *Geotechnical and Geological Engineering*, 20, pp. 169-180.

Taha and Altalhe, (2013). Numerical and Experimental Evaluation of Bearing Capacity Factor N_g of Strip Footing on Sand Slopes. *International Journal of Physical Science* Vol. 8 (36), pp 1807-1823.

Tiwari S. K., Kumawat N. K., (2014), "Recent Development in Ground Improvement Techniques – A Review". *International Journal of Recent Development in Engineering and Technology*, Vol. 2, Issue 3, March 2014.

Vesic, A.S. 1963. Ultimate Loads and Settlements of Deep Foundation in Sand. Proc. Symp. On Bearing Capacity and Settlement of Foundation, Duke University

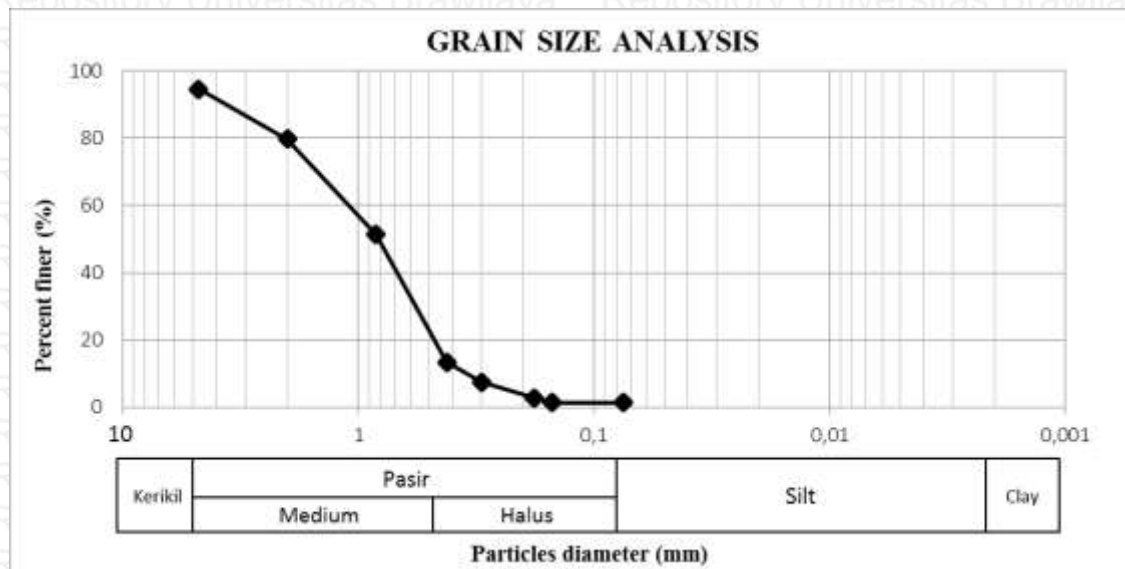
Vesic, A.S., 1975. *Foundation Engineering Handbook*. Winterkorn and Fang, Van Nostrand Reinhold, pp. 121-147.

Yetimoglu, T., Wu, J.T.H., Saglamer, A., (1994)," *Bearing capacity of rectangular footings on geogridreinforced sand*", *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 120 (12), pp. 2083–2099

LAMPIRAN

Lampiran 1 Analisis Gradasi Butiran Tanah (Gransize)

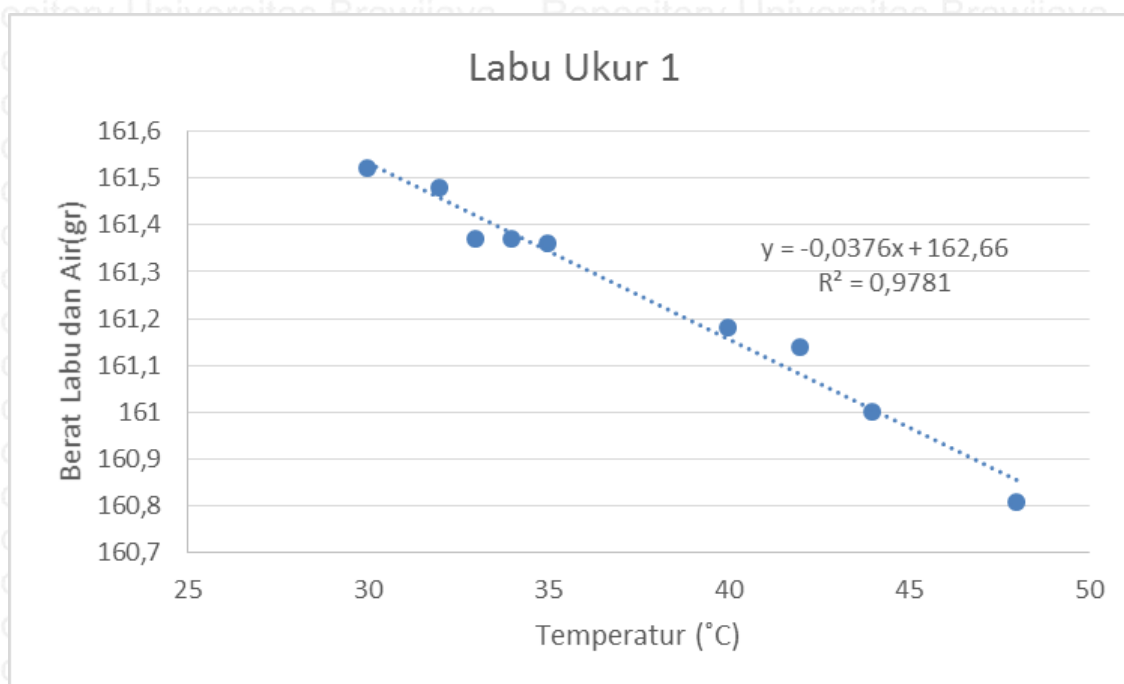
Sieve		Indiv. WT Retained	Acc. WT Retained	Retained (%)	Finer (%)
Sieve No.	Diameter (mm)	(gram)	(gram)		
4	4,75	52,33	52,33	5,4	95
10	2	143,41	195,74	20,34	79,66
20	0,84	273,3	469,04	48,75	51,25
40	0,42	364,66	833,70	86,65	13,35
50	0,3	56,03	889,73	92,47	7,53
80	0,18	45,37	935,10	97,19	2,81
100	0,15	13,18	948,28	98,56	1,44
200	0,075	0,62	948,90	98,62	1,38
Pan		13,27	962,17	100	0,00



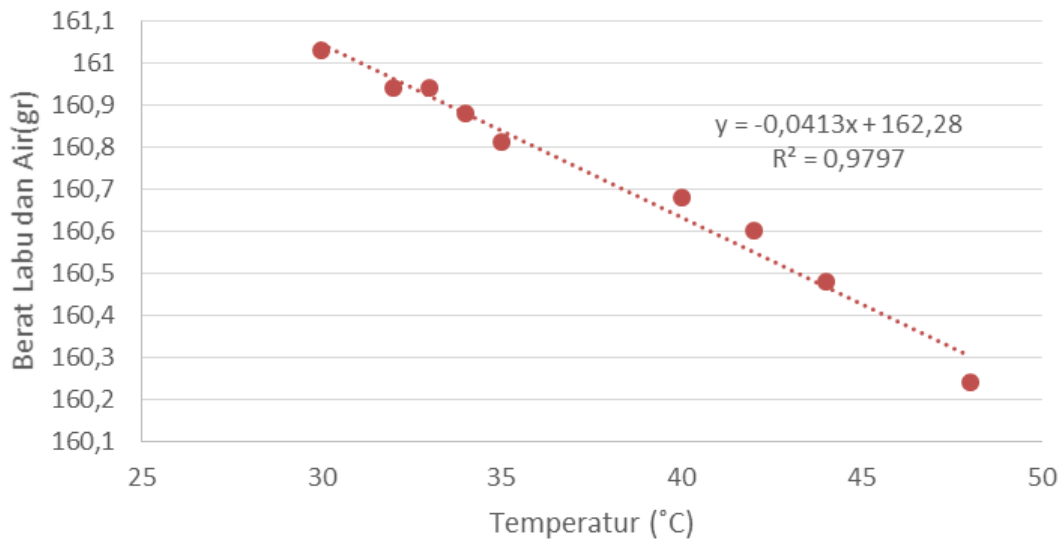
Lampiran 2 Analisis Specific Gravity

Data Kalibrasi Labu ukur

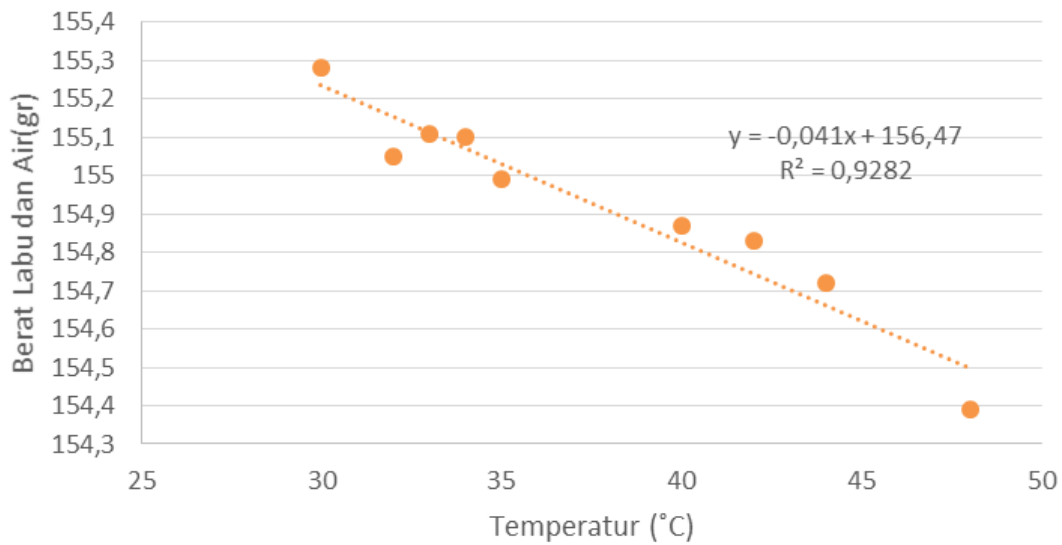
No.	Labu ukur 1		Labu Ukur 2		Labu Ukur 3	
	Temperatur (°C)	Berat Labu Ukur + Air (gram)	Temperatur (°C)	Berat Labu Ukur + Air (gram)	Temperatur (°C)	Berat Labu Ukur + Air (gram)
1	48	160.81	48	160.24	48	154.39
2	44	161	44	160.48	44	154.72
3	42	161.14	42	160.6	42	154.83
4	40	161.18	40	160.68	40	154.87
5	35	161.36	35	160.81	35	154.99
6	34	161.37	34	160.88	34	155.1
7	33	161.37	33	160.94	33	155.11
8	32	161.48	32	160.94	32	155.05
9	30	161.52	30	161.03	30	155.28



Labu Ukur 2



Labu Ukur 3



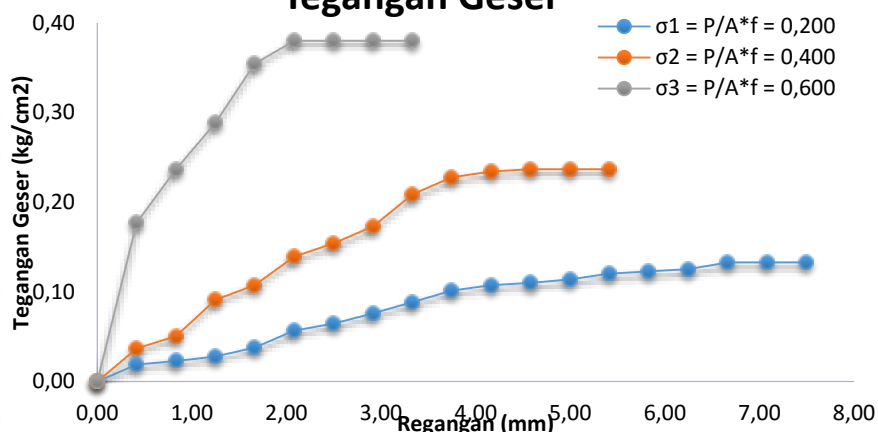
LABU UKUR	Keterangan	Satuan	1							
Berat Labu Ukur		gram	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4
Berat Tanah Kering (Ws)		gram	20	20	20	20	20	20	20	20
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)		gram	172.89	173.62	173.75	173.71	173.71	173.84	173.97	173.99
Suhu		(°C)	54	38	36	35	34	32	31	30
Berat Labu Ukur + Air (W2)		gram	160.63	161.23	161.31	161.34	161.38	161.46	161.49	161.53
Spesific Grafity (SG)	$GS = Ws/(W2+W_s-W1)$		2.584	2.628	2.647	2.620	2.607	2.626	2.658	2.652
Rata-Rata SG	GS/Jumlah data		2.628							

LABU UKUR	Keterangan	Satuan	2							
Berat Labu Ukur		gram	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3
Berat Tanah Kering (Ws)		gram	20	20	20	20	20	20	20	20
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)		gram	172.41	173.18	173.24	173.3	173.45	173.49	173.56	173.51
Suhu		(°C)	54	38	36	35	34	32	31	30
Berat Labu Ukur + Air (W2)		gram	160.05	160.71	160.79	160.83	160.88	160.96	161.00	161.04
Spesific Grafity (SG)	$GS = Ws/(W2+W_s-W1)$		2.618	2.656	2.648	2.654	2.693	2.678	2.688	2.656
Rata-Rata SG	GS/Jumlah data		2.661							

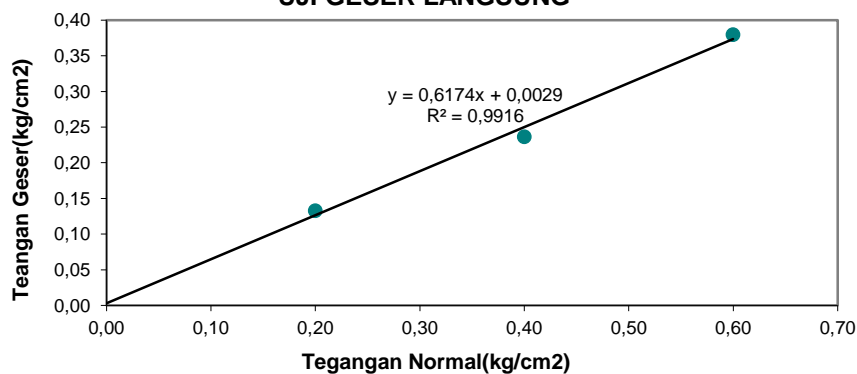
LABU UKUR	Keterangan	Satuan	3							
Berat Labu Ukur		gram	43.2	43.2	43.2	43.2	43.2	43.2	43.2	43.2
Berat Tanah Kering (Ws)		gram	20	20	20	20	20	20	20	20
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)		gram	166.63	167.45	167.58	167.62	167.38	167.51	167.64	167.52
Suhu		(°C)	54	38	36	35	34	32	31	30
Berat Labu Ukur + Air (W2)		gram	154.3	154.9	155.0	155.0	155.1	155.2	155.2	155.2
Spesific Grafity (SG)	$GS = Ws/(W2+W_s-W1)$		2.623	2.680	2.698	2.697	2.599	2.615	2.646	2.591
Rata-Rata SG	GS/Jumlah data		2.644							

Rata – rata = 2,644

Grafik Hubungan Regangan dan Tegangan Geser



UJI GESER LANGSUNG



Maka dihasilkan shear stress dari persamaan diatas sebagai berikut:

NO	NORMAL STRESS	SHEAR STRESS	SHEAR STRESS (TL)
1	0.20	0.1329	0.120555055
2	0.40	0.2367	0.244010109
3	0.60	0.3799	0.367465164

NO	URAIAN	NILAI	SATUAN
1	Gradien	0.6174	
2	Sudut Geser (rad)	0.553115470	Rad
3	Sudut Geser (deg)	31.69118203	°
4	Kohesi	0.0029	Kg/cm ²

Lampiran 4 Analisis Uji Pemdatan Standar (ASTM D-698-70 METODE B)

- Jumlah Tumbukan/Layer = 56x
- Jumlah layer = 3
- Berat Proktor = 2,5 kg
- Diameter mold = 15,4 cm
- Tinggi mold = 11,3 cm
- Volume mold = 2104,79 cm³

Kadar Air

Penambahan air (ml)	150			200			250			300			400			500			600		
Lapisan	A	T	B	A	T	B	A	T	B	A	T	B	A	T	B	A	T	B	A	T	B
Cawan No.	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Berat cawan + berat tanah basah	15,2	15,3	13,1	10,8	13,7	17,1	30,6	21,7	18,1	15,2	20,4	14,3	12,46	17,42	12,9	23,20	24,15	23,1	14,3	12,5	11,2
Berat cawan + berat tanah kering	14,9	14,9	12,8	10,7	13,3	16,6	29,3	20,8	17,4	14,7	19,5	13,8	11,79	16,32	12,2	21,89	22,22	21,2	13,4	11,6	10,5
Berat air	0,33	0,3	0,39	0,1	0,36	0,53	1,23	0,9	0,65	0,52	0,9	0,52	0,67	1,1	0,69	1,31	1,93	1,88	0,84	0,91	0,78
Berat cawan	5,63	5,4	6,17	4,2	5,43	5,42	5,71	4,20	5,70	5,97	5,63	6,10	4,18	4,18	4,29	4,18	4,02	4,07	4,24	4,17	4,30
Berat tanah kering	9,28	9,5	6,63	6,4	7,93	11,1	23,6	16,6	11,7	8,77	13,8	7,75	7,61	12,14	7,99	17,71	18,2	17,1	9,22	7,45	6,21
Kadar air w%	3,56	3,5	5,88	2,7	4,54	4,74	5,19	5,40	5,52	5,93	6,48	6,71	8,80	9,06	8,64	7,40	10,60	10,9	9,11	12,2	12,5
Rata-rata Kadar Air %	4,3329			4,0208			5,3708			6,3744			8,8337			9,6502			11,2953		

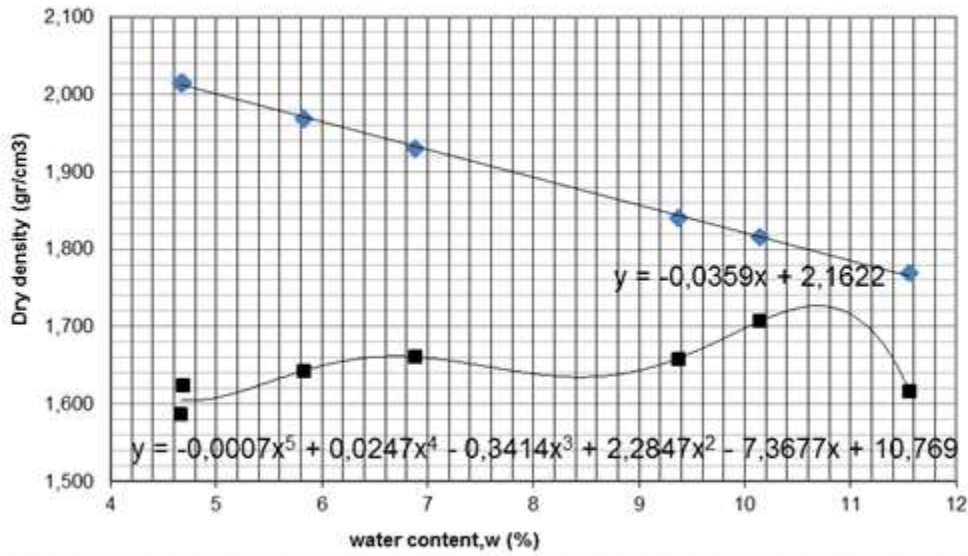
Kepdatan (*Density*)

Adding Water CC		150	200	250	300	400	500	600
Moisture can no.		1	2	3	4	5	6	7
Wt. of can + wet soil	gram	14,58	13,91	23,51	16,68	14,28	23,49	12,71
Wt. of can + dry soil	gram	14,23	13,56	22,58	16,03	13,46	21,78	11,86
Wt. of water	gram	0,4	0,4	0,9	0,6	0,8	1,7	0,8
Wt. of can	gram	5,74	5,03	5,20	5,90	4,22	4,09	4,24
Wt. of dry soil	gram	8,49	8,53	17,38	10,13	9,25	17,69	7,63
Water content, w	%	4,16	4,18	5,33	6,38	8,87	9,65	11,06
Wt. of soil + mold	gram	9480	9560	9640	9720	9800	9940	9780
Wt. of mold	gram	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Wt. of soil in mold	gram	3480	3560	3640	3720	3800	3940	3780
Wet density, gw	gr/cm ³	1,6534	1,6914	1,7294	1,7674	1,8054	1,8719	1,7959
Dry density, gd	gr/cm ³	1,5873	1,6235	1,6418	1,6614	1,6583	1,7072	1,6171

Zero Air Void

Kadar Air	γ_w	Gs	γ_d
4,16	1	2,6	2,0154
4,18	1	2,6	2,014606
5,33	1	2,6	1,968994
6,38	1	2,6	1,929157
8,87	1	2,6	1,840854
9,65	1	2,6	1,81487
11,06	1	2,6	1,769528

Grafik Pemadatan



Lampiran 5 Hasil Pengujian Kepadatan dan Kadar Air Benda Uji

Tanpa perkuatan $L/B = 1$; $D_f/B = 0,3$; $B = 12$ cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	4,76	4,34	4,23	4,87	3,17	5,89	5,59	5,52	4,25	4,19	5,93	5,42	5,65	6,03	5,96	5,45	5,65	4,27	5,76	5,24	5,62
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	21,04	20,41	20,73	20,67	19,32	22,37	21,24	21,97	21,05	20,45	22,05	21,06	22,06	21,82	21,57	21,47	21,73	20,21	21,69	20,29	21,64
3. Mass of Wet Soil	gr	16,28	16,07	16,50	15,80	16,15	16,48	15,65	16,45	16,80	16,26	16,12	15,64	16,41	15,79	15,61	16,02	16,08	15,94	15,93	15,05	16,02
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,639	1,617	1,661	1,590	1,626	1,659	1,575	1,656	1,691	1,637	1,623	1,574	1,652	1,589	1,571	1,612	1,618	1,604	1,603	1,515	1,612
6. Average wet density	gr/cm ³	1,62																				
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	19,61	18,99	19,24	19,17	17,87	20,91	19,81	20,45	19,47	18,93	20,55	19,61	20,53	20,41	20,18	19,99	20,24	18,70	20,24	18,89	20,17
8. Mass of Dry Soil	gr	14,85	14,65	15,01	14,30	14,70	15,02	14,22	14,93	15,22	14,74	14,62	14,19	14,88	14,38	14,22	14,54	14,59	14,43	14,48	13,65	14,55
9. Mass of Water	gr	1,43	1,42	1,49	1,50	1,45	1,46	1,43	1,52	1,58	1,52	1,50	1,45	1,53	1,41	1,39	1,48	1,49	1,51	1,45	1,40	1,47
10. Water Content	%	9,61	9,73	9,91	10,49	9,83	9,72	10,06	10,17	10,36	10,29	10,29	10,22	10,31	9,82	9,79	10,19	10,24	10,44	9,98	10,23	10,11
11. Average Water Content	%	10,09																				
12. Dry Density of Soil (γ_d)	gr/cm ³	1,495	1,474	1,511	1,439	1,480	1,512	1,431	1,503	1,532	1,484	1,471	1,428	1,497	1,447	1,431	1,463	1,468	1,453	1,458	1,374	1,464
13. γ_d Rata-rata	gr/cm ³	1,47																				

Tanpa perkuatan $L/B = 1$; $D_f/B = 0,45$; $B = 12$ cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	5,90	5,90	4,20	5,60	5,60	5,90	5,60	5,70	5,60	4,00	4,10	4,00	5,70	5,70	5,60	4,20	5,40	5,70	5,50	5,60	4,24
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	21,30	21,79	19,60	22,20	21,50	22,20	21,90	22,00	21,40	20,30	20,01	20,60	22,10	21,60	21,46	20,40	21,40	21,80	21,60	21,70	20,50
3. Mass of Wet Soil	gr	15,40	15,89	15,40	16,60	15,90	16,30	16,30	16,30	15,80	16,30	15,91	16,60	16,40	15,90	15,86	16,20	16,00	16,10	16,10	16,10	16,26
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,550	1,599	1,550	1,671	1,600	1,641	1,641	1,641	1,590	1,641	1,601	1,671	1,651	1,600	1,596	1,631	1,610	1,621	1,621	1,621	1,637
6. Average wet density	gr/cm ³	1,62																				
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	19,84	20,26	18,11	20,76	20,07	20,76	20,46	20,50	20,10	18,80	18,61	19,13	20,60	20,17	20,00	18,97	20,00	20,40	19,98	20,08	18,91
8. Mass of Dry Soil	gr	13,94	14,36	13,91	15,16	14,47	14,86	14,86	14,80	14,50	14,80	14,51	15,13	14,90	14,47	14,40	14,77	14,60	14,70	14,48	14,48	14,67
9. Mass of Water	gr	1,46	1,53	1,49	1,44	1,43	1,44	1,44	1,50	1,30	1,50	1,40	1,47	1,50	1,43	1,46	1,43	1,40	1,40	1,62	1,62	1,59
10. Water Content	%	10,45	10,65	10,69	9,50	9,90	9,67	9,67	10,14	8,97	10,14	9,62	9,72	10,07	9,90	10,14	9,68	9,59	9,52	11,19	11,19	10,84
11. Average Water Content	%	10,06																				
12. Dry Density of Soil (γ_d)	gr/cm ³	1,403	1,445	1,400	1,526	1,456	1,496	1,496	1,490	1,459	1,490	1,461	1,523	1,500	1,456	1,449	1,487	1,470	1,480	1,457	1,457	1,477
13. γ_d Rata-rata	gr/cm ³	1,47																				

Tanpa perkuatan L/B = 1; Df/B = 0,6; B = 12 cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	4,00	4,10	5,60	6,10	6,00	5,90	5,60	6,10	5,70	5,70	5,70	5,50	5,18	6,00	5,60	6,20	6,00	6,00	4,20	5,70	5,70	5,70
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	19,90	19,80	21,30	22,12	21,81	22,00	21,59	22,50	22,00	21,80	21,50	21,70	21,10	22,80	21,46	22,50	21,70	22,80	20,00	21,70	22,30	22,30
3. Mass of Wet Soil	gr	15,90	15,70	15,70	16,02	15,81	16,10	15,99	16,40	16,30	16,10	15,80	16,20	15,92	16,80	15,86	16,30	15,70	16,80	15,80	16,00	16,00	16,60
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,600	1,580	1,580	1,612	1,591	1,621	1,609	1,651	1,641	1,621	1,590	1,631	1,602	1,691	1,596	1,641	1,580	1,691	1,590	1,610	1,671	1,671
6. Average wet density	gr/cm ³	1,62																					
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	18,47	18,35	19,85	20,63	20,36	20,53	20,16	21,06	20,56	20,40	20,08	20,30	19,60	21,40	20,00	21,10	20,40	21,40	18,47	20,18	20,72	20,72
8. Mass of Dry Soil	gr	14,47	14,25	14,25	14,53	14,36	14,63	14,56	14,96	14,86	14,70	14,38	14,80	14,42	15,40	14,40	14,90	14,40	15,40	14,27	14,48	15,02	15,02
9. Mass of Water	gr	1,43	1,45	1,45	1,49	1,44	1,47	1,43	1,44	1,44	1,40	1,41	1,40	1,50	1,40	1,46	1,40	1,30	1,40	1,53	1,52	1,58	1,58
10. Water Content	%	9,90	10,14	10,14	10,22	10,04	10,05	9,81	9,61	9,67	9,52	9,83	9,46	10,41	9,09	10,14	9,40	9,03	9,09	10,72	10,50	10,52	10,52
11. Average Water Content	%	9,87																					
12. Dry Density of Soil (γ _d)	gr/cm ³	1,456	1,435	1,435	1,463	1,446	1,473	1,465	1,506	1,496	1,480	1,448	1,490	1,451	1,550	1,449	1,500	1,449	1,550	1,436	1,457	1,512	1,512
13. γ _d Rata-rata	gr/cm ³	1,47																					

Tanpa perkuatan L/B = 1,5; Df/B = 0,3; B = 12 cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	5,60	6,00	5,50	5,60	5,60	4,20	5,50	6,00	5,60	5,40	5,60	5,80	5,60	6,00	4,20	5,83	4,30	5,40	5,50	4,20	5,90	5,90
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	21,70	22,40	21,10	21,57	21,50	20,30	21,50	22,40	21,52	21,30	21,90	22,50	21,81	21,85	20,23	21,71	20,08	21,31	21,60	20,60	22,20	22,20
3. Mass of Wet Soil	gr	16,10	16,40	15,60	15,97	15,90	16,10	16,00	16,40	15,92	15,90	16,30	16,70	16,21	15,85	16,03	15,88	15,78	15,91	16,10	16,40	16,30	16,30
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,621	1,651	1,570	1,607	1,600	1,621	1,610	1,651	1,602	1,600	1,641	1,681	1,632	1,595	1,613	1,598	1,588	1,601	1,621	1,651	1,641	1,641
6. Average wet density	gr/cm ³	1,62																					
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	20,21	20,90	19,73	20,11	20,01	18,76	19,99	20,89	20,06	19,82	20,39	20,95	20,36	20,37	18,72	20,30	18,67	19,91	20,11	19,12	20,75	20,75
8. Mass of Dry Soil	gr	14,61	14,90	14,23	14,51	14,41	14,56	14,49	14,89	14,46	14,42	14,79	15,15	14,76	14,37	14,52	14,47	14,37	14,51	14,61	14,92	14,85	14,85
9. Mass of Water	gr	1,49	1,50	1,37	1,46	1,49	1,54	1,51	1,51	1,46	1,48	1,51	1,55	1,46	1,48	1,50	1,40	1,40	1,39	1,49	1,48	1,45	1,45
10. Water Content	%	10,23	10,07	9,63	10,04	10,35	10,56	10,42	10,15	10,08	10,26	10,21	10,22	9,88	10,27	10,33	9,70	9,77	9,61	10,22	9,92	9,76	9,76
11. Average Water Content	%	10,08																					
12. Dry Density of Soil (γ _d)	gr/cm ³	1,471	1,500	1,432	1,460	1,450	1,466	1,458	1,499	1,455	1,451	1,489	1,525	1,485	1,446	1,462	1,457	1,447	1,461	1,471	1,502	1,495	1,495
13. γ _d Rata-rata	gr/cm ³	1,47																					

Tanpa perkuatan L/B = 1,5; Df/B = 0,45; B = 12 cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	6,00	5,70	6,10	5,60	5,50	5,50	6,30	5,60	5,60	4,00	4,20	4,20	5,90	4,10	5,40	5,10	5,70	8,30	8,00	8,20	7,80	
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	22,30	21,79	22,29	21,89	21,60	21,50	22,70	21,89	21,40	20,20	19,90	19,80	22,10	19,80	21,30	21,40	21,70	24,60	24,00	24,50	23,70	
3. Mass of Wet Soil	gr	16,30	16,09	16,19	16,29	16,10	16,00	16,40	16,29	15,80	16,20	15,70	15,60	16,20	15,70	15,90	16,30	16,00	16,30	16,00	16,30	15,90	
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,641	1,620	1,630	1,640	1,621	1,610	1,651	1,640	1,590	1,631	1,580	1,570	1,631	1,580	1,600	1,641	1,610	1,641	1,610	1,641	1,600	
6. Average wet density	gr/cm ³	1,62																					
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	20,82	20,34	20,83	20,42	20,20	20,05	21,26	20,42	19,97	18,74	18,40	18,35	20,64	18,38	19,83	20,00	20,18	23,10	22,53	22,98	21,02	
8. Mass of Dry Soil	gr	14,82	14,64	14,73	14,82	14,70	14,55	14,96	14,82	14,37	14,74	14,20	14,15	14,74	14,28	14,43	14,90	14,48	14,80	14,53	14,78	13,22	
9. Mass of Water	gr	1,48	1,45	1,47	1,48	1,40	1,45	1,44	1,48	1,43	1,46	1,50	1,45	1,46	1,42	1,47	1,40	1,51	1,50	1,47	1,52	2,68	
10. Water Content	%	9,97	9,93	9,97	9,96	9,52	9,94	9,61	9,96	9,92	9,92	10,56	10,23	9,92	9,93	10,19	9,40	10,44	10,14	10,11	10,28	20,29	
11. Average Water Content	%	10,49																					
12. Dry Density of Soil (γ _d)	gr/cm ³	1,492	1,474	1,482	1,491	1,480	1,465	1,506	1,491	1,447	1,483	1,429	1,424	1,483	1,438	1,452	1,500	1,458	1,490	1,463	1,488	1,330	
13. γ _d Rata-rata	gr/cm ³	1,47																					

Tanpa perkuatan L/B = 1,5; Df/B = 0,6; B = 12 cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	5,60	6,00	5,70	5,70	5,20	5,70	4,07	4,04	6,00	4,20	4,20	5,64	4,10	4,05	5,50	4,20	4,14	4,00	6,00	4,20	4,30
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	22,50	22,00	21,30	21,70	22,10	21,50	20,00	19,70	22,20	20,60	19,90	21,20	20,60	20,20	21,70	20,60	20,30	20,10	21,80	20,60	20,20
3. Mass of Wet Soil	gr	16,90	16,00	15,60	16,00	16,90	15,80	15,93	15,66	16,20	16,40	15,70	15,56	16,50	16,15	16,20	16,40	16,16	16,10	15,80	16,40	15,90
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,701	1,610	1,570	1,610	1,701	1,590	1,603	1,576	1,631	1,651	1,580	1,566	1,661	1,626	1,631	1,651	1,627	1,621	1,590	1,651	1,600
6. Average wet density	gr/cm ³	1,62																				
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	21,00	20,54	19,90	20,17	20,47	19,97	18,55	18,26	20,72	19,17	18,52	19,83	19,13	18,70	20,10	19,05	18,89	18,58	20,46	19,16	18,66
8. Mass of Dry Soil	gr	15,40	14,54	14,20	14,47	15,27	14,27	14,48	14,22	14,72	14,97	14,32	14,19	15,03	14,65	14,60	14,85	14,75	14,58	14,46	14,96	14,36
9. Mass of Water	gr	1,50	1,46	1,40	1,53	1,63	1,53	1,45	1,44	1,48	1,43	1,38	1,37	1,47	1,50	1,60	1,55	1,41	1,52	1,34	1,44	1,54
10. Water Content	%	9,74	10,04	9,86	10,57	10,67	10,72	10,01	10,13	10,05	9,55	9,64	9,65	9,78	10,24	10,96	10,44	9,56	10,43	9,27	9,63	10,72
11. Average Water Content	%	10,08																				
12. Dry Density of Soil (γ _d)	gr/cm ³	1,550	1,463	1,429	1,456	1,537	1,436	1,457	1,431	1,482	1,507	1,441	1,428	1,513	1,475	1,470	1,495	1,485	1,468	1,455	1,506	1,445
13. γ _d Rata-rata	gr/cm ³	1,47																				

Tanpa perkuatan L/B = 2; Df/B = 0,3; B = 12 cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	5,20	5,50	4,20	6,10	5,70	5,90	5,60	5,60	5,70	5,60	6,00	6,00	4,30	6,00	5,60	5,90	5,40	5,50	5,70	5,80	5,50	
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	21,40	21,10	19,30	21,60	22,00	22,20	22,00	21,50	22,00	21,50	21,90	22,00	20,40	22,10	21,00	22,00	21,60	21,70	21,30	21,80	21,30	
3. Mass of Wet Soil	gr	16,20	15,60	15,10	15,50	16,30	16,30	16,40	15,90	16,30	15,90	16,00	16,10	16,10	15,40	16,10	16,20	16,20	15,60	16,00	15,80		
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94		
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,631	1,570	1,520	1,560	1,641	1,641	1,651	1,600	1,641	1,600	1,600	1,610	1,621	1,621	1,550	1,621	1,631	1,631	1,570	1,610	1,590	
6. Average wet density	gr/cm ³	1,61																					
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	19,90	19,60	17,90	20,15	20,46	20,65	20,46	20,05	20,52	20,08	20,48	20,59	18,98	20,67	19,64	20,47	20,05	20,17	19,90	20,40	19,90	
8. Mass of Dry Soil	gr	14,70	14,10	13,70	14,05	14,76	14,75	14,86	14,45	14,82	14,48	14,48	14,59	14,68	14,67	14,04	14,57	14,65	14,67	14,20	14,60	14,40	
9. Mass of Water	gr	1,50	1,50	1,40	1,45	1,54	1,55	1,54	1,45	1,48	1,41	1,42	1,41	1,42	1,43	1,36	1,53	1,55	1,53	1,40	1,40	1,40	
10. Water Content	%	10,20	10,64	10,22	10,32	10,43	10,51	10,36	10,03	10,02	9,76	9,81	9,66	9,67	9,75	9,69	10,50	10,58	10,43	9,86	9,59	9,72	
11. Average Water Content	%	10,08																					
12. Dry Density of Soil (γ _d)	gr/cm ³	1,480	1,419	1,379	1,414	1,486	1,485	1,496	1,454	1,491	1,458	1,457	1,469	1,478	1,477	1,413	1,467	1,475	1,477	1,429	1,470	1,449	
13. γ _d Rata-rata	gr/cm ³	1,46																					

Tanpa perkuatan L/B = 2; Df/B = 0,45; B = 12 cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	4,20	5,60	5,50	4,00	4,30	4,00	5,90	4,20	4,20	5,60	5,60	4,20	4,10	4,10	4,20	5,90	5,60	5,40	4,10	5,90	4,00
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	20,30	21,90	21,30	20,00	20,10	19,80	21,60	20,10	20,20	21,50	21,50	19,80	20,60	20,20	20,40	21,50	22,00	21,50	20,10	21,90	20,10
3. Mass of Wet Soil	gr	16,10	16,30	15,80	16,00	15,80	15,80	15,70	15,90	16,00	15,90	15,90	15,60	16,50	16,10	16,20	15,60	16,40	16,10	16,00	16,00	16,10
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,621	1,641	1,590	1,610	1,590	1,590	1,580	1,600	1,610	1,600	1,600	1,570	1,661	1,621	1,631	1,570	1,651	1,621	1,610	1,610	1,621
6. Average wet density	gr/cm ³	1,61																				
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	18,87	20,40	19,87	18,58	18,67	18,34	20,18	18,63	18,73	20,05	20,02	18,35	19,05	18,74	18,85	20,02	20,45	19,92	18,58	20,46	18,63
8. Mass of Dry Soil	gr	14,67	14,80	14,37	14,58	14,37	14,34	14,28	14,43	14,53	14,45	14,42	14,15	14,95	14,64	14,65	14,12	14,85	14,52	14,48	14,56	14,63
9. Mass of Water	gr	1,43	1,50	1,43	1,42	1,43	1,46	1,42	1,47	1,47	1,45	1,48	1,45	1,55	1,46	1,55	1,48	1,55	1,58	1,52	1,44	1,47
10. Water Content	%	9,73	10,16	9,96	9,77	9,97	10,19	9,94	10,19	10,09	10,03	10,28	10,24	10,37	9,97	10,58	10,47	10,44	10,88	10,49	9,89	10,02
11. Average Water Content	%	10,17																				
12. Dry Density of Soil (γ _d)	gr/cm ³	1,477	1,489	1,446	1,467	1,446	1,443	1,437	1,452	1,462	1,454	1,451	1,424	1,505	1,474	1,475	1,421	1,495	1,461	1,457	1,466	1,473
13. γ _d Rata-rata	gr/cm ³	1,46																				

Tanpa perkuatan L/B = 2; Df/B = 0,6; B = 12 cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	5,70	6,00	5,70	4,00	4,30	4,20	6,00	5,90	5,50	5,60	4,20	5,80	5,50	5,50	5,50	5,90	5,60	6,00	5,50	5,80	5,90	5,90
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	21,90	22,29	22,30	20,00	20,10	20,00	21,90	21,60	21,30	21,10	19,90	21,50	21,50	21,50	21,20	21,70	21,50	21,80	21,40	21,80	21,70	21,70
3. Mass of Wet Soil	gr	16,20	16,29	16,60	16,00	15,80	15,80	15,90	15,70	15,80	15,50	15,70	15,70	16,00	16,00	15,70	15,80	15,90	15,80	15,90	16,00	15,80	15,80
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,631	1,640	1,671	1,610	1,590	1,590	1,600	1,580	1,590	1,560	1,580	1,580	1,610	1,610	1,580	1,590	1,600	1,590	1,600	1,590	1,610	1,590
6. Average wet density	gr/cm ³	1,60																					
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	20,38	20,81	20,74	18,59	18,64	18,55	20,37	20,08	19,82	19,62	18,46	20,04	20,07	20,05	19,79	20,26	20,00	20,32	19,97	20,30	20,27	20,27
8. Mass of Dry Soil	gr	14,68	14,81	15,04	14,59	14,34	14,35	14,37	14,18	14,32	14,02	14,26	14,24	14,57	14,55	14,29	14,36	14,40	14,32	14,47	14,50	14,37	14,37
9. Mass of Water	gr	1,52	1,49	1,56	1,41	1,46	1,45	1,53	1,52	1,48	1,48	1,43	1,46	1,43	1,45	1,41	1,44	1,50	1,48	1,43	1,49	1,43	1,43
10. Water Content	%	10,34	10,05	10,39	9,66	10,19	10,12	10,61	10,71	10,35	10,53	10,06	10,26	9,82	9,96	9,90	10,03	10,43	10,35	9,89	10,28	9,92	9,92
11. Average Water Content	%	10,18																					
12. Dry Density of Soil (γd)	gr/cm ³	1,478	1,490	1,514	1,469	1,443	1,444	1,447	1,427	1,441	1,411	1,436	1,433	1,466	1,465	1,438	1,445	1,449	1,441	1,456	1,460	1,447	1,447
13. γd Rata-rata	gr/cm ³	1,452																					

Dengan perkuatan $L/B = 1$; $Df/B = 0,3$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12$ cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	5,70	5,60	5,80	5,60	5,60	5,20	5,80	5,60	5,70	6,00	4,20	6,00	5,60	5,70	5,70	4,00	5,90	6,00	5,60	5,90	4,00	
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	22,30	21,20	21,70	20,90	20,90	20,90	22,20	21,40	21,40	21,30	20,70	21,80	21,40	21,40	21,80	20,20	22,50	22,60	22,20	22,70	20,30	
3. Mass of Wet Soil	gr	16,60	15,60	15,90	15,30	15,30	15,70	16,40	15,80	15,70	15,30	16,50	15,80	15,80	15,70	16,10	16,20	16,60	16,60	16,60	16,80	16,30	
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,671	1,570	1,600	1,540	1,540	1,580	1,651	1,590	1,580	1,540	1,661	1,590	1,590	1,580	1,621	1,631	1,671	1,671	1,671	1,671	1,691	1,641
6. Average wet density	gr/cm ³	1,61																					
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	20,80	19,75	20,20	19,53	19,53	19,50	20,65	19,96	19,97	19,86	19,20	20,40	19,96	19,93	20,30	18,69	21,00	21,10	20,60	21,20	18,77	
8. Mass of Dry Soil	gr	15,10	14,15	14,40	13,93	13,93	14,30	14,85	14,36	14,27	13,86	15,00	14,40	14,36	14,23	14,60	14,69	15,10	15,10	15,00	15,30	14,77	
9. Mass of Water	gr	1,50	1,45	1,50	1,37	1,37	1,40	1,55	1,44	1,43	1,44	1,50	1,40	1,44	1,47	1,50	1,51	1,50	1,50	1,60	1,50	1,53	
10. Water Content	%	9,93	10,25	10,42	9,83	9,83	9,79	10,44	10,03	10,02	10,39	10,00	9,72	10,03	10,27	10,28	9,93	9,93	10,67	9,80	10,36		
11. Average Water Content	%	10,11																					
12. Dry Density of Soil (γ_d)	gr/cm ³	1,520	1,424	1,449	1,402	1,402	1,439	1,495	1,445	1,436	1,395	1,510	1,449	1,445	1,432	1,470	1,479	1,520	1,520	1,510	1,540	1,487	
13. γ_d Rata-rata	gr/cm ³	1,47																					

Dengan perkuatan $L/B = 1$; $Df/B = 0,45$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12$ cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	5,50	5,60	5,70	5,90	5,70	5,80	4,20	5,40	5,50	4,20	5,60	5,70	6,00	5,70	5,80	4,10	5,60	5,90	4,20	5,60	4,30	
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	21,70	21,10	21,60	22,30	22,40	21,90	20,65	21,90	22,00	20,30	21,60	21,50	22,00	21,50	21,90	20,70	21,50	22,60	20,40	21,40	20,40	
3. Mass of Wet Soil	gr	16,20	15,50	15,90	16,40	16,70	16,10	16,45	16,50	16,50	16,10	16,00	15,80	16,00	15,80	16,10	16,60	15,90	16,70	16,20	15,80	16,10	
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,631	1,560	1,600	1,651	1,681	1,621	1,656	1,661	1,661	1,621	1,610	1,590	1,610	1,590	1,621	1,671	1,600	1,681	1,631	1,590	1,621	
6. Average wet density	gr/cm ³	1,63																					
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	20,19	19,70	20,18	20,77	20,84	20,37	19,10	20,40	20,48	18,82	20,17	20,10	20,48	20,10	20,37	19,15	20,05	21,10	18,89	19,95	18,89	
8. Mass of Dry Soil	gr	14,69	14,10	14,48	14,87	15,14	14,57	14,90	15,00	14,98	14,62	14,57	14,40	14,48	14,40	14,57	15,05	14,45	15,20	14,69	14,35	14,59	
9. Mass of Water	gr	1,51	1,40	1,42	1,53	1,56	1,53	1,55	1,50	1,52	1,48	1,43	1,40	1,52	1,40	1,53	1,55	1,45	1,50	1,51	1,45	1,51	
10. Water Content	%	10,28	9,93	9,81	10,29	10,30	10,50	10,40	10,00	10,15	10,12	9,81	9,72	10,50	9,72	10,50	10,30	10,03	9,87	10,28	10,10	10,35	
11. Average Water Content	%	10,14																					
12. Dry Density of Soil (γ_d)	gr/cm ³	1,47	1,42	1,47	1,50	1,52	1,47	1,54	1,51	1,52	1,47	1,47	1,45	1,46	1,45	1,47	1,50	1,45	1,55	1,48	1,44	1,47	
13. γ_d Rata-rata	gr/cm ³	1,48																					

Dengan perkuatan $L/B = 1$; $Df/B = 0,6$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12$ cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	4,30	5,50	6,00	5,90	4,20	5,90	5,50	5,60	5,90	8,20	6,10	5,70	5,40	5,70	4,00	5,70	6,10	5,40	5,70	4,00	5,40	5,40
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	20,10	21,90	22,30	21,25	20,20	21,80	22,00	21,90	22,30	24,50	22,30	21,60	21,30	22,20	20,40	21,50	22,20	21,10	21,50	19,80	21,27	21,27
3. Mass of Wet Soil	gr	15,80	16,40	16,30	15,35	16,00	15,90	16,50	16,30	16,40	16,30	16,20	15,90	15,90	16,50	16,40	15,80	16,10	15,70	15,80	15,80	15,80	15,87
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,590	1,651	1,641	1,545	1,610	1,600	1,661	1,641	1,651	1,641	1,631	1,600	1,600	1,661	1,651	1,590	1,621	1,580	1,590	1,590	1,590	1,597
6. Average wet density	gr/cm ³	1,62																					
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	18,60	20,43	20,83	19,80	18,70	20,32	20,50	20,40	20,80	22,98	20,78	20,15	19,80	20,63	18,91	20,10	20,70	19,70	20,10	18,30	19,80	19,80
8. Mass of Dry Soil	gr	14,30	14,93	14,83	13,90	14,50	14,42	15,00	14,80	14,90	14,78	14,68	14,45	14,40	14,93	14,91	14,40	14,60	14,30	14,40	14,30	14,40	14,40
9. Mass of Water	gr	1,50	1,47	1,47	1,45	1,50	1,48	1,50	1,50	1,50	1,52	1,52	1,45	1,50	1,57	1,49	1,40	1,50	1,40	1,40	1,50	1,47	1,47
10. Water Content	%	10,49	9,85	9,91	10,43	10,34	10,26	10,00	10,14	10,07	10,28	10,35	10,03	10,42	10,52	9,99	9,72	10,27	9,79	9,72	10,49	10,21	10,21
11. Average Water Content	%	10,16																					
12. Dry Density of Soil (γ_d)	gr/cm ³	1,43	1,51	1,55	1,40	1,47	1,47	1,51	1,49	1,50	1,49	1,47	1,46	1,45	1,50	1,50	1,45	1,48	1,45	1,45	1,44	1,41	1,41
13. γ_d Rata-rata	gr/cm ³	1,47																					

Dengan perkuatan $L/B = 1,5$; $Df/B = 0,3$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12$ cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	5,70	5,60	5,50	4,00	5,70	5,70	5,40	5,70	3,90	5,80	5,60	5,80	4,20	4,30	4,20	5,60	5,60	5,80	6,10	4,30	5,60	5,60
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	21,80	22,20	21,70	19,80	22,30	22,40	21,80	22,00	20,40	22,50	22,20	22,40	20,60	21,00	20,75	22,10	22,20	22,30	22,86	20,70	22,20	22,20
3. Mass of Wet Soil	gr	16,10	16,60	16,20	15,80	16,60	16,70	16,40	16,30	16,50	16,70	16,60	16,60	16,40	16,70	16,55	16,50	16,60	16,50	16,76	16,40	16,60	16,60
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,621	1,671	1,631	1,590	1,671	1,681	1,651	1,641	1,661	1,681	1,671	1,671	1,651	1,681	1,666	1,661	1,671	1,661	1,687	1,651	1,671	1,671
6. Average wet density	gr/cm ³	1,66																					
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	20,30	20,70	20,25	18,35	20,80	20,90	20,30	20,50	18,90	21,00	20,70	20,80	19,10	19,50	19,20	20,60	20,65	20,75	21,30	19,15	20,70	20,70
8. Mass of Dry Soil	gr	14,60	15,10	14,75	14,35	15,10	15,20	14,90	14,80	15,00	15,20	15,10	15,00	14,90	15,20	15,00	15,00	15,05	14,95	15,20	14,85	15,10	15,10
9. Mass of Water	gr	1,50	1,50	1,45	1,45	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,60	1,50	1,55	1,50	1,55	1,55	1,56	1,55	1,55	1,50	1,50
10. Water Content	%	10,27	9,93	9,83	10,10	9,93	9,87	10,07	10,14	10,00	9,87	9,93	10,67	10,07	9,87	10,33	10,00	10,30	10,37	10,26	10,44	9,93	9,93
11. Average Water Content	%	10,10																					
12. Dry Density of Soil (γ_d)	gr/cm ³	1,48	1,53	1,51	1,47	1,46	1,54	1,50	1,49	1,51	1,54	1,52	1,51	1,51	1,65	1,48	1,49	1,54	1,49	1,45	1,46	1,44	1,44
13. γ_d Rata-rata	gr/cm ³	1,50																					

Dengan perkuatan $L/B = 1,5$; $Df/B = 0,45$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12$ cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	4,30	5,60	5,70	4,20	4,00	4,20	5,70	4,20	7,90	5,80	4,20	6,10	5,70	5,60	4,20	5,60	5,90	4,20	5,70	4,30	5,60	
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	20,30	22,20	21,80	20,60	20,40	19,90	22,40	20,70	23,60	22,50	20,80	22,40	22,30	21,90	20,40	21,70	22,10	20,45	21,71	20,40	21,70	
3. Mass of Wet Soil	gr	16,00	16,60	16,10	16,40	16,40	15,70	16,70	16,50	15,70	16,60	16,30	16,60	16,30	16,20	16,10	16,20	16,25	16,01	16,10	16,10	16,10	
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,610	1,671	1,621	1,651	1,651	1,580	1,681	1,661	1,580	1,681	1,671	1,641	1,671	1,641	1,631	1,621	1,631	1,636	1,611	1,621	1,621	
6. Average wet density	gr/cm ³	1,64																					
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	18,80	20,70	20,30	19,15	18,91	18,40	20,89	19,16	22,20	20,98	19,30	20,87	20,70	20,40	18,90	20,24	20,60	18,99	20,20	18,90	20,17	
8. Mass of Dry Soil	gr	14,50	15,10	14,60	14,95	14,91	14,20	15,19	14,96	14,30	15,18	15,10	14,77	15,00	14,80	14,70	14,64	14,70	14,79	14,50	14,60	14,57	
9. Mass of Water	gr	1,50	1,50	1,50	1,45	1,49	1,50	1,51	1,54	1,40	1,52	1,50	1,53	1,60	1,50	1,46	1,50	1,46	1,51	1,50	1,50	1,53	
10. Water Content	%	10,34	9,93	10,27	9,70	9,99	10,56	9,94	10,29	9,79	10,01	9,93	10,36	10,67	10,14	10,20	9,97	10,20	9,87	10,41	10,27	10,50	
11. Average Water Content	%	10,16																					
12. Dry Density of Soil (γ _d)	gr/cm ³	1,46	1,53	1,48	1,50	1,50	1,43	1,54	1,50	1,45	1,54	1,53	1,50	1,51	1,49	1,48	1,51	1,48	1,54	1,49	1,46	1,44	
13. γ _d Rata-rata	gr/cm ³	1,49																					

Dengan perkuatan $L/B = 1,5$; $Df/B = 0,6$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12$ cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	6,10	5,60	5,80	5,70	5,70	5,50	5,70	6,00	4,00	5,70	5,90	4,10	4,10	5,50	4,20	5,90	4,20	5,60	5,70	4,30	5,60	
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	21,70	21,30	21,70	21,60	21,30	21,80	21,80	22,70	20,40	22,20	22,65	20,00	20,00	21,60	20,40	22,54	20,87	22,20	22,10	20,71	22,35	
3. Mass of Wet Soil	gr	15,60	15,70	15,90	15,90	15,60	16,30	16,10	16,70	16,40	16,50	16,75	15,90	15,90	16,10	16,20	16,64	16,67	16,60	16,40	16,41	16,75	
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,570	1,580	1,600	1,600	1,570	1,641	1,621	1,681	1,651	1,661	1,686	1,600	1,600	1,621	1,631	1,675	1,678	1,671	1,651	1,652	1,686	
6. Average wet density	gr/cm ³	1,63																					
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	20,20	19,90	20,30	20,10	19,90	20,30	20,30	21,12	18,91	20,70	21,10	18,50	18,55	20,10	18,90	21,01	19,30	20,65	20,60	19,15	20,75	
8. Mass of Dry Soil	gr	14,10	14,30	14,50	14,40	14,20	14,80	14,60	15,12	14,91	15,00	15,20	14,40	14,45	14,60	14,70	15,11	15,10	15,05	14,90	14,85	15,15	
9. Mass of Water	gr	1,50	1,40	1,40	1,50	1,40	1,50	1,50	1,58	1,49	1,50	1,55	1,50	1,45	1,50	1,50	1,53	1,57	1,55	1,50	1,56	1,60	
10. Water Content	%	10,64	9,79	9,66	10,42	9,86	10,14	10,27	10,45	9,99	10,00	10,20	10,42	10,03	10,27	10,20	10,13	10,40	10,30	10,07	10,51	10,56	
11. Average Water Content	%	10,20																					
12. Dry Density of Soil (γ _d)	gr/cm ³	1,42	1,44	1,47	1,44	1,46	1,49	1,48	1,50	1,50	1,52	1,55	1,45	1,45	1,48	1,48	1,55	1,52	1,50	1,49	1,46	1,44	
13. γ _d Rata-rata	gr/cm ³	1,48																					

Dengan perkuatan $L/B = 2$; $Df/B = 0,3$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12$ cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	6,10	5,70	4,20	5,60	6,10	5,90	5,60	4,20	4,00	5,60	5,70	5,60	5,60	5,70	4,20	5,60	5,70	4,60	5,70	4,30	5,60	
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	22,80	21,80	20,00	21,70	22,10	22,10	21,10	20,50	20,40	22,00	21,00	21,30	21,90	21,70	20,40	22,30	22,00	20,60	22,10	20,65	22,20	
3. Mass of Wet Soil	gr	16,70	16,10	15,80	16,10	16,00	16,20	15,50	16,30	16,40	16,40	15,30	15,70	16,30	16,00	16,20	16,70	16,30	16,00	16,40	16,35	16,60	
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,681	1,621	1,590	1,621	1,610	1,631	1,560	1,641	1,651	1,651	1,540	1,580	1,641	1,610	1,631	1,681	1,641	1,610	1,651	1,646	1,671	
6. Average wet density	gr/cm ³	1,63																					
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	21,20	20,30	18,54	20,21	20,65	20,65	19,70	19,00	18,88	20,50	19,57	19,90	20,40	20,20	18,90	20,80	20,50	19,13	20,65	19,10	20,65	
8. Mass of Dry Soil	gr	15,10	14,60	14,34	14,61	14,55	14,75	14,10	14,80	14,88	14,90	13,87	14,30	14,80	14,50	14,70	15,20	14,80	14,53	14,95	14,80	15,05	
9. Mass of Water	gr	1,60	1,50	1,46	1,49	1,45	1,45	1,40	1,50	1,52	1,50	1,43	1,40	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,47	1,45	1,55	1,55	
10. Water Content	%	10,60	10,27	10,18	10,20	9,97	9,83	9,93	10,14	10,22	10,07	10,31	9,79	10,14	10,34	10,20	9,87	10,14	10,12	9,70	10,47	10,30	
11. Average Water Content	%	10,13																					
12. Dry Density of Soil (γ_d)	gr/cm ³	1,52	1,47	1,46	1,50	1,45	1,49	1,42	1,50	1,50	1,50	1,41	1,41	1,48	1,47	1,48	1,53	1,49	1,47	1,49	1,46	1,44	
13. γ_d Rata-rata	gr/cm ³	1,47																					

Dengan perkuatan $L/B = 2$; $Df/B = 0,45$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12$ cm

Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	5,70	5,90	6,10	5,60	5,70	4,20	5,90	5,70	6,00	4,20	5,70	5,70	4,00	6,00	4,20	4,20	5,70	5,70	4,30	5,60		
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	21,80	21,80	21,30	21,30	22,30	20,60	21,20	21,40	21,60	19,56	22,40	22,20	20,30	22,10	20,40	20,10	22,40	21,00	22,10	20,30	21,50	
3. Mass of Wet Soil	gr	16,10	15,90	15,20	15,70	16,60	16,40	15,30	15,70	15,60	15,36	16,70	16,50	16,30	16,10	16,20	15,90	16,70	15,30	16,40	16,00	15,90	
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,621	1,600	1,530	1,580	1,671	1,651	1,540	1,580	1,570	1,546	1,681	1,661	1,641	1,621	1,631	1,600	1,681	1,540	1,651	1,610	1,600	
6. Average wet density	gr/cm ³	1,61																					
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	20,30	20,32	19,94	19,90	20,78	19,15	19,80	20,00	20,20	18,20	20,90	20,70	18,78	20,67	18,90	18,67	20,89	19,60	20,56	18,80	19,98	
8. Mass of Dry Soil	gr	14,60	14,42	13,84	14,30	15,08	14,95	13,90	14,30	14,20	14,00	15,20	15,00	14,78	14,67	14,70	14,47	15,19	13,90	14,86	14,50	14,38	
9. Mass of Water	gr	1,50	1,48	1,36	1,40	1,52	1,45	1,40	1,40	1,40	1,36	1,50	1,50	1,52	1,43	1,50	1,43	1,51	1,40	1,54	1,50	1,52	
10. Water Content	%	10,27	10,26	9,83	9,79	10,08	9,70	10,07	9,79	9,86	9,71	9,87	10,00	10,28	9,75	10,20	9,88	9,94	10,07	10,36	10,34	10,57	
11. Average Water Content	%	10,03																					
12. Dry Density of Soil (γ_d)	gr/cm ³	1,48	1,46	1,40	1,44	1,53	1,50	1,40	1,45	1,43	1,38	1,53	1,52	1,50	1,48	1,48	1,46	1,54	1,41	1,49	1,46	1,44	
13. γ_d Rata-rata	gr/cm ³	1,47																					

Dengan perkuatan $L/B = 2$; $Df/B = 0,6$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12$ cm

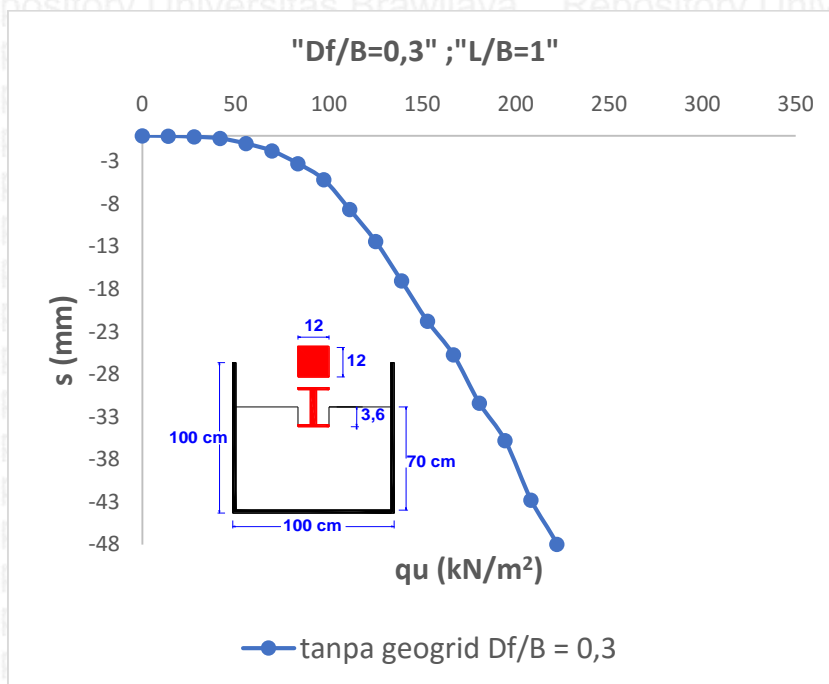
Ring No.		Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4			Layer 5			Layer 6			Layer 7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Height of Ring	cm	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Diameter of Ring	cm	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
1. Mass of Ring	gr	5,50	5,90	5,80	4,00	5,60	5,50	5,40	5,70	5,70	4,00	4,10	4,00	5,70	5,70	5,60	4,20	5,40	5,70	5,50	5,60	4,24	
2. Mass of Wet Soil + Ring	gr	21,90	22,30	21,80	20,40	21,50	21,80	21,10	22,00	21,00	20,30	20,87	20,60	22,10	21,10	21,46	20,40	21,40	21,80	21,60	21,70	20,50	
3. Mass of Wet Soil	gr	16,40	16,40	16,00	16,40	15,90	16,30	15,70	16,30	15,30	16,30	16,77	16,60	16,40	15,40	15,86	16,20	16,00	16,10	16,10	16,10	16,26	
4. Volume of Soil	cm ³	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	9,94	
5. Soil Unit Weight	gr/cm ³	1,651	1,651	1,610	1,651	1,600	1,641	1,580	1,641	1,540	1,641	1,688	1,671	1,651	1,550	1,596	1,631	1,610	1,621	1,621	1,621	1,637	
6. Average wet density	gr/cm ³	1,62																					
7. Mass of Dry Soil + Ring	gr	20,41	20,80	20,35	18,91	20,10	20,32	19,60	20,54	19,63	18,80	19,30	19,10	20,60	19,65	20,00	18,96	19,97	20,35	20,10	20,21	19,01	
8. Mass of Dry Soil	gr	14,91	14,90	14,55	14,91	14,50	14,82	14,20	14,84	13,93	14,80	15,20	15,10	14,90	13,95	14,40	14,76	14,57	14,65	14,60	14,61	14,77	
9. Mass of Water	gr	1,49	1,50	1,45	1,49	1,40	1,48	1,50	1,46	1,37	1,50	1,57	1,50	1,50	1,45	1,46	1,44	1,43	1,45	1,50	1,49	1,49	
10. Water Content	%	9,99	10,07	9,97	9,99	9,66	9,99	10,56	9,84	9,83	10,14	10,33	9,93	10,07	10,39	10,14	9,76	9,81	9,90	10,27	10,20	10,09	
11. Average Water Content	%	10,04																					
12. Dry Density of Soil (γ _d)	gr/cm ³	1,51	1,50	1,47	1,50	1,47	1,50	1,43	1,50	1,41	1,49	1,56	1,53	1,50	1,42	1,45	1,49	1,47	1,48	1,46	1,46	1,48	
13. γ _d Rata-rata	gr/cm ³	1,48																					

Lampiran 6 Hasil Pengujian daya dukung dan Penurunan Benda Uji

Tanpa Perkuatan

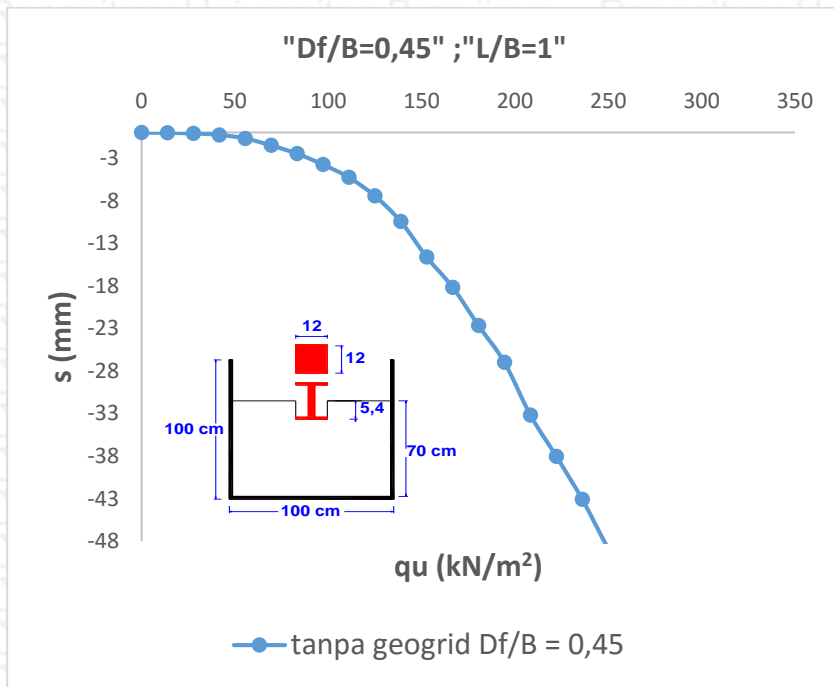
$L/B = 1$; $D_f/B = 0,3$; $B = 12$ cm

Beban (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	y
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	52,82	53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
20	52,82	52,95	0,00	0,05	0,02	0,02	0,139	13,889	-0,025
40	52,7	52,88	0,12	0,12	0,12	0,10	0,278	27,778	-0,120
60	52,51	52,68	0,31	0,32	0,32	0,26	0,417	41,667	-0,315
80	51,71	52,26	1,11	0,74	0,93	0,77	0,556	55,556	-0,925
100	51,04	51,22	1,78	1,78	1,78	1,48	0,694	69,444	-1,780
120	49,09	50,2	3,73	2,80	3,27	2,72	0,833	83,333	-3,265
140	46,94	48,59	5,88	4,41	5,15	4,29	0,972	97,222	-5,145
160	44,16	44,34	8,66	8,66	8,66	7,22	1,111	111,111	-8,660
180	39,03	41,97	13,79	11,03	12,41	10,34	1,250	125,000	-12,410
200	35,77	35,95	17,05	17,05	17,05	14,21	1,389	138,889	-17,050
220	31,05	31,23	21,77	21,77	21,77	18,14	1,528	152,778	-21,770
240	30,1	24,3	22,72	28,70	25,71	21,43	1,667	166,667	-25,710
260	22,45	20,59	30,37	32,41	31,39	26,16	1,806	180,556	-31,390
280	17,02	17,2	35,80	35,80	35,80	29,83	1,944	194,444	-35,800
300	11,55	8,69	41,27	44,31	42,79	35,66	2,083	208,333	-42,790
320	6,45	3,41	46,37	49,59	47,98	39,98	2,222	222,222	-47,980
340	44,39	44,28	53,53	56,26	54,90	45,75	2,361	236,111	-54,895
360	35,28	36,82	62,64	63,72	63,18	52,65	2,500	250,000	-63,180



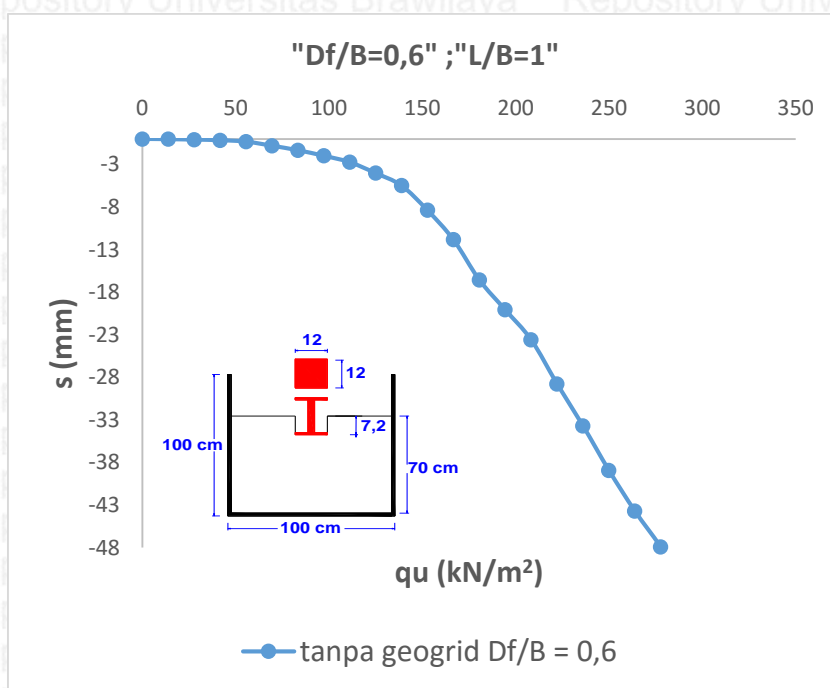
$L/B = 1$; $D_f/B = 0,45$; $B = 12$ cm

Beban (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	y
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	55,53	54,91	0,00	0,00	0,00	0	0,000	0,000	0,000
20	55,53	54,85	0,00	0,06	0,03	0,025	0,139	13,889	-0,030
40	55,43	54,81	0,10	0,10	0,10	0,083333	0,278	27,778	-0,100
60	55,26	54,64	0,27	0,27	0,27	0,225	0,417	41,667	-0,270
80	54,71	54,36	0,82	0,55	0,68	0,570833	0,556	55,556	-0,685
100	54,03	53,41	1,50	1,50	1,50	1,25	0,694	69,444	-1,500
120	52,7	52,78	2,83	2,13	2,48	2,066667	0,833	83,333	-2,480
140	51,24	51,69	4,29	3,22	3,76	3,129167	0,972	97,222	-3,755
160	50,27	49,65	5,26	5,26	5,26	4,383333	1,111	111,111	-5,260
180	47,26	48,29	8,27	6,62	7,45	6,204167	1,250	125,000	-7,445
200	45,09	44,46	10,44	10,45	10,45	8,704167	1,389	138,889	-10,445
220	40,92	40,29	14,61	14,62	14,62	12,17917	1,528	152,778	-14,615
240	39,48	34,63	16,05	20,28	18,17	15,1375	1,667	166,667	-18,165
260	33,59	31,5	21,94	23,41	22,68	18,89583	1,806	180,556	-22,675
280	28,54	27,92	26,99	26,99	26,99	22,49167	1,944	194,444	-26,990
300	23,52	20,55	32,01	34,36	33,19	27,65417	2,083	208,333	-33,185
320	18,77	15,6	36,76	39,31	38,04	31,69583	2,222	222,222	-38,035
340	13,51	10,75	42,02	44,16	43,09	35,90833	2,361	236,111	-43,090
360	7,07	5,62	48,46	49,29	48,88	40,72917	2,500	250,000	-48,875
380	43,92	40,78	53,30	55,12	54,21	45,175	2,639	263,889	-54,210
400	37,74	33,72	59,48	62,18	60,83	50,69167	2,778	277,778	-60,830
420	29,22	24,67	68,00	71,23	69,62	58,0125	2,917	291,667	-69,615



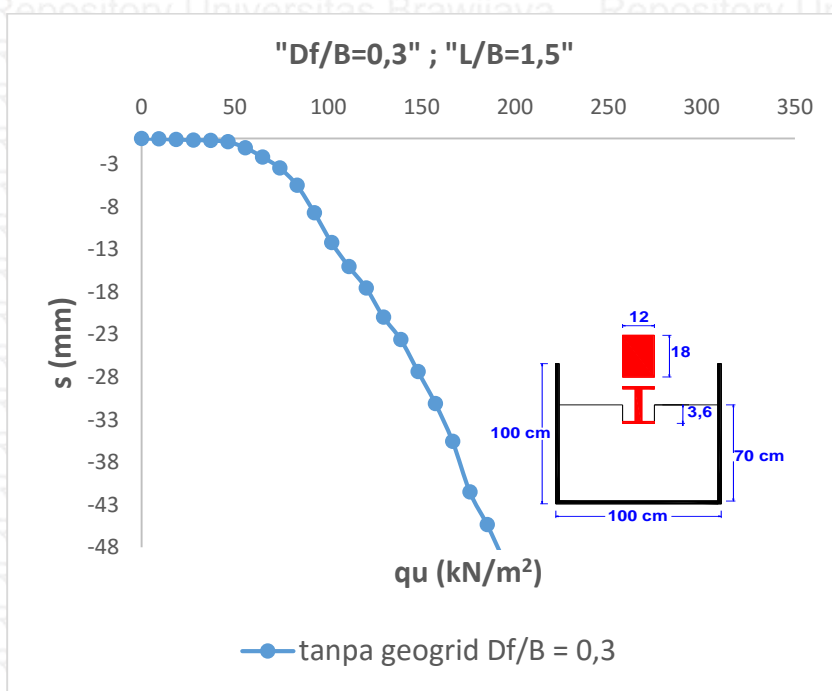
$L/B = 1$; $D_f/B = 0,6$; $B = 12$ cm

Beban (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	y
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	55,65	55,01	0,00	0,00	0,00	0	0,000	0,000	0,000
20	55,65	54,95	0,00	0,06	0,03	0,025	0,139	13,889	-0,030
40	55,57	54,93	0,08	0,08	0,08	0,0666667	0,278	27,778	-0,080
60	55,5	54,86	0,15	0,15	0,15	0,125	0,417	41,667	-0,150
80	55,27	54,76	0,38	0,25	0,32	0,2625	0,556	55,556	-0,315
100	54,85	54,21	0,80	0,80	0,80	0,6666667	0,694	69,444	-0,800
120	54,13	53,87	1,52	1,14	1,33	1,1083333	0,833	83,333	-1,330
140	53,39	53,31	2,26	1,70	1,98	1,65	0,972	97,222	-1,980
160	52,92	52,28	2,73	2,73	2,73	2,275	1,111	111,111	-2,730
180	51,19	51,44	4,46	3,57	4,02	3,3458333	1,250	125,000	-4,015
200	50,17	49,53	5,48	5,48	5,48	4,5666667	1,389	138,889	-5,480
220	47,27	46,63	8,38	8,38	8,38	6,9833333	1,528	152,778	-8,380
240	45,2	41,81	10,45	13,20	11,83	9,8541667	1,667	166,667	-11,825
260	39,63	37,92	16,02	17,09	16,56	13,795833	1,806	180,556	-16,555
280	35,58	34,94	20,07	20,07	20,07	16,725	1,944	194,444	-20,070
300	32,9	30,59	22,75	24,42	23,59	19,654167	2,083	208,333	-23,585
320	27,84	25,28	27,81	29,73	28,77	23,975	2,222	222,222	-28,770
340	22,79	20,48	32,86	34,53	33,70	28,079167	2,361	236,111	-33,695
360	17,06	15,75	38,59	39,26	38,93	32,4375	2,500	250,000	-38,925
380	12,68	10,58	42,97	44,43	43,70	36,416667	2,639	263,889	-43,700
400	8,68	6,12	46,97	48,89	47,93	39,941667	2,778	277,778	-47,930
420	40,95	42,46	51,55	53,79	52,67	43,891667	2,917	291,667	-52,670
440	34,08	35,39	58,42	60,86	59,64	49,7	3,056	305,556	-59,640
460	26,29	27,54	66,21	68,71	67,46	56,216667	3,194	319,444	-67,460



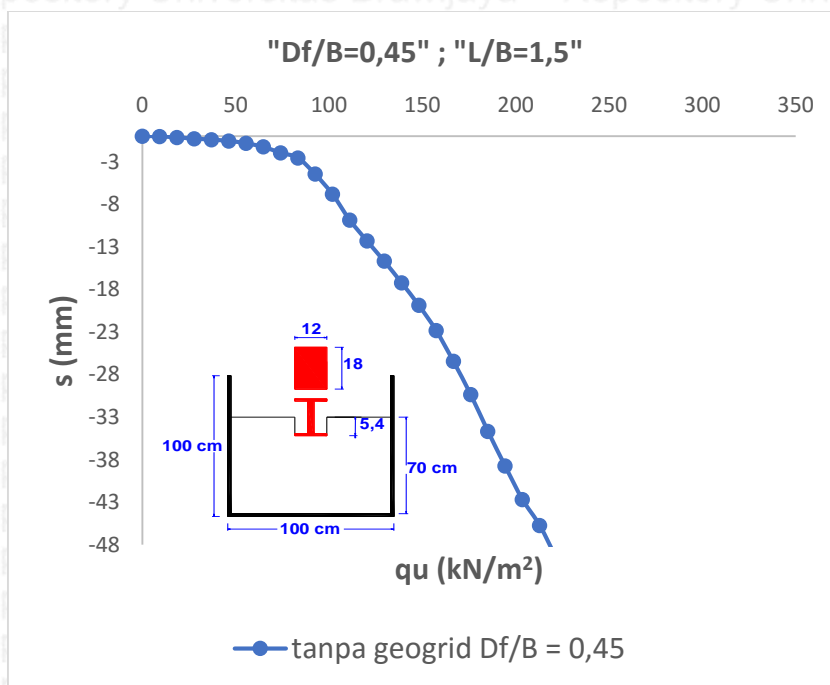
$L/B = 1,5$; $Df/B = 0,3$; $B = 12 \text{ cm}$

Beban (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	y
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	55,54	54,92	0,00	0,00	0,00	0	0,000	0,000	0,000
20	55,54	54,87	0,00	0,05	0,03	0,020833	0,093	9,259	-0,025
40	55,43	54,81	0,11	0,11	0,11	0,091667	0,185	18,519	-0,110
60	55,38	54,76	0,16	0,16	0,16	0,133333	0,278	27,778	-0,160
80	55,26	54,74	0,28	0,18	0,23	0,191667	0,370	37,037	-0,230
100	55,16	54,54	0,38	0,38	0,38	0,316667	0,463	46,296	-0,380
120	54,33	54,01	1,21	0,91	1,06	0,883333	0,556	55,556	-1,060
140	53,08	53,07	2,46	1,85	2,16	1,795833	0,648	64,815	-2,155
160	52,09	51,47	3,45	3,45	3,45	2,875	0,741	74,074	-3,450
180	49,44	50,04	6,10	4,88	5,49	4,575	0,833	83,333	-5,490
200	46,84	46,22	8,70	8,70	8,70	7,25	0,926	92,593	-8,700
220	43,32	42,7	12,22	12,22	12,22	10,18333	1,019	101,852	-12,220
240	42,25	38,13	13,29	16,79	15,04	12,53333	1,111	111,111	-15,040
260	38,56	36,8	16,98	18,12	17,55	14,625	1,204	120,370	-17,550
280	34,57	33,95	20,97	20,97	20,97	17,475	1,296	129,630	-20,970
300	32,78	30,49	22,76	24,43	23,60	19,6625	1,389	138,889	-23,595
320	29,1	26,65	26,44	28,27	27,36	22,79583	1,481	148,148	-27,355
340	25,21	23,05	30,33	31,87	31,10	25,91667	1,574	157,407	-31,100
360	20,27	19,05	35,27	35,87	35,57	29,64167	1,667	166,667	-35,570
380	14,73	12,72	40,81	42,20	41,51	34,5875	1,759	175,926	-41,505
400	11,21	8,58	44,33	46,34	45,34	37,77917	1,852	185,185	-45,335
420	7,09	4,17	48,45	50,75	49,60	41,33333	1,944	194,444	-49,600
440	45,44	46,25	51,73	54,08	52,91	44,0875	2,037	203,704	-52,905
460	39,96	40,79	57,21	59,54	58,38	48,64583	2,130	212,963	-58,375
480	38,97	29,36	58,20	70,97	64,59	53,82083	2,222	222,222	-64,585



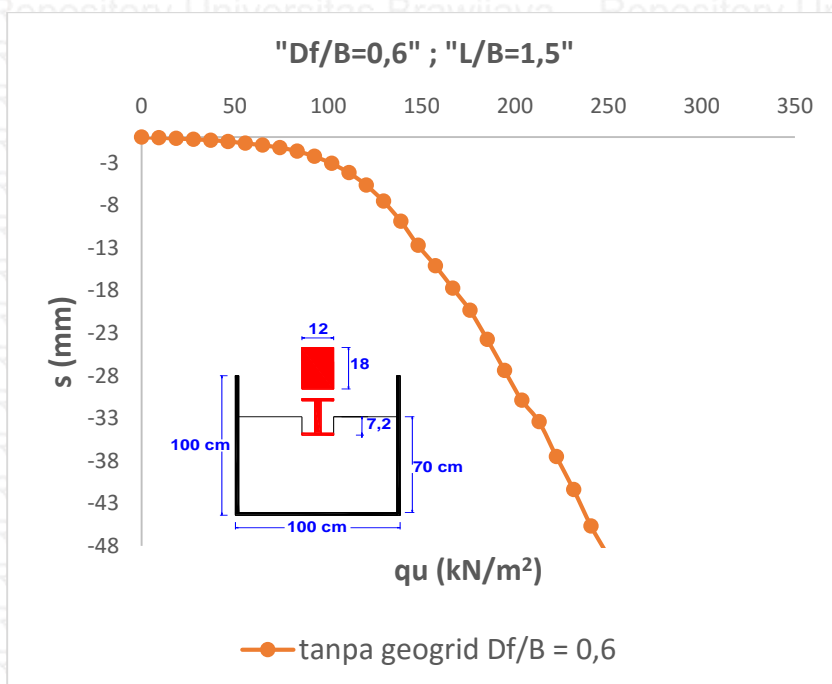
$L/B = 1,5$; $Df/B = 0,45$; $B = 12$ cm

Beban (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	y
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	54,14	55,01	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
20	54,14	54,94	0,00	0,07	0,04	0,029	0,093	9,259	-0,035
40	53,97	54,84	0,17	0,17	0,17	0,142	0,185	18,519	-0,170
60	53,85	54,71	0,29	0,30	0,29	0,246	0,278	27,778	-0,295
80	53,62	54,67	0,52	0,34	0,43	0,358	0,370	37,037	-0,430
100	53,57	54,44	0,57	0,57	0,57	0,475	0,463	46,296	-0,570
120	53,16	54,28	0,98	0,73	0,86	0,713	0,556	55,556	-0,855
140	52,7	53,93	1,44	1,08	1,26	1,050	0,648	64,815	-1,260
160	52,17	53,04	1,97	1,97	1,97	1,642	0,741	74,074	-1,970
180	51,3	52,73	2,84	2,28	2,56	2,133	0,833	83,333	-2,560
200	49,68	50,54	4,46	4,47	4,47	3,721	0,926	92,593	-4,465
220	47,33	48,19	6,81	6,82	6,82	5,679	1,019	101,852	-6,815
240	45,44	44,02	8,70	10,99	9,85	8,204	1,111	111,111	-9,845
260	42,23	42,3	11,91	12,71	12,31	10,258	1,204	120,370	-12,310
280	39,45	40,32	14,69	14,69	14,69	12,242	1,296	129,630	-14,690
300	37,53	37,18	16,61	17,83	17,22	14,350	1,389	138,889	-17,220
320	34,94	34,48	19,20	20,53	19,87	16,554	1,481	148,148	-19,865
340	31,89	31,63	22,25	23,38	22,82	19,013	1,574	157,407	-22,815
360	27,92	28,34	26,22	26,67	26,45	22,038	1,667	166,667	-26,445
380	24,31	24,16	29,83	30,85	30,34	25,283	1,759	175,926	-30,340
400	20,25	19,58	33,89	35,43	34,66	28,883	1,852	185,185	-34,660
420	16,28	15,36	37,86	39,65	38,76	32,296	1,944	194,444	-38,755
440	12,41	11,38	41,73	43,63	42,68	35,567	2,037	203,704	-42,680
460	9,33	8,37	44,81	46,64	45,73	38,104	2,130	212,963	-45,725
480	55,44	42,79	44,92	54,78	49,85	41,542	2,222	222,222	-49,850
500	51,03	37,28	49,33	60,29	54,81	45,675	2,315	231,481	-54,810
520	43,08	36,74	57,28	60,83	59,06	49,213	2,407	240,741	-59,055
540	39,26	32,69	61,10	64,88	62,99	52,492	2,500	250,000	-62,990



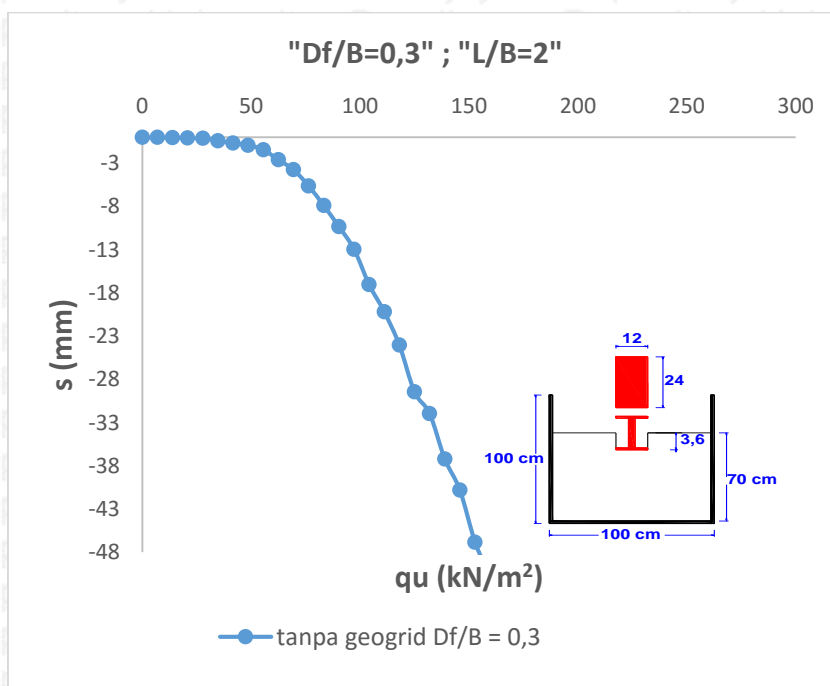
$L/B = 1,5$; $Df/B = 0,6$; $B = 12$ cm

Beban (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	y
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	54,83	54,19	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
20	54,83	54,06	0,00	0,13	0,07	0,054	0,093	9,259	-0,065
40	54,68	54,04	0,15	0,15	0,15	0,125	0,185	18,519	-0,150
60	54,58	53,94	0,25	0,25	0,25	0,208	0,278	27,778	-0,250
80	54,41	53,91	0,42	0,28	0,35	0,292	0,370	37,037	-0,350
100	54,33	53,69	0,50	0,50	0,50	0,417	0,463	46,296	-0,500
120	54,02	53,56	0,81	0,63	0,72	0,600	0,556	55,556	-0,720
140	53,75	53,38	1,08	0,81	0,95	0,788	0,648	64,815	-0,945
160	53,6	52,96	1,23	1,23	1,23	1,025	0,741	74,074	-1,230
180	53,01	52,73	1,82	1,46	1,64	1,367	0,833	83,333	-1,640
200	52,58	51,94	2,25	2,25	2,25	1,875	0,926	92,593	-2,250
220	51,74	51,1	3,09	3,09	3,09	2,575	1,019	101,852	-3,090
240	51,14	49,53	3,69	4,66	4,18	3,479	1,111	111,111	-4,175
260	49,38	48,38	5,45	5,81	5,63	4,692	1,204	120,370	-5,630
280	47,3	46,66	7,53	7,53	7,53	6,275	1,296	129,630	-7,530
300	45,31	43,96	9,52	10,23	9,88	8,229	1,389	138,889	-9,875
320	42,54	41,05	12,29	13,14	12,72	10,596	1,481	148,148	-12,715
340	40,1	38,71	14,73	15,48	15,11	12,588	1,574	157,407	-15,105
360	37,26	36,31	17,57	17,88	17,73	14,771	1,667	166,667	-17,725
380	34,83	33,51	20,00	20,68	20,34	16,950	1,759	175,926	-20,340
400	31,61	29,92	23,22	24,27	23,75	19,788	1,852	185,185	-23,745
420	28,08	26,17	26,75	28,02	27,39	22,821	1,944	194,444	-27,385
440	24,61	22,6	30,22	31,59	30,91	25,754	2,037	203,704	-30,905
460	22,07	20,09	32,76	34,10	33,43	27,858	2,130	212,963	-33,430
480	21,03	12,97	33,80	41,22	37,51	31,258	2,222	222,222	-37,510
500	17,57	8,64	37,26	45,55	41,41	34,504	2,315	231,481	-41,405
520	10,54	7,16	44,29	47,03	45,66	38,050	2,407	240,741	-45,660
540	6,99	3,39	47,84	50,80	49,32	41,100	2,500	250,000	-49,320
560	49,27	49,9	52,39	55,63	54,01	45,008	2,593	259,259	-54,010
580	45,28	45,66	56,38	59,87	58,13	48,438	2,685	268,519	-58,125
600	39,49	39,51	62,17	66,02	64,10	53,413	2,778	277,778	-64,095



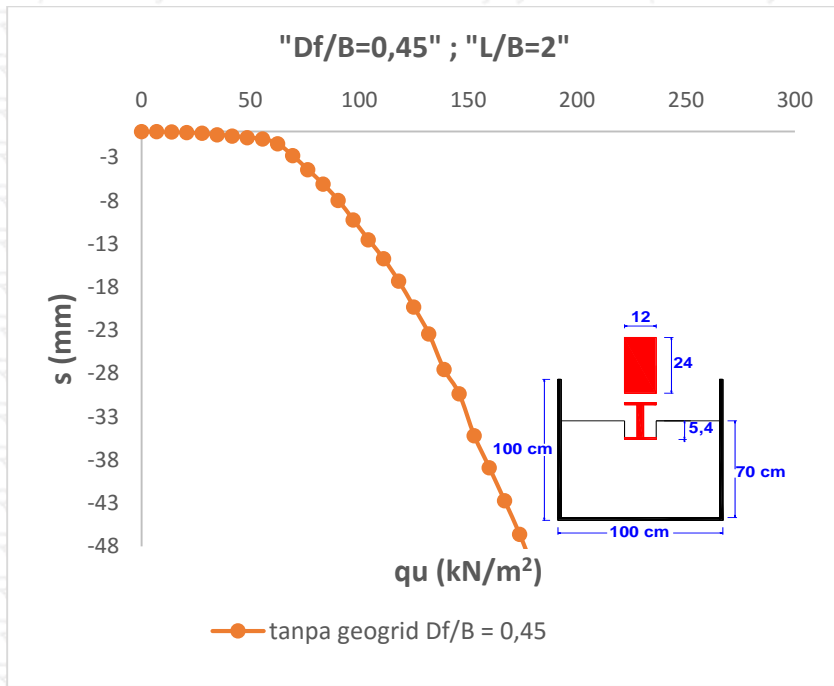
$L/B = 2$; $D_f/B = 0,3$; $B = 12$ cm

Beban (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	y
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	55,56	54,93	0,00	0,00	0,00	0	0,000	0,000	0,000
20	55,56	54,91	0,00	0,02	0,01	0,008333	0,069	6,944	-0,010
40	55,53	54,9	0,03	0,03	0,03	0,025	0,139	13,889	-0,030
60	55,5	54,87	0,06	0,06	0,06	0,05	0,208	20,833	-0,060
80	55,42	54,84	0,14	0,09	0,12	0,095833	0,278	27,778	-0,115
100	55,17	54,54	0,39	0,39	0,39	0,325	0,347	34,722	-0,390
120	54,81	54,37	0,75	0,56	0,66	0,545833	0,417	41,667	-0,655
140	54,52	54,15	1,04	0,78	0,91	0,758333	0,486	48,611	-0,910
160	54,14	53,51	1,42	1,42	1,42	1,183333	0,556	55,556	-1,420
180	52,67	52,62	2,89	2,31	2,60	2,166667	0,625	62,500	-2,600
200	51,83	51,19	3,73	3,74	3,74	3,1125	0,694	69,444	-3,735
220	49,95	49,32	5,61	5,61	5,61	4,675	0,764	76,389	-5,610
240	48,59	46,13	6,97	8,80	7,89	6,570833	0,833	83,333	-7,885
260	45,58	44,28	9,98	10,65	10,32	8,595833	0,903	90,278	-10,315
280	42,62	41,99	12,94	12,94	12,94	10,783333	0,972	97,222	-12,940
300	39,14	37,31	16,42	17,62	17,02	14,183333	1,042	104,167	-17,020
320	36,05	34,06	19,51	20,87	20,19	16,825	1,111	111,111	-20,190
340	32,13	30,31	23,43	24,62	24,03	20,02083	1,181	118,056	-24,025
360	26,36	25,23	29,20	29,70	29,45	24,54167	1,250	125,000	-29,450
380	24,15	22,45	31,41	32,48	31,95	26,62083	1,319	131,944	-31,945
400	19,18	16,9	36,38	38,03	37,21	31,00417	1,389	138,889	-37,205
420	15,71	13,18	39,85	41,75	40,80	34	1,458	145,833	-40,800
440	9,77	7,06	45,79	47,87	46,83	39,025	1,528	152,778	-46,830
460	49,35	50,61	50,08	52,12	51,10	42,58333	1,597	159,722	-51,100
480	44,41	41,92	55,02	60,81	57,92	48,2625	1,667	166,667	-57,915
500	39,85	38,19	59,58	64,54	62,06	51,71667	1,736	173,611	-62,060
520	33,6	31,41	65,83	71,32	68,58	57,14583	1,806	180,556	-68,575
540	27,71	25,04	71,72	77,69	74,71	62,25417	1,875	187,500	-74,705



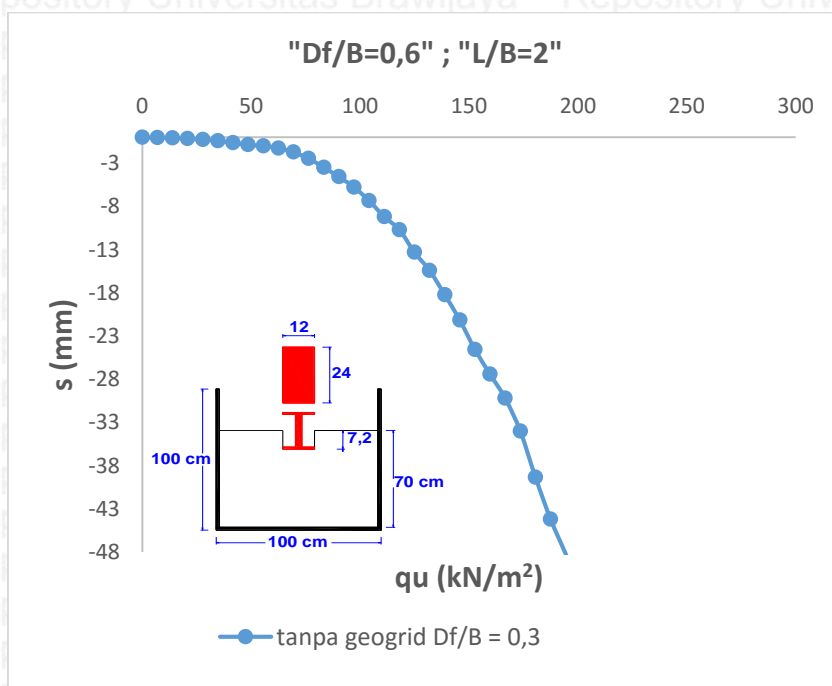
L/B = 2; Df/B = 0,45; B = 12 cm

Beban (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	y
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	55,53	54,9	0,00	0,00	0,00	0	0,000	0,000	0,000
20	55,53	54,88	0,00	0,02	0,01	0,008333	0,069	6,944	-0,010
40	55,49	54,86	0,04	0,04	0,04	0,033333	0,139	13,889	-0,040
60	55,42	54,79	0,11	0,11	0,11	0,091667	0,208	20,833	-0,110
80	55,28	54,74	0,25	0,16	0,21	0,170833	0,278	27,778	-0,205
100	55,16	54,53	0,37	0,37	0,37	0,308333	0,347	34,722	-0,370
120	54,92	54,44	0,61	0,46	0,54	0,445833	0,417	41,667	-0,535
140	54,72	54,29	0,81	0,61	0,71	0,591667	0,486	48,611	-0,710
160	54,66	54,03	0,87	0,87	0,87	0,725	0,556	55,556	-0,870
180	53,96	53,64	1,57	1,26	1,42	1,179167	0,625	62,500	-1,415
200	52,73	52,1	2,80	2,80	2,80	2,333333	0,694	69,444	-2,800
220	51,1	50,47	4,43	4,43	4,43	3,691667	0,764	76,389	-4,430
240	50,16	48,12	5,37	6,78	6,08	5,0625	0,833	83,333	-6,075
260	47,84	46,69	7,69	8,21	7,95	6,625	0,903	90,278	-7,950
280	45,31	44,68	10,22	10,22	10,22	8,516667	0,972	97,222	-10,220
300	43,47	41,95	12,06	12,95	12,51	10,42083	1,042	104,167	-12,505
320	41,31	39,69	14,22	15,21	14,72	12,2625	1,111	111,111	-14,715
340	38,66	37,17	16,87	17,73	17,30	14,41667	1,181	118,056	-17,300
360	35,4	34,43	20,13	20,47	20,30	16,91667	1,250	125,000	-20,300
380	32,5	31,09	23,03	23,81	23,42	19,51667	1,319	131,944	-23,420
400	28,61	26,76	26,92	28,14	27,53	22,94167	1,389	138,889	-27,530
420	25,9	23,86	29,63	31,04	30,34	25,27917	1,458	145,833	-30,335
440	21,12	18,93	34,41	35,97	35,19	29,325	1,528	152,778	-35,190
460	17,4	15,21	38,13	39,69	38,91	32,425	1,597	159,722	-38,910
480	15,82	9,21	39,71	45,69	42,70	35,58333	1,667	166,667	-42,700
500	10,33	6,91	45,20	47,99	46,60	38,82917	1,736	173,611	-46,595
520	50,41	49,72	49,44	52,50	50,97	42,475	1,806	180,556	-50,970
540	46,88	45,97	52,97	56,25	54,61	45,50833	1,875	187,500	-54,610
560	42,58	41,41	57,27	60,81	59,04	49,2	1,944	194,444	-59,040
580	36,82	35,3	63,03	66,92	64,98	54,14583	2,014	201,389	-64,975
600	28,92	26,91	70,93	75,31	73,12	60,93333	2,083	208,333	-73,120

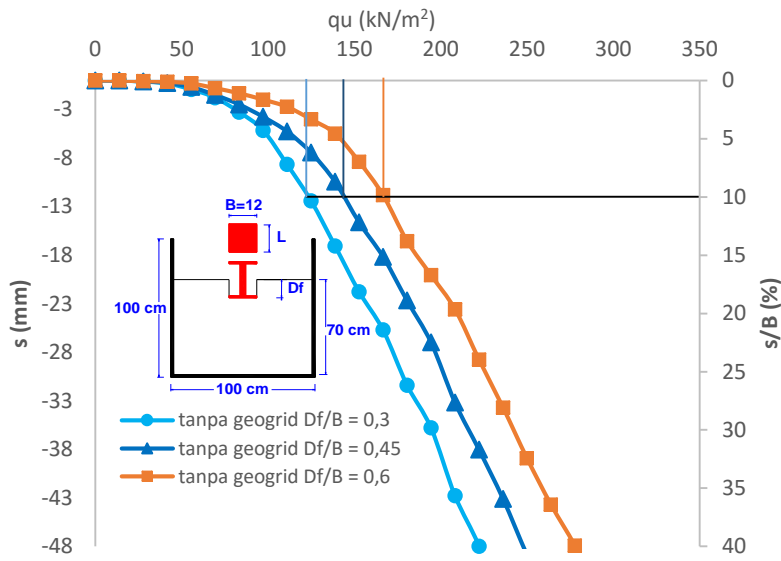


$L/B = 2$; $D_f/B = 0,6$; $B = 12$ cm

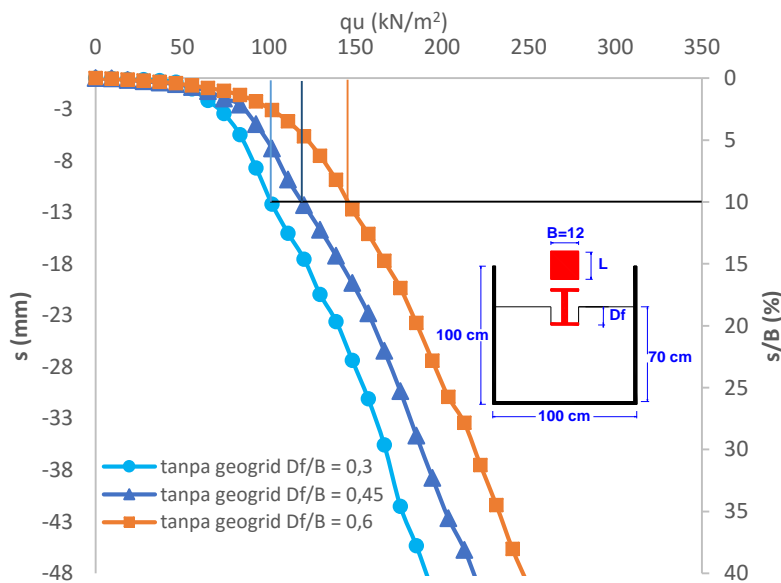
Beban (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	y
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	51,02	53,96	0,00	0,00	0,00	0	0,000	0,000	0,000
20	51,02	53,92	0,00	0,04	0,02	0,0166667	0,069	6,944	-0,020
40	50,96	53,9	0,06	0,06	0,06	0,05	0,139	13,889	-0,060
60	50,86	53,8	0,16	0,16	0,16	0,1333333	0,208	20,833	-0,160
80	50,7	53,75	0,32	0,21	0,27	0,2208333	0,278	27,778	-0,265
100	50,62	53,56	0,40	0,40	0,40	0,3333333	0,347	34,722	-0,400
120	50,28	53,41	0,74	0,55	0,65	0,5375	0,417	41,667	-0,645
140	50,04	53,22	0,98	0,74	0,86	0,7166667	0,486	48,611	-0,860
160	50,12	52,83	0,90	1,13	1,02	0,8458333	0,556	55,556	-1,015
180	49,64	52,86	1,38	1,10	1,24	1,0333333	0,625	62,500	-1,240
200	49,3	52,24	1,72	1,72	1,72	1,4333333	0,694	69,444	-1,720
220	48,56	51,5	2,46	2,46	2,46	2,05	0,764	76,389	-2,460
240	47,95	50,09	3,07	3,87	3,47	2,8916667	0,833	83,333	-3,470
260	46,6	49,24	4,42	4,72	4,57	3,8083333	0,903	90,278	-4,570
280	45,26	48,2	5,76	5,76	5,76	4,8	0,972	97,222	-5,760
300	43,95	46,37	7,07	7,59	7,33	6,1083333	1,042	104,167	-7,330
320	42,13	44,46	8,89	9,50	9,20	7,6625	1,111	111,111	-9,195
340	40,6	43,01	10,42	10,95	10,69	8,9041667	1,181	118,056	-10,685
360	37,83	40,54	13,19	13,42	13,31	11,0875	1,250	125,000	-13,305
380	35,87	38,29	15,15	15,67	15,41	12,841667	1,319	131,944	-15,410
400	33,22	35,35	17,80	18,61	18,21	15,170833	1,389	138,889	-18,205
420	30,35	32,31	20,67	21,65	21,16	17,633333	1,458	145,833	-21,160
440	27,02	28,86	24,00	25,10	24,55	20,458333	1,528	152,778	-24,550
460	24,13	26,03	26,89	27,93	27,41	22,841667	1,597	159,722	-27,410
480	22,33	22,25	28,69	31,71	30,20	25,166667	1,667	166,667	-30,200
500	18,72	18,26	32,30	35,70	34,00	28,333333	1,736	173,611	-34,000
520	12,87	13,45	38,15	40,51	39,33	32,775	1,806	180,556	-39,330
540	8,17	8,46	42,85	45,50	44,18	36,8125	1,875	187,500	-44,175
560	4,26	4,31	46,76	49,65	48,21	40,170833	1,944	194,444	-48,205
580	47,14	47,13	50,76	53,89	52,33	43,604167	2,014	201,389	-52,325
600	44,14	43,94	53,76	57,08	55,42	46,183333	2,083	208,333	-55,420
620	38,73	38,19	59,17	62,83	61,00	50,833333	2,153	215,278	-61,000
640	32,76	31,85	65,14	69,17	67,16	55,9625	2,222	222,222	-67,155



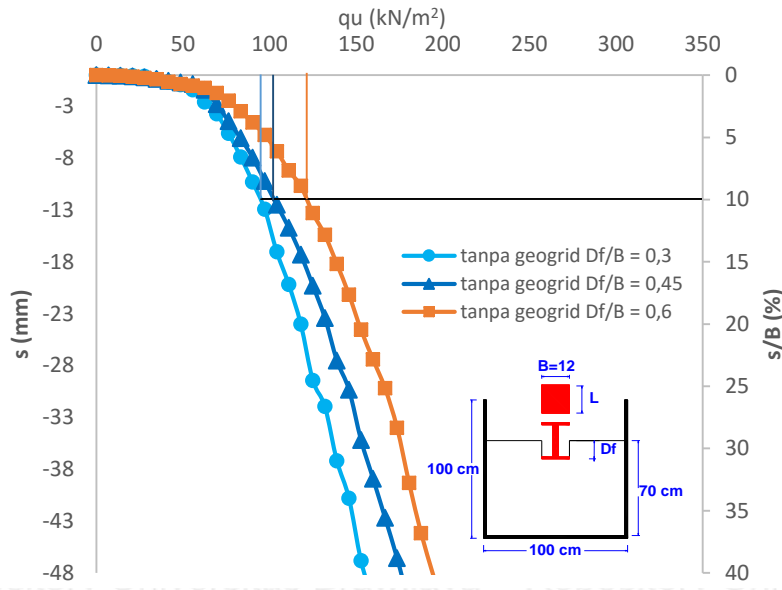
PERBANDINGAN VARIASI "Df/B" DENGAN
"L/B=1"



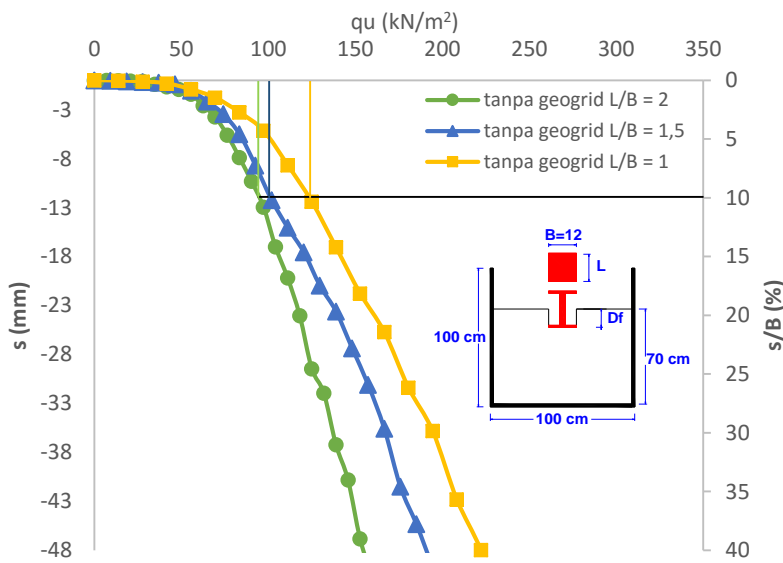
PERBANDINGAN VARIASI "Df/B" DENGAN
"L/B=1,5"



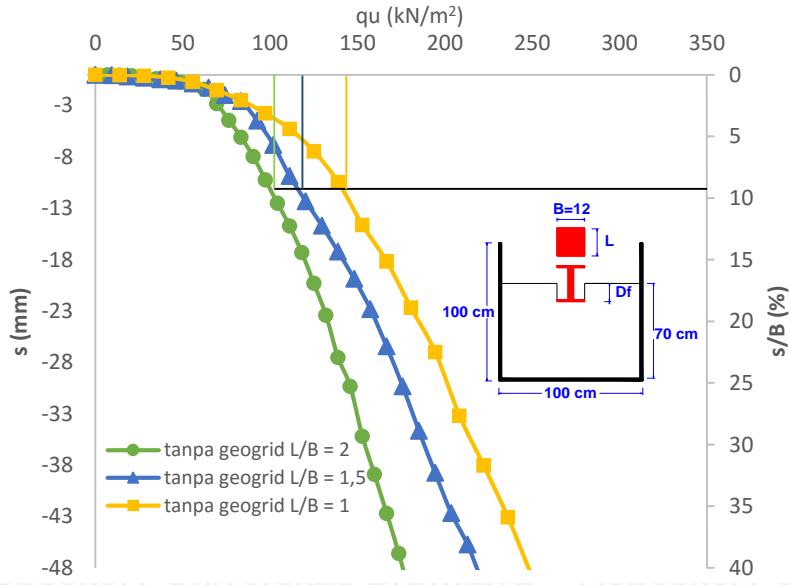
PERBANDINGAN VARIASI "Df/B" DENGAN "L/B=2"



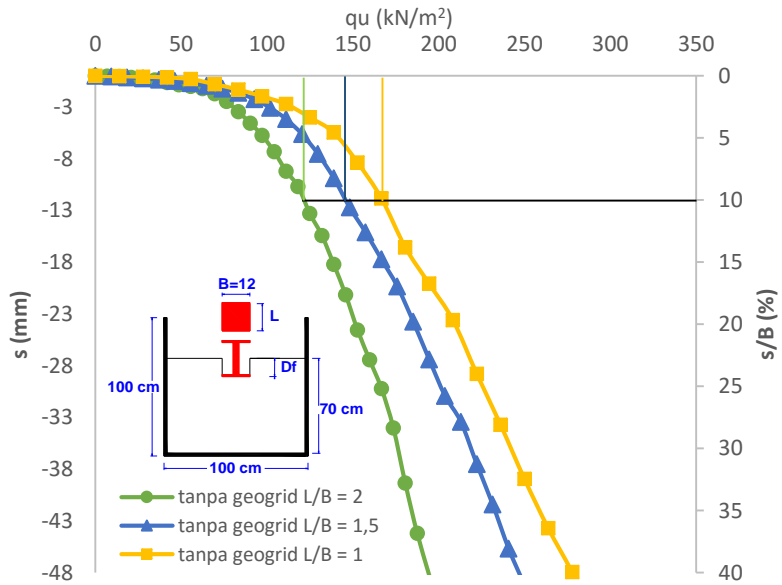
PERBANDINGAN VARIASI "L/B" DENGAN "Df/B=0,3"



PERBANDINGAN VARIASI "L/B" DENGAN
"Df/B=0,45"



PERBANDINGAN VARIASI "L/B" DENGAN
"Df/B=0,6"



Dengan Perkuatan

$L/B = 1$; $D_f/B = 0,3$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12 \text{ cm}$

P (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	s
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	54,55	54,73	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0
20	54,42	54,68	0,13	0,05	0,09	0,075	0,139	13,889	-0,09
40	54	54,55	0,55	0,18	0,365	0,304	0,278	27,778	-0,365
60	53,68	54,43	0,87	0,3	0,585	0,487	0,417	41,667	-0,585
80	53,54	54,29	1,01	0,44	0,725	0,604	0,556	55,556	-0,725
100	53,23	54,15	1,32	0,58	0,95	0,792	0,694	69,444	-0,95
120	52,66	53,94	1,89	0,79	1,34	1,117	0,833	83,333	-1,34
140	51,21	53,7	3,34	1,03	2,185	1,821	0,972	97,222	-2,185
160	51,41	53,45	3,14	1,28	2,21	1,842	1,111	111,111	-2,21
180	51,06	53,2	3,49	1,53	2,51	2,092	1,250	125,000	-2,51
200	50,87	52,92	3,68	1,81	2,745	2,288	1,389	138,889	-2,745
220	50,33	52,23	4,22	2,5	3,36	2,800	1,528	152,778	-3,36
240	49,21	52,01	5,34	2,72	4,03	3,358	1,667	166,667	-4,03
260	48,01	51,5	6,54	3,23	4,885	4,071	1,806	180,556	-4,885
280	46,01	51,48	8,54	3,25	5,895	4,913	1,944	194,444	-5,895
300	45,13	51,12	9,42	3,61	6,515	5,429	2,083	208,333	-6,515
320	44,5	50,73	10,05	4	7,025	5,854	2,222	222,222	-7,025
340	43,17	50,31	11,38	4,42	7,9	6,583	2,361	236,111	-7,9
360	42,07	49,84	12,48	4,89	8,685	7,238	2,500	250,000	-8,685
380	41	49,35	13,55	5,38	9,465	7,888	2,639	263,889	-9,465
400	40,01	48,87	14,54	5,86	10,2	8,500	2,778	277,778	-10,2
420	38,97	48,32	15,58	6,41	10,995	9,163	2,917	291,667	-10,995
440	37,83	47,58	16,72	7,15	11,935	9,946	3,056	305,556	-11,935
460	36,6	46,5	17,95	8,23	13,09	10,908	3,194	319,444	-13,09
480	34,92	44,73	19,63	10	14,815	12,346	3,333	333,333	-14,815
500	33,58	43,16	20,97	11,57	16,27	13,558	3,472	347,222	-16,27
520	32,03	41,25	22,52	13,48	18	15,000	3,611	361,111	-18
540	30	39,01	24,55	15,72	20,135	16,779	3,750	375,000	-20,135
560	27,77	36,61	26,78	18,12	22,45	18,708	3,889	388,889	-22,45
580	25,54	34,34	29,01	20,39	24,7	20,583	4,028	402,778	-24,7
600	22,8	31,5	31,75	23,23	27,49	22,908	4,167	416,667	-27,49
620	19,33	27,33	35,22	27,4	31,31	26,092	4,306	430,556	-31,31
640	15,84	24,32	38,71	30,41	34,56	28,800	4,444	444,444	-34,56
660	12,36	20,7	42,19	34,03	38,11	31,758	4,583	458,333	-38,11
680	7,95	16,2	46,6	38,53	42,565	35,471	4,722	472,222	-42,565
700	4,31	12,42	50,24	42,31	46,275	38,563	4,861	486,111	-46,275
720	44,2	49,04	55,37	45,01	50,19	41,825	5,000	500,000	-50,19
740	40,27	46,7	59,3	47,35	53,325	44,438	5,139	513,889	-53,325
760	37,15	43,5	62,42	50,55	56,485	47,071	5,278	527,778	-56,485
780	32,9	39,32	66,67	54,73	60,7	50,583	5,417	541,667	-60,7
800	31,11	36,8	68,46	57,25	62,855	52,379	5,556	555,556	-62,855
820	27,78	33,5	71,79	60,55	66,17	55,142	5,694	569,444	-66,17
840	25,74	31,33	73,83	62,72	68,275	56,896	5,833	583,333	-68,275
860	22,13	27,6	77,44	66,45	71,945	59,954	5,972	597,222	-71,945
880	20,36	25,92	79,21	68,13	73,67	61,392	6,111	611,111	-73,67
900	17,84	23,8	81,73	70,25	75,99	63,325	6,250	625,000	-75,99
920	15,23	20,85	84,34	73,2	78,77	65,642	6,389	638,889	-78,77
940	13,39	18,87	86,18	75,18	80,68	67,233	6,528	652,778	-80,68
960	10,8	16,3	88,77	77,75	83,26	69,383	6,667	666,667	-83,26
980	9,34	14,24	90,23	79,81	85,02	70,850	6,806	680,556	-85,02
1000	6,72	12,12	92,85	81,93	87,39	72,825	6,944	694,444	-87,39
1020	4,14	9,6	95,43	84,45	89,94	74,950	7,083	708,333	-89,94
1040	2,31	7,75	97,26	86,3	91,78	76,483	7,222	722,222	-91,78
1060	0,94	6,39	98,63	87,66	93,145	77,621	7,361	736,111	-93,145

L/B = 1; Df/B = 0,45; u/B = 0,3; h/B=0,25; B = 12 cm

P (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	s
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	51,66	52,21	0	0	0	0	0	0	0
20	51,53	52,2	0,13	0,01	0,07	0,058333333	0,138888889	13,88888889	-0,07
40	51,33	52,19	0,33	0,02	0,175	0,145833333	0,277777778	27,77777778	-0,175
60	50,79	52,13	0,87	0,08	0,475	0,395833333	0,416666667	41,66666667	-0,475
80	50,39	52,01	1,27	0,2	0,735	0,6125	0,555555556	55,55555556	-0,735
100	50,02	51,86	1,64	0,35	0,995	0,829166667	0,694444444	69,44444444	-0,995
120	49,08	51,27	2,58	0,94	1,76	1,466666667	0,833333333	83,33333333	-1,76
140	48,7	50,77	2,96	1,44	2,2	1,833333333	0,972222222	97,22222222	-2,2
160	48,37	50,77	3,29	1,44	2,365	1,970833333	1,111111111	111,1111111	-2,365
180	48	50,56	3,66	1,65	2,655	2,2125	1,25	125	-2,655
200	47,54	50,32	4,12	1,89	3,005	2,504166667	1,388888889	138,8888889	-3,005
220	47,04	50,1	4,62	2,11	3,365	2,804166667	1,527777778	152,7777778	-3,365
240	46,44	49,83	5,22	2,38	3,8	3,166666667	1,666666667	166,6666667	-3,8
260	45,72	49,55	5,94	2,66	4,3	3,583333333	1,805555556	180,5555556	-4,3
280	45,21	49,33	6,45	2,88	4,665	3,8875	1,944444444	194,4444444	-4,665
300	44,45	49,03	7,21	3,18	5,195	4,329166667	2,083333333	208,3333333	-5,195
320	43,9	48,79	7,76	3,42	5,59	4,658333333	2,222222222	222,2222222	-5,59
340	43,13	48,45	8,53	3,76	6,145	5,120833333	2,361111111	236,1111111	-6,145
360	42,36	48,1	9,3	4,11	6,705	5,5875	2,5	250	-6,705
380	41,6	47,69	10,06	4,52	7,29	6,075	2,638888889	263,8888889	-7,29
400	40,84	47,13	10,82	5,08	7,95	6,625	2,777777778	277,7777778	-7,95
420	39,47	46,09	12,19	6,12	9,155	7,629166667	2,916666667	291,6666667	-9,155
440	38,81	45,47	12,85	6,74	9,795	8,1625	3,055555556	305,5555556	-9,795
460	38,11	44,74	13,55	7,47	10,51	8,758333333	3,194444444	319,4444444	-10,51
480	37,04	43,62	14,62	8,59	11,605	9,670833333	3,333333333	333,3333333	-11,605
500	36,25	42,7	15,41	9,51	12,46	10,38333333	3,472222222	347,2222222	-12,46
520	35,28	41,7	16,38	10,51	13,445	11,20416667	3,611111111	361,1111111	-13,445
540	34,21	40,55	17,45	11,66	14,555	12,12916667	3,75	375	-14,555
560	32,97	39,26	18,69	12,95	15,82	13,18333333	3,888888889	388,8888889	-15,82
580	31,41	37,79	20,25	14,42	17,335	14,44583333	4,027777778	402,7777778	-17,335
600	30,23	36,66	21,43	15,55	18,49	15,40833333	4,166666667	416,6666667	-18,49
620	29,16	35,62	22,5	16,59	19,545	16,2875	4,305555556	430,5555556	-19,545
640	26,31	32,87	25,35	19,34	22,345	18,62083333	4,444444444	444,4444444	-22,345
660	23,15	29,78	28,51	22,43	25,47	21,225	4,583333333	458,3333333	-25,47
680	21,22	27,94	30,44	24,27	27,355	22,79583333	4,722222222	472,2222222	-27,355
700	18,55	25,44	33,11	26,77	29,94	24,95	4,861111111	486,1111111	-29,94
720	16,53	23,53	35,13	28,68	31,905	26,5875	5	500	-31,905
740	14,13	21,26	37,53	30,95	34,24	28,53333333	5,138888889	513,8888889	-34,24
760	11,51	18,76	40,15	33,45	36,8	30,66666667	5,277777778	527,7777778	-36,8
780	9,43	16,84	42,23	35,37	38,8	32,33333333	5,416666667	541,6666667	-38,8
800	6,85	14,32	44,81	37,89	41,35	34,45833333	5,555555556	555,5555556	-41,35
820	4,56	12,25	47,1	39,96	43,53	36,275	5,694444444	569,4444444	-43,53
840	48,22	50,97	48,89	42,16	45,525	37,9375	5,833333333	583,3333333	-45,525
860	45,87	48,78	51,24	44,35	47,795	39,82916667	5,972222222	597,2222222	-47,795
880	43	48,29	54,11	44,84	49,475	41,22916667	6,111111111	611,1111111	-49,475
900	42,65	48,97	54,46	44,16	49,31	41,09166667	6,25	625	-49,31
920	40,88	48,14	56,23	44,99	50,61	42,175	6,388888889	638,8888889	-50,61
940	36,12	43,95	60,99	49,18	55,085	45,90416667	6,527777778	652,7777778	-55,085
960	34,83	42,48	62,28	50,65	56,465	47,05416667	6,666666667	666,6666667	-56,465
980	32,82	40,3	64,29	52,83	58,56	48,8	6,805555556	680,5555556	-58,56
1000	30,82	38,24	66,29	54,89	60,59	50,49166667	6,944444444	694,4444444	-60,59
1020	26,55	34,05	70,56	59,08	64,82	54,01666667	7,083333333	708,3333333	-64,82
1040	24,99	32,51	72,12	60,62	66,37	55,30833333	7,222222222	722,2222222	-66,37
1060	22,51	30,05	74,6	63,08	68,84	57,36666667	7,361111111	736,1111111	-68,84

L/B = 1; Df/B = 0,6; u/B= 0,3; h/B=0,25; B = 12 cm

P (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	s
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	55,41	50,19	0	0	0	0	0	0	0
20	55,41	50,06	0	0,13	0,065	0,054166667	0,138888889	13,88888889	-0,065
40	55,41	49,84	0	0,35	0,175	0,145833333	0,277777778	27,77777778	-0,175
60	55,4	49,67	0,01	0,52	0,265	0,220833333	0,416666667	41,66666667	-0,265
80	55,49	49,53	-0,08	0,66	0,29	0,241666667	0,555555556	55,55555556	-0,29
100	55,22	49,33	0,19	0,86	0,525	0,4375	0,694444444	69,44444444	-0,525
120	55,03	49,06	0,38	1,13	0,755	0,629166667	0,833333333	83,33333333	-0,755
140	54,88	48,75	0,53	1,44	0,985	0,820833333	0,972222222	97,22222222	-0,985
160	54,75	48,48	0,66	1,71	1,185	0,9875	1,111111111	111,1111111	-1,185
180	54,6	48,17	0,81	2,02	1,415	1,179166667	1,25	125	-1,415
200	54,41	47,83	1	2,36	1,68	1,4	1,388888889	138,8888889	-1,68
220	54,21	47,5	1,2	2,69	1,945	1,620833333	1,527777778	152,7777778	-1,945
240	53,94	47,1	1,47	3,09	2,28	1,9	1,666666667	166,6666667	-2,28
260	53,64	46,62	1,77	3,57	2,67	2,225	1,805555556	180,5555556	-2,67
280	53,42	46,15	1,99	4,04	3,015	2,5125	1,944444444	194,4444444	-3,015
300	52,98	45,35	2,43	4,84	3,635	3,029166667	2,083333333	208,3333333	-3,635
320	52,71	44,7	2,7	5,49	4,095	3,4125	2,222222222	222,2222222	-4,095
340	52,54	44,3	2,87	5,89	4,38	3,65	2,361111111	236,1111111	-4,38
360	52,21	43,48	3,2	6,71	4,955	4,129166667	2,5	250	-4,955
380	51,96	42,74	3,45	7,45	5,45	4,541666667	2,638888889	263,8888889	-5,45
400	51,62	41,98	3,79	8,21	6	5	2,777777778	277,7777778	-6
420	51,32	41,22	4,09	8,97	6,53	5,441666667	2,916666667	291,6666667	-6,53
440	50,94	40,34	4,47	9,85	7,16	5,966666667	3,055555556	305,5555556	-7,16
460	50,55	39,4	4,86	10,79	7,825	6,520833333	3,194444444	319,4444444	-7,825
480	50,11	38,5	5,3	11,69	8,495	7,079166667	3,333333333	333,3333333	-8,495
500	49,65	37,45	5,76	12,74	9,25	7,708333333	3,472222222	347,2222222	-9,25
520	49,06	36,15	6,35	14,04	10,195	8,495833333	3,611111111	361,1111111	-10,195
540	48,34	34,82	7,07	15,37	11,22	9,35	3,75	375	-11,22
560	47,49	33,25	7,92	16,94	12,43	10,358333333	3,888888889	388,8888889	-12,43
580	46,3	31,9	9,11	18,29	13,7	11,416666667	4,027777778	402,7777778	-13,7
600	44,57	30,27	10,84	19,92	15,38	12,816666667	4,166666667	416,6666667	-15,38
620	42,64	28,25	12,77	21,94	17,355	14,4625	4,305555556	430,5555556	-17,355
640	40,3	26,53	15,11	23,66	19,385	16,154166667	4,444444444	444,4444444	-19,385
660	37,57	23,8	17,84	26,39	22,115	18,429166667	4,583333333	458,3333333	-22,115
680	35,25	21,5	20,16	28,69	24,425	20,354166667	4,722222222	472,2222222	-24,425
700	32,7	18,88	22,71	31,31	27,01	22,508333333	4,861111111	486,1111111	-27,01
720	30,73	17,05	24,68	33,14	28,91	24,091666667	5	500	-28,91
740	28,18	14,44	27,23	35,75	31,49	26,241666667	5,138888889	513,8888889	-31,49
760	25,51	11,67	29,9	38,52	34,21	28,508333333	5,277777778	527,7777778	-34,21
780	24,53	10,82	30,88	39,37	35,125	29,270833333	5,416666667	541,6666667	-35,125
800	21,9	8,63	33,51	41,56	37,535	31,279166667	5,555555556	555,5555556	-37,535
820	52,78	52,11	36,2	44,54	40,37	33,641666667	5,694444444	569,4444444	-40,37
840	50,22	50,81	38,76	45,84	42,3	35,25	5,833333333	583,3333333	-42,3
860	48,37	49,56	40,61	47,09	43,85	36,541666667	5,972222222	597,2222222	-43,85
880	46,52	47,21	42,46	49,44	45,95	38,291666667	6,111111111	611,1111111	-45,95
900	44,62	45,31	44,36	51,34	47,85	39,875	6,25	625	-47,85
920	42,72	43,41	46,26	53,24	49,75	41,458333333	6,388888889	638,8888889	-49,75
940	40,82	41,51	48,16	55,14	51,65	43,041666667	6,527777778	652,7777778	-51,65
960	38,92	39,61	50,06	57,04	53,55	44,625	6,666666667	666,6666667	-53,55
980	37,02	37,71	51,96	58,94	55,45	46,208333333	6,805555556	680,5555556	-55,45
1000	35,12	35,81	53,86	60,84	57,35	47,791666667	6,944444444	694,4444444	-57,35
1020	33,22	33,91	55,76	62,74	59,25	49,375	7,083333333	708,3333333	-59,25
1040	31,32	32,01	57,66	64,64	61,15	50,958333333	7,222222222	722,2222222	-61,15
1060	29,42	30,11	59,56	66,54	63,05	52,541666667	7,361111111	736,1111111	-63,05
1080	27,52	28,21	61,46	68,44	64,95	54,125	7,5	750	-64,95
1100	25,62	26,31	63,36	70,34	66,85	55,708333333	7,638888889	763,8888889	-66,85
1120	23,72	24,41	65,26	72,24	68,75	57,291666667	7,777777778	777,7777778	-68,75
1140	21,82	22,51	67,16	74,14	70,65	58,875	7,916666667	791,6666667	-70,65
1160	19,92	20,61	69,06	76,04	72,55	60,458333333	8,055555556	805,5555556	-72,55
1180	18,02	18,71	70,96	77,94	74,45	62,041666667	8,194444444	819,4444444	-74,45
1200	16,12	16,81	72,86	79,84	76,35	63,625	8,333333333	833,3333333	-76,35
1220	14,22	14,91	74,76	81,74	78,25	65,208333333	8,472222222	847,2222222	-78,25
1240	12,32	13,01	76,66	83,64	80,15	66,791666667	8,611111111	861,1111111	-80,15
1260	10,42	11,11	78,56	85,54	82,05	68,375	8,75	875	-82,05
1280	8,52	9,21	80,46	87,44	83,95	69,958333333	8,888888889	888,8888889	-83,95
1300	6,62	7,31	82,36	89,34	85,85	71,541666667	9,027777778	902,7777778	-85,85

$L/B = 1,5$; $Df/B = 0,3$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12 \text{ cm}$

P (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	s
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	53,14	53,92	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0
20	53,11	53,19	0,03	0,73	0,38	0,317	0,093	9,259	-0,38
40	53,03	53,82	0,11	0,1	0,105	0,088	0,185	18,519	-0,105
60	52,88	53,68	0,26	0,24	0,25	0,208	0,278	27,778	-0,25
80	52,71	53,52	0,43	0,4	0,415	0,346	0,370	37,037	-0,415
100	52,57	53,34	0,57	0,58	0,575	0,479	0,463	46,296	-0,575
120	52,39	53,13	0,75	0,79	0,77	0,642	0,556	55,556	-0,77
140	52,24	52,92	0,9	1	0,95	0,792	0,648	64,815	-0,95
160	52,05	52,69	1,09	1,23	1,16	0,967	0,741	74,074	-1,16
180	51,83	52,45	1,31	1,47	1,39	1,158	0,833	83,333	-1,39
200	51,6	52,23	1,54	1,69	1,615	1,346	0,926	92,593	-1,615
220	51,34	52	1,8	1,92	1,86	1,550	1,019	101,852	-1,86
240	51,09	51,75	2,05	2,17	2,11	1,758	1,111	111,111	-2,11
260	50,81	51,49	2,33	2,43	2,38	1,983	1,204	120,370	-2,38
280	50,53	51,22	2,61	2,7	2,655	2,213	1,296	129,630	-2,655
300	50,21	50,9	2,93	3,02	2,975	2,479	1,389	138,889	-2,975
320	49,8	50,61	3,34	3,31	3,325	2,771	1,481	148,148	-3,325
340	49,47	50,25	3,67	3,67	3,67	3,058	1,574	157,407	-3,67
360	49,06	49,89	4,08	4,03	4,055	3,379	1,667	166,667	-4,055
380	48,53	49,46	4,61	4,46	4,535	3,779	1,759	175,926	-4,535
400	47,75	48,95	5,39	4,97	5,18	4,317	1,852	185,185	-5,18
420	46,31	48,38	6,83	5,54	6,185	5,154	1,944	194,444	-6,185
440	45,25	47,84	7,89	6,08	6,985	5,821	2,037	203,704	-6,985
460	43,9	47	9,24	6,92	8,08	6,733	2,130	212,963	-8,08
480	42,24	45,67	10,9	8,25	9,575	7,979	2,222	222,222	-9,575
500	40,67	44,19	12,47	9,73	11,1	9,250	2,315	231,481	-11,1
520	39	42,33	14,14	11,59	12,865	10,721	2,407	240,741	-12,865
540	37,46	40,75	15,68	13,17	14,425	12,021	2,500	250,000	-14,425
560	35,72	38,92	17,42	15	16,21	13,508	2,593	259,259	-16,21
580	33,18	36,42	19,96	17,5	18,73	15,608	2,685	268,519	-18,73
600	31,84	35,08	21,3	18,84	20,07	16,725	2,778	277,778	-20,07
620	29,34	32,61	23,8	21,31	22,555	18,796	2,870	287,037	-22,555
640	27,11	30,4	26,03	23,52	24,775	20,646	2,963	296,296	-24,775
660	24,25	27,52	28,89	26,4	27,645	23,038	3,056	305,556	-27,645
680	22,26	25,54	30,88	28,38	29,63	24,692	3,148	314,815	-29,63
700	20,24	23,53	32,9	30,39	31,645	26,371	3,241	324,074	-31,645
720	17,53	20,81	35,61	33,11	34,36	28,633	3,333	333,333	-34,36
740	16,14	19,4	37	34,52	35,76	29,800	3,426	342,593	-35,76
760	13,82	17,08	39,32	36,84	38,08	31,733	3,519	351,852	-38,08
780	12,38	15,62	40,76	38,3	39,53	32,942	3,611	361,111	-39,53
800	9,71	12,94	43,43	40,98	42,205	35,171	3,704	370,370	-42,205
820	51,7	53,35	43,87	41,42	42,645	35,538	3,796	379,630	-42,645
840	48,42	50,42	47,15	44,35	45,75	38,125	3,889	388,889	-45,75
860	46,93	49,66	48,64	45,11	46,875	39,063	3,981	398,148	-46,875
880	45,43	48,96	50,14	45,81	47,975	39,979	4,074	407,407	-47,975
900	45,13	48,33	50,44	46,44	48,44	40,367	4,167	416,667	-48,44
920	41,99	47,05	53,58	47,72	50,65	42,208	4,259	425,926	-50,65
940	38,09	43,19	57,48	51,58	54,53	45,442	4,352	435,185	-54,53
960	36,08	40,89	59,49	53,88	56,685	47,238	4,444	444,444	-56,685
980	32,56	37,11	63,01	57,66	60,335	50,279	4,537	453,704	-60,335
1000	29,29	34,01	66,28	60,76	63,52	52,933	4,630	462,963	-63,52



$L/B = 1,5$; $Df/B = 0,45$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12 \text{ cm}$

P (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	s
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	53,34	53,35	0	0	0	0	0	0	0
20	53,28	52,99	0,06	0,36	0,21	0,175	0,092592593	9,259259259	-0,21
40	52,47	52,46	0,87	0,89	0,88	0,733333333	0,185185185	18,51851852	-0,88
60	52,69	51,89	0,65	1,46	1,055	0,879166667	0,277777778	27,7777778	-1,055
80	52,36	51,5	0,98	1,85	1,415	1,179166667	0,37037037	37,03703704	-1,415
100	52,01	51,11	1,33	2,24	1,785	1,4875	0,462962963	46,2962963	-1,785
120	51,69	50,75	1,65	2,6	2,125	1,770833333	0,555555556	55,55555556	-2,125
140	51,4	50,43	1,94	2,92	2,43	2,025	0,648148148	64,81481481	-2,43
160	51,14	50,13	2,2	3,22	2,71	2,258333333	0,740740741	74,07407407	-2,71
180	50,86	49,81	2,48	3,54	3,01	2,508333333	0,833333333	83,33333333	-3,01
200	50,59	49,5	2,75	3,85	3,3	2,75	0,925925926	92,59259259	-3,3
220	50,3	49,18	3,04	4,17	3,605	3,004166667	1,018518519	101,8518519	-3,605
240	49,95	48,8	3,39	4,55	3,97	3,308333333	1,111111111	111,1111111	-3,97
260	49,74	48,56	3,6	4,79	4,195	3,495833333	1,203703704	120,3703704	-4,195
280	49,46	48,23	3,88	5,12	4,5	3,75	1,296296296	129,6296296	-4,5
300	49,12	47,91	4,22	5,44	4,83	4,025	1,388888889	138,8888889	-4,83
320	48,74	47,56	4,6	5,79	5,195	4,329166667	1,481481481	148,1481481	-5,195
340	48,35	47,17	4,99	6,18	5,585	4,654166667	1,574074074	157,4074074	-5,585
360	48,05	46,83	5,29	6,52	5,905	4,920833333	1,666666667	166,6666667	-5,905
380	47,58	46,29	5,76	7,06	6,41	5,341666667	1,759259259	175,9259259	-6,41
400	47,23	45,85	6,11	7,5	6,805	5,670833333	1,851851852	185,1851852	-6,805
420	46,78	45,29	6,56	8,06	7,31	6,091666667	1,944444444	194,4444444	-7,31
440	46,29	44,69	7,05	8,66	7,855	6,545833333	2,037037037	203,7037037	-7,855
460	45,74	44,02	7,6	9,33	8,465	7,054166667	2,12962963	212,962963	-8,465
480	45,23	43,31	8,11	10,04	9,075	7,5625	2,222222222	222,2222222	-9,075
500	44,62	42,71	8,72	10,64	9,68	8,066666667	2,314814815	231,4814815	-9,68
520	44,4	42,02	8,94	11,33	10,135	8,445833333	2,407407407	240,7407407	-10,135
540	43,3	41,27	10,04	12,08	11,06	9,216666667	2,5	250	-11,06
560	42,52	40,48	10,82	12,87	11,845	9,870833333	2,592592593	259,2592593	-11,845
580	41,8	39,78	11,54	13,57	12,555	10,4625	2,685185185	268,5185185	-12,555
600	41,1	39,08	12,24	14,27	13,255	11,045833333	2,777777778	277,7777778	-13,255
620	40,11	38,09	13,23	15,26	14,245	11,870833333	2,87037037	287,037037	-14,245
640	39,12	37,06	14,22	16,29	15,255	12,7125	2,962962963	296,2962963	-15,255
660	38,05	35,99	15,29	17,36	16,325	13,604166667	3,055555556	305,5555556	-16,325
680	36,83	34,62	16,51	18,73	17,62	14,683333333	3,148148148	314,8148148	-17,62
700	35,8	33,47	17,54	19,88	18,71	15,591666667	3,240740741	324,0740741	-18,71
720	34,51	32,29	18,83	21,06	19,945	16,620833333	3,333333333	333,3333333	-19,945
740	33,21	30,95	20,13	22,4	21,265	17,720833333	3,425925926	342,5925926	-21,265
760	31,76	29,42	21,58	23,93	22,755	18,9625	3,518518519	351,8518519	-22,755
780	30,31	27,92	23,03	25,43	24,23	20,191666667	3,611111111	361,1111111	-24,23
800	28,21	26,38	25,13	26,97	26,05	21,708333333	3,703703704	370,3703704	-26,05
820	26,65	24,15	26,69	29,2	27,945	23,2875	3,796296296	379,6296296	-27,945
840	24,9	22,22	28,44	31,13	29,785	24,820833333	3,888888889	388,8888889	-29,785
860	22,95	20,34	30,39	33,01	31,7	26,416666667	3,981481481	398,1481481	-31,7
880	20,69	18,05	32,65	35,3	33,975	28,3125	4,074074074	407,4074074	-33,975
900	18,74	16,21	34,6	37,14	35,87	29,891666667	4,166666667	416,6666667	-35,87
920	16,65	13,96	36,69	39,39	38,04	31,7	4,259259259	425,9259259	-38,04
940	15,03	12,16	38,31	41,19	39,75	33,125	4,351851852	435,1851852	-39,75
960	13,42	10,52	39,92	42,83	41,375	34,479166667	4,444444444	444,4444444	-41,375
980	11,65	8,6	41,69	44,75	43,22	36,016666667	4,537037037	453,7037037	-43,22
1000	9,89	6,83	43,45	46,52	44,985	37,4875	4,62962963	462,962963	-44,985
1020	8,24	5,18	45,1	48,17	46,635	38,8625	4,722222222	472,2222222	-46,635
1040	7	3,9	46,34	49,45	47,895	39,9125	4,814814815	481,4814815	-47,895
1060	5,5	1,77	47,84	51,58	49,71	41,425	4,907407407	490,7407407	-49,71
1080	51	48,85	48,09	52,49	50,29	41,908333333	5	500	-50,29
1100	49,58	47,41	49,51	53,93	51,72	43,1	5,092592593	509,2592593	-51,72
1120	48,5	45,85	50,59	55,49	53,04	44,2	5,185185185	518,5185185	-53,04
1140	46,67	43,33	52,42	58,01	55,215	46,0125	5,277777778	527,7777778	-55,215
1160	45,12	41,54	53,97	59,8	56,885	47,404166667	5,37037037	537,037037	-56,885
1180	42,12	38,76	56,97	62,58	59,775	49,8125	5,462962963	546,2962963	-59,775
1200	40,01	36,72	59,08	64,62	61,85	51,541666667	5,555555556	555,5555556	-61,85
1220	37,8	34,5	61,29	66,84	64,065	53,3875	5,648148148	564,8148148	-64,065
1240	35,7	32,47	63,39	68,87	66,13	55,108333333	5,740740741	574,0740741	-66,13
1260	33,72	30,52	65,37	70,82	68,095	56,745833333	5,833333333	583,3333333	-68,095
1280	32,31	29,13	66,78	72,21	69,495	57,9125	5,925925926	592,5925926	-69,495
1300	30,56	27,44	68,53	73,9	71,215	59,345833333	6,018518519	601,8518519	-71,215
1320	28,18	25,15	70,91	76,19	73,55	61,291666667	6,111111111	611,1111111	-73,55
1340	25,19	22,86	73,9	78,48	76,19	63,491666667	6,203703704	620,3703704	-76,19
1360	24,36	21,2	74,73	80,14	77,435	64,529166667	6,296296296	629,6296296	-77,435
1380	22,72	19,51	76,37	81,83	79,1	65,916666667	6,388888889	638,8888889	-79,1
1400	21	17,8	78,09	83,54	80,815	67,345833333	6,481481481	648,1481481	-80,815
1420	19,82	16,24	79,27	85,1	82,185	68,4875	6,574074074	657,4074074	-82,185
1440	17,93	14,83	81,16	86,51	83,835	69,8625	6,666666667	666,6666667	-83,835
1460	15,31	12,8	83,78	88,54	86,16	71,8	6,759259259	675,9259259	-86,16
1480	14,05	11,04	85,04	90,3	87,67	73,058333333	6,851851852	685,1851852	-87,67

$L/B = 1,5$; $Df/B = 0,6$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12 \text{ cm}$

P (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	s
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	51,62	52,78	0	0	0	0	0	0	0
20	51,56	52,78	0,06	0	0,03	0,025	0,092592593	9,259259259	-0,03
40	51,5	52,78	0,12	0	0,06	0,05	0,185185185	18,51851852	-0,06
60	51,42	52,71	0,2	0,07	0,135	0,1125	0,277777778	27,77777778	-0,135
80	51,34	52,63	0,28	0,15	0,215	0,179166667	0,37037037	37,03703704	-0,215
100	51,24	52,57	0,38	0,21	0,295	0,245833333	0,462962963	46,2962963	-0,295
120	51,11	52,41	0,51	0,37	0,44	0,366666667	0,555555556	55,55555556	-0,44
140	50,94	52,26	0,68	0,52	0,6	0,5	0,648148148	64,81481481	-0,6
160	50,73	52,08	0,89	0,7	0,795	0,6625	0,740740741	74,07407407	-0,795
180	50,57	51,85	1,05	0,93	0,99	0,825	0,833333333	83,33333333	-0,99
200	50,37	51,63	1,25	1,15	1,2	1	0,925925926	92,59259259	-1,2
220	50,17	51,41	1,45	1,37	1,41	1,175	1,018518519	101,8518519	-1,41
240	49,95	51,18	1,67	1,6	1,635	1,3625	1,111111111	111,1111111	-1,635
260	49,73	50,96	1,89	1,82	1,855	1,545833333	1,203703704	120,3703704	-1,855
280	49,53	50,76	2,09	2,02	2,055	1,7125	1,296296296	129,6296296	-2,055
300	49,31	50,53	2,31	2,25	2,28	1,9	1,388888889	138,8888889	-2,28
320	49,05	50,35	2,57	2,43	2,5	2,083333333	1,481481481	148,1481481	-2,5
340	48,78	50,14	2,84	2,64	2,74	2,283333333	1,574074074	157,4074074	-2,74
360	48,5	49,93	3,12	2,85	2,985	2,4875	1,666666667	166,6666667	-2,985
380	48,13	49,71	3,49	3,07	3,28	2,733333333	1,759259259	175,9259259	-3,28
400	47,7	49,68	3,92	3,1	3,51	2,925	1,851851852	185,1851852	-3,51
420	47,29	49,29	4,33	3,49	3,91	3,258333333	1,944444444	194,4444444	-3,91
440	46,55	49	5,07	3,78	4,425	3,6875	2,037037037	203,7037037	-4,425
460	46,03	48,8	5,59	3,98	4,785	3,9875	2,12962963	212,962963	-4,785
480	45,84	48,53	5,78	4,25	5,015	4,179166667	2,222222222	222,2222222	-5,015
500	44,8	48,31	6,82	4,47	5,645	4,704166667	2,314814815	231,4814815	-5,645
520	44,02	47,98	7,6	4,8	6,2	5,166666667	2,407407407	240,7407407	-6,2
540	43,17	47,58	8,45	5,2	6,825	5,6875	2,5	250	-6,825
560	42,27	47,1	9,35	5,68	7,515	6,2625	2,592592593	259,2592593	-7,515
580	41,58	46,62	10,04	6,16	8,1	6,75	2,685185185	268,5185185	-8,1
600	40,56	45,85	11,06	6,93	8,995	7,495833333	2,777777778	277,7777778	-8,995
620	39,68	45,07	11,94	7,71	9,825	8,1875	2,87037037	287,037037	-9,825
640	38,78	44,17	12,84	8,61	10,725	8,9375	2,962962963	296,2962963	-10,725
660	38	43,44	13,62	9,34	11,48	9,566666667	3,055555556	305,5555556	-11,48
680	37,24	42,51	14,38	10,27	12,325	10,270833333	3,148148148	314,8148148	-12,325
700	35,91	41,21	15,71	11,57	13,64	11,366666667	3,240740741	324,0740741	-13,64
720	34,74	39,92	16,88	12,86	14,87	12,391666667	3,333333333	333,3333333	-14,87
740	33,66	38,67	17,96	14,11	16,035	13,3625	3,425925926	342,5925926	-16,035
760	31,81	37,24	19,81	15,54	17,675	14,729166667	3,518518519	351,8518519	-17,675
780	30,44	35,81	21,18	16,97	19,075	15,895833333	3,611111111	361,1111111	-19,075
800	29,14	34,51	22,48	18,27	20,375	16,979166667	3,703703704	370,3703704	-20,375
820	27,29	32,66	24,33	20,12	22,225	18,520833333	3,796296296	379,6296296	-22,225
840	26,29	31,53	25,33	21,25	23,29	19,408333333	3,888888889	388,8888889	-23,29
860	24,25	29,31	27,37	23,47	25,42	21,183333333	3,981481481	398,1481481	-25,42
880	23,97	25,62	27,65	27,16	27,405	22,8375	4,074074074	407,4074074	-27,405
900	20,56	25,01	31,06	27,77	29,415	24,5125	4,166666667	416,6666667	-29,415
920	18,7	22,86	32,92	29,92	31,42	26,183333333	4,259259259	425,9259259	-31,42
940	16,86	20,71	34,76	32,07	33,415	27,845833333	4,351851852	435,1851852	-33,415
960	15,01	18,56	36,61	34,22	35,415	29,5125	4,444444444	444,4444444	-35,415
980	48,17	50,32	38,66	35,93	37,295	31,079166667	4,537037037	453,7037037	-37,295
1000	46,32	48,17	40,51	38,08	39,295	32,745833333	4,62962963	462,962963	-39,295
1020	44,47	46,02	42,36	40,23	41,295	34,4125	4,722222222	472,2222222	-41,295
1040	42,81	44,17	44,02	42,08	43,05	35,875	4,814814815	481,4814815	-43,05
1060	41,26	41,92	45,57	44,33	44,95	37,458333333	4,907407407	490,7407407	-44,95
1080	39,41	39,89	47,42	46,36	46,89	39,075	5	500	-46,89
1100	37,46	37,85	49,37	48,4	48,885	40,7375	5,092592593	509,2592593	-48,885
1120	35,41	35,78	51,42	50,47	50,945	42,454166667	5,185185185	518,5185185	-50,945
1140	34,06	33,8	52,77	52,45	52,61	43,841666667	5,277777778	527,7777778	-52,61
1160	32,21	31,64	54,62	54,61	54,615	45,5125	5,37037037	537,037037	-54,615
1180	30,36	29,48	56,47	56,77	56,62	47,183333333	5,462962963	546,2962963	-56,62
1200	28,51	27,35	58,32	58,9	58,61	48,841666667	5,555555556	555,5555556	-58,61
1220	26,66	25,21	60,17	61,04	60,605	50,504166667	5,648148148	564,8148148	-60,605
1240	24,8	23,04	62,03	63,21	62,62	52,183333333	5,740740741	574,0740741	-62,62
1260	22,95	20,9	63,88	65,35	64,615	53,845833333	5,833333333	583,3333333	-64,615

L/B = 2; Df/B = 0,3; u/B= 0,3; h/B=0,25; B = 12 cm

P (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	s
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	55,19	53,88	0	0	0	0	0	0	0
20	55,19	53,88	0	0	0	0	0,069444444	6,944444444	0
40	55,19	53,88	0	0	0	0	0,138888889	13,88888889	0
60	55,19	53,88	0	0	0	0	0,208333333	20,83333333	0
80	55,16	53,71	0,03	0,17	0,1	0,083333333	0,277777778	27,7777778	-0,1
100	55,16	53,58	0,03	0,3	0,165	0,1375	0,347222222	34,72222222	-0,165
120	55,02	53,45	0,17	0,43	0,3	0,25	0,416666667	41,6666667	-0,3
140	54,92	53,27	0,27	0,61	0,44	0,366666667	0,486111111	48,61111111	-0,44
160	54,84	53,09	0,35	0,79	0,57	0,475	0,555555556	55,55555556	-0,57
180	54,72	52,88	0,47	1	0,735	0,6125	0,625	62,5	-0,735
200	54,58	52,67	0,61	1,21	0,91	0,758333333	0,694444444	69,44444444	-0,91
220	54,4	52,43	0,79	1,45	1,12	0,933333333	0,763888889	76,38888889	-1,12
240	54,19	52,17	1	1,71	1,355	1,129166667	0,833333333	83,33333333	-1,355
260	53,97	51,93	1,22	1,95	1,585	1,320833333	0,902777778	90,2777778	-1,585
280	53,71	51,64	1,48	2,24	1,86	1,55	0,972222222	97,22222222	-1,86
300	53,47	51,38	1,72	2,5	2,11	1,758333333	1,041666667	104,1666667	-2,11
320	53,18	51,06	2,01	2,82	2,415	2,0125	1,111111111	111,1111111	-2,415
340	53,09	50,76	2,1	3,12	2,61	2,175	1,180555556	118,0555556	-2,61
360	52,53	50,37	2,66	3,51	3,085	2,570833333	1,25	125	-3,085
380	52,22	50,05	2,97	3,83	3,4	2,833333333	1,319444444	131,9444444	-3,4
400	51,8	49,63	3,39	4,25	3,82	3,183333333	1,388888889	138,8888889	-3,82
420	51,2	49	3,99	4,88	4,435	3,695833333	1,458333333	145,8333333	-4,435
440	50,82	48,63	4,37	5,25	4,81	4,008333333	1,527777778	152,7777778	-4,81
460	50,38	48,18	4,81	5,7	5,255	4,379166667	1,597222222	159,7222222	-5,255
480	49,88	47,7	5,31	6,18	5,745	4,7875	1,666666667	166,6666667	-5,745
500	49,15	46,92	6,04	6,96	6,5	5,416666667	1,736111111	173,6111111	-6,5
520	48,57	46,18	6,62	7,7	7,16	5,966666667	1,805555556	180,5555556	-7,16
540	47,74	44,91	7,45	8,97	8,21	6,841666667	1,875	187,5	-8,21
560	46,93	43,69	8,26	10,19	9,225	7,6875	1,944444444	194,4444444	-9,225
580	45,61	42,02	9,58	11,86	10,72	8,933333333	2,013888889	201,3888889	-10,72
600	44,24	40,61	10,95	13,27	12,11	10,09166667	2,083333333	208,3333333	-12,11
620	42,3324	38,886	12,8576	14,994	13,9258	11,604833333	2,152777778	215,2777778	-13,9258
640	40,87	37,3	14,32	16,58	15,45	12,875	2,222222222	222,2222222	-15,45
660	38,5148	35,3712	16,6752	18,5088	17,592	14,66	2,291666667	229,1666667	-17,592
680	36,8828	33,72	18,3072	20,16	19,2336	16,028	2,361111111	236,1111111	-19,2336
700	34,64822	31,428984	20,54178	22,451016	21,496398	17,913665	2,430555556	243,0555556	-21,4964
720	32,4236	29,33268	22,7664	24,54732	23,65686	19,71405	2,5	250	-23,65686
740	30,098204	26,956896	25,091796	26,923104	26,00745	21,672875	2,569444444	256,9444444	-26,00745
760	27,499856	24,291432	27,690144	29,588568	28,639356	23,86613	2,638888889	263,8888889	-28,63936
780	25,001672	22,359144	30,188328	31,520856	30,854592	25,71216	2,708333333	270,8333333	-30,85459
800	23,031032	19,712856	32,158968	34,167144	33,163056	27,63588	2,777777778	277,7777778	-33,16306
820	20,563408	17,129312	34,626592	36,750688	35,68864	29,74053333	2,847222222	284,7222222	-35,68864
840	18,845768	15,424368	36,344232	38,455632	37,399932	31,16661	2,916666667	291,6666667	-37,39993
860	16,286512	12,574944	38,903488	41,305056	40,104272	33,42022667	2,986111111	298,6111111	-40,10427
880	14,105008	10,517824	41,084992	43,362176	42,223584	35,18632	3,055555556	305,5555556	-42,22358
900	50,123792	47,725424	42,8712	45,706752	44,288976	36,90748	3,125	312,5	-44,28898
920	48,017168	45,16952	44,977824	48,262656	46,62024	38,8502	3,194444444	319,4444444	-46,62024
940	45,017392	42,898576	47,9776	50,5336	49,2556	41,04633333	3,263888889	326,3888889	-49,2556
960	41,730992	38,644976	51,264	54,7872	53,0256	44,188	3,333333333	333,3333333	-53,0256
980	39,775792	36,575376	53,2192	56,8568	55,038	45,865	3,402777778	340,2777778	-55,038
1000	38,184592	35,046576	54,8104	58,3856	56,598	47,165	3,472222222	347,2222222	-56,598
1020	34,326192	31,364976	58,6688	62,0672	60,368	50,30666667	3,541666667	354,1666667	-60,368
1040	33,358992	29,815376	59,636	63,6168	61,6264	51,35533333	3,611111111	361,1111111	-61,6264
1060	31,008592	27,932976	61,9864	65,4992	63,7428	53,119	3,680555556	368,0555556	-63,7428
1080	26,578192	23,408976	66,4168	70,0232	68,22	56,85	3,75	375	-68,22
1100	25,153392	21,921776	67,8416	71,5104	69,676	58,06333333	3,819444444	381,9444444	-69,676

L/B = 2; Df/B = 0,45; u/B = 0,3; h/B=0,25; B = 12 cm

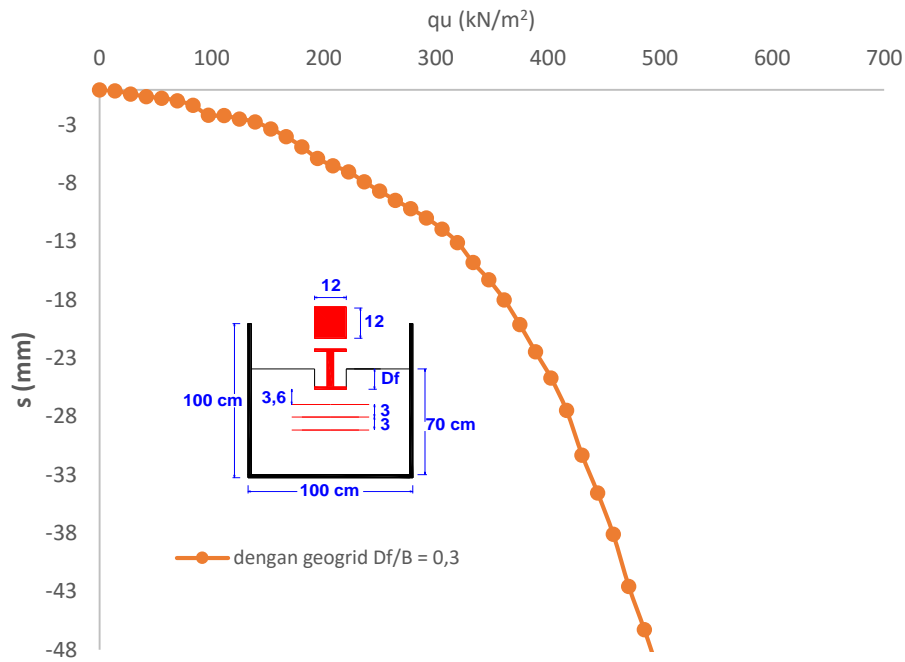
P (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	s
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	50,91	54,85	0	0	0	0	0	0	0
20	50,85	54,8	0,06	0,05	0,055	0,045833333	0,069444444	6,944444444	-0,055
40	50,77	54,74	0,14	0,11	0,125	0,104166667	0,138888889	13,88888889	-0,125
60	50,66	54,69	0,25	0,16	0,205	0,170833333	0,208333333	20,83333333	-0,205
80	50,54	54,65	0,37	0,2	0,285	0,2375	0,277777778	27,77777778	-0,285
100	50,4	54,61	0,51	0,24	0,375	0,3125	0,347222222	34,72222222	-0,375
120	50,19	54,55	0,72	0,3	0,51	0,425	0,416666667	41,66666667	-0,51
140	49,99	54,49	0,92	0,36	0,64	0,533333333	0,486111111	48,61111111	-0,64
160	49,74	54,4	1,17	0,45	0,81	0,675	0,555555556	55,55555556	-0,81
180	49,51	54,31	1,4	0,54	0,97	0,808333333	0,625	62,5	-0,97
200	49,22	54,18	1,69	0,67	1,18	0,983333333	0,694444444	69,44444444	-1,18
220	48,92	54,03	1,99	0,82	1,405	1,170833333	0,763888889	76,38888889	-1,405
240	48,6	53,65	2,31	1,2	1,755	1,4625	0,833333333	83,33333333	-1,755
260	48,16	53,66	2,75	1,19	1,97	1,641666667	0,902777778	90,27777778	-1,97
280	47,39	53,34	3,52	1,51	2,515	2,095833333	0,972222222	97,22222222	-2,515
300	46,88	53,13	4,03	1,72	2,875	2,395833333	1,041666667	104,1666667	-2,875
320	46,29	52,88	4,62	1,97	3,295	2,745833333	1,111111111	111,1111111	-3,295
340	45,78	52,67	5,13	2,18	3,655	3,045833333	1,180555556	118,0555556	-3,655
360	45,12	52,39	5,79	2,46	4,125	3,4375	1,25	125	-4,125
380	44,5	52,13	6,41	2,72	4,565	3,804166667	1,319444444	131,9444444	-4,565
400	43,83	51,84	7,08	3,01	5,045	4,204166667	1,388888889	138,8888889	-5,045
420	43,1	51,53	7,81	3,32	5,565	4,6375	1,458333333	145,8333333	-5,565
440	42,51	51,26	8,4	3,59	5,995	4,995833333	1,527777778	152,7777778	-5,995
460	41,67	50,88	9,24	3,97	6,605	5,504166667	1,597222222	159,7222222	-6,605
480	41,02	50,57	9,89	4,28	7,085	5,904166667	1,666666667	166,6666667	-7,085
500	40,21	50,16	10,7	4,69	7,695	6,4125	1,736111111	173,6111111	-7,695
520	39,43	49,76	11,48	5,09	8,285	6,904166667	1,805555556	180,5555556	-8,285
540	38,63	49,33	12,28	5,52	8,9	7,416666667	1,875	187,5	-8,9
560	37,8	48,86	13,11	5,99	9,55	7,958333333	1,944444444	194,4444444	-9,55
580	36,79	48,23	14,12	6,62	10,37	8,641666667	2,013888889	201,3888889	-10,37
600	35,58	47,31	15,33	7,54	11,435	9,529166667	2,083333333	208,3333333	-11,435
620	34,58	46,33	16,33	8,52	12,425	10,354166667	2,152777778	215,2777778	-12,425
640	33,2	44,85	17,71	10	13,855	11,545833333	2,222222222	222,2222222	-13,855
660	32,01	43,45	18,9	11,4	15,15	12,625	2,291666667	229,1666667	-15,15
680	30,51	41,7	20,4	13,15	16,775	13,97916667	2,361111111	236,1111111	-16,775
700	28,94	40,04	21,97	14,81	18,39	15,325	2,430555556	243,0555556	-18,39
720	27,22	38,28	23,69	16,57	20,13	16,775	2,5	250	-20,13
740	24,74	35,78	26,17	19,07	22,62	18,85	2,569444444	256,9444444	-22,62
760	23,64	34,69	27,27	20,16	23,715	19,7625	2,638888889	263,8888889	-23,715
780	20,21	31,34	30,7	23,51	27,105	22,5875	2,708333333	270,8333333	-27,105
800	18,95	30,14	31,96	24,71	28,335	23,6125	2,777777778	277,7777778	-28,335
820	14,74	26,02	36,17	28,83	32,5	27,08333333	2,847222222	284,7222222	-32,5
840	13,63	24,95	37,28	29,9	33,59	27,99166667	2,916666667	291,6666667	-33,59
860	10,2	21,57	40,71	33,28	36,995	30,82916667	2,986111111	298,6111111	-36,995
880	7,6	18,98	43,31	35,87	39,59	32,99166667	3,055555556	305,5555556	-39,59
900	6,17	17,58	44,74	37,27	41,005	34,17083333	3,125	312,5	-41,005
920	48,2	49,32	46,6	38,64	42,62	35,51666667	3,194444444	319,4444444	-42,62
940	46,7	48,59	48,1	39,37	43,735	36,44583333	3,263888889	326,3888889	-43,735
960	43,55	47,68	51,25	40,28	45,765	38,1375	3,333333333	333,3333333	-45,765
980	40,75	42,83	54,05	45,13	49,59	41,325	3,402777778	340,2777778	-49,59
1000	37,78	40,72	57,02	47,24	52,13	43,44166667	3,472222222	347,2222222	-52,13
1020	34,25	37,25	60,55	50,71	55,63	46,35833333	3,541666667	354,1666667	-55,63
1040	32,18	35,27	62,62	52,69	57,655	48,04583333	3,611111111	361,1111111	-57,655
1060	30,04	33,21	64,76	54,75	59,755	49,79583333	3,680555556	368,0555556	-59,755
1080	26,86	30,15	67,94	57,81	62,875	52,39583333	3,75	375	-62,875
1100	25,03	28,36	69,77	59,6	64,685	53,90416667	3,819444444	381,9444444	-64,685
1120	21,9	25,4	72,9	62,56	67,73	56,44166667	3,888888889	388,8888889	-67,73

$L/B = 2; Df/B = 0,6; u/B = 0,3; h/B = 0,25; B = 12 \text{ cm}$

P (kg)	LVDT		Penurunan			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)	s
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata				
0	54,15	53,06	0	0	0	0	0	0	0
20	54,15	53,06	0	0	0	0	0,069444444	6,944444444	0
40	54,13	53,01	0,02	0,05	0,035	0,029166667	0,138888889	13,88888889	-0,035
60	54,07	52,89	0,08	0,17	0,125	0,104166667	0,208333333	20,83333333	-0,125
80	54	52,77	0,15	0,29	0,22	0,183333333	0,277777778	27,77777778	-0,22
100	53,93	52,64	0,22	0,42	0,32	0,266666667	0,347222222	34,72222222	-0,32
120	53,85	52,52	0,3	0,54	0,42	0,35	0,416666667	41,66666667	-0,42
140	53,77	52,39	0,38	0,67	0,525	0,4375	0,486111111	48,61111111	-0,525
160	53,68	52,23	0,47	0,83	0,65	0,541666667	0,555555556	55,55555556	-0,65
180	53,58	52,09	0,57	0,97	0,77	0,641666667	0,625	62,5	-0,77
200	53,48	51,91	0,67	1,15	0,91	0,758333333	0,694444444	69,44444444	-0,91
220	53,36	51,75	0,79	1,31	1,05	0,875	0,763888889	76,38888889	-1,05
240	53,24	51,5	0,91	1,56	1,235	1,029166667	0,833333333	83,33333333	-1,235
260	53,11	51,34	1,04	1,72	1,38	1,15	0,902777778	90,27777778	-1,38
280	52,98	51,12	1,17	1,94	1,555	1,295833333	0,972222222	97,22222222	-1,555
300	52,84	50,88	1,31	2,18	1,745	1,454166667	1,041666667	104,1666667	-1,745
320	52,7	50,52	1,45	2,54	1,995	1,6625	1,111111111	111,1111111	-1,995
340	52,55	50,27	1,6	2,79	2,195	1,829166667	1,180555556	118,0555556	-2,195
360	52,42	49,99	1,73	3,07	2,4	2	1,25	125	-2,4
380	52,3	49,81	1,85	3,25	2,55	2,125	1,319444444	131,9444444	-2,55
400	52,1	49,49	2,05	3,57	2,81	2,341666667	1,388888889	138,8888889	-2,81
420	51,84	49,22	2,31	3,84	3,075	2,5625	1,458333333	145,8333333	-3,075
440	51,58	48,94	2,57	4,12	3,345	2,7875	1,527777778	152,7777778	-3,345
460	51,27	48,62	2,88	4,44	3,66	3,05	1,597222222	159,7222222	-3,66
480	50,88	48,27	3,27	4,79	4,03	3,358333333	1,666666667	166,6666667	-4,03
500	50,57	47,93	3,58	5,13	4,355	3,629166667	1,736111111	173,6111111	-4,355
520	50,11	47,44	4,04	5,62	4,83	4,025	1,805555556	180,5555556	-4,83
540	49,58	46,76	4,57	6,3	5,435	4,529166667	1,875	187,5	-5,435
560	49,08	46,08	5,07	6,98	6,025	5,020833333	1,944444444	194,4444444	-6,025
580	48,51	45,03	5,64	8,03	6,835	5,695833333	2,013888889	201,3888889	-6,835
600	47,95	44,02	6,2	9,04	7,62	6,35	2,083333333	208,3333333	-7,62
620	47,25	42,67	6,9	10,39	8,645	7,204166667	2,152777778	215,2777778	-8,645
640	46,36	41,53	7,79	11,53	9,66	8,05	2,222222222	222,2222222	-9,66
660	45,32	40,16	8,83	12,9	10,865	9,054166667	2,291666667	229,1666667	-10,865
680	43,41	38,98	10,74	14,08	12,41	10,34166667	2,361111111	236,1111111	-12,41
700	41,44	37,24	12,71	15,82	14,265	11,8875	2,430555556	243,0555556	-14,265
720	39,9	35,76	14,25	17,3	15,775	13,14583333	2,5	250	-15,775
740	37,82	32,13	16,33	20,93	18,63	15,525	2,569444444	256,9444444	-18,63
760	35,81	30,48	18,34	22,58	20,46	17,05	2,638888889	263,8888889	-20,46
780	33,25	28,05	20,9	25,01	22,955	19,12916667	2,708333333	270,8333333	-22,955
800	32,6	27,35	21,55	25,71	23,63	19,69166667	2,777777778	277,7777778	-23,63
820	30,68	25,67	23,47	27,39	25,43	21,19166667	2,847222222	284,7222222	-25,43
840	28,39	23,4	25,76	29,66	27,71	23,09166667	2,916666667	291,6666667	-27,71
860	26,44	21,36	27,71	31,7	29,705	24,75416667	2,986111111	298,6111111	-29,705
880	24,51	19,41	29,64	33,65	31,645	26,37083333	3,055555556	305,5555556	-31,645
900	22,11	17,03	32,04	36,03	34,035	28,3625	3,125	312,5	-34,035
920	20,75	15,64	33,4	37,42	35,41	29,50833333	3,194444444	319,4444444	-35,41
940	18,31	13,23	35,84	39,83	37,835	31,52916667	3,263888889	326,3888889	-37,835
960	16,54	11,45	37,61	41,61	39,61	33,00833333	3,333333333	333,3333333	-39,61
980	14,42	9,83	39,73	43,23	41,48	34,56666667	3,402777778	340,2777778	-41,48

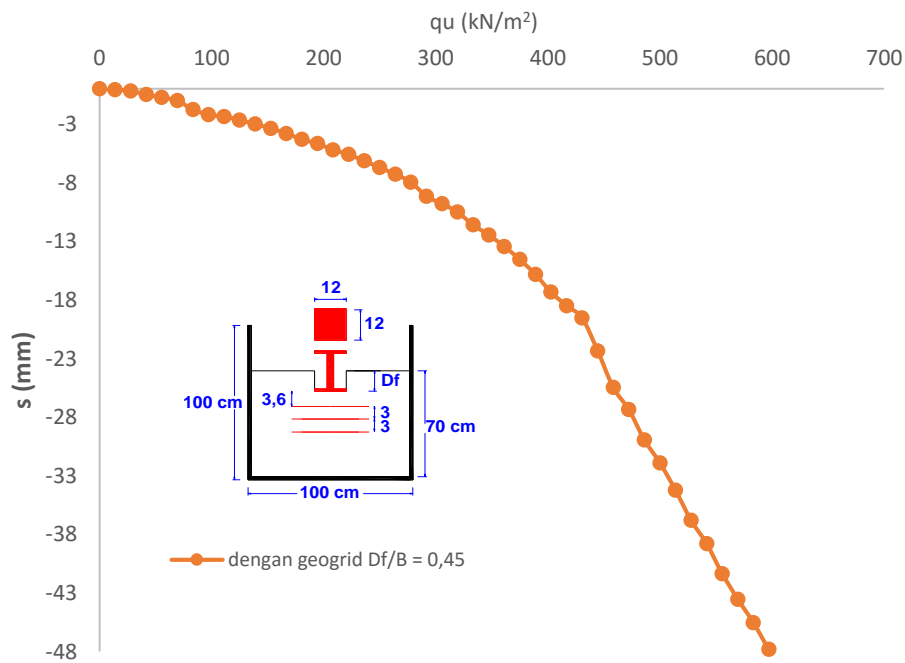
$L/B = 1$; $D_f/B = 0,3$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12$ cm

" $L/B=1$ "

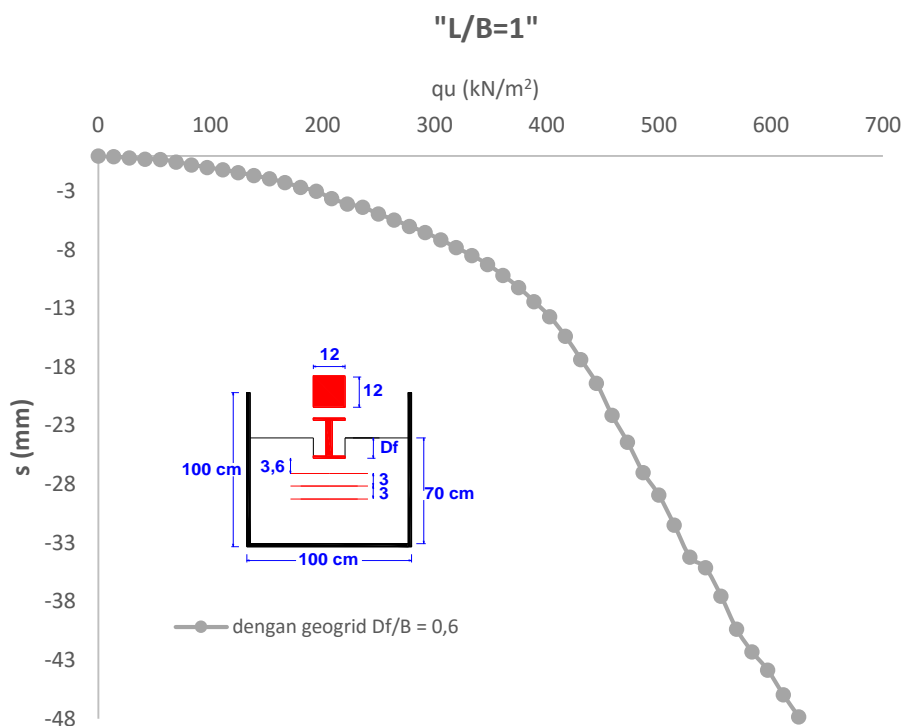


$L/B = 1$; $D_f/B = 0,45$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12$ cm

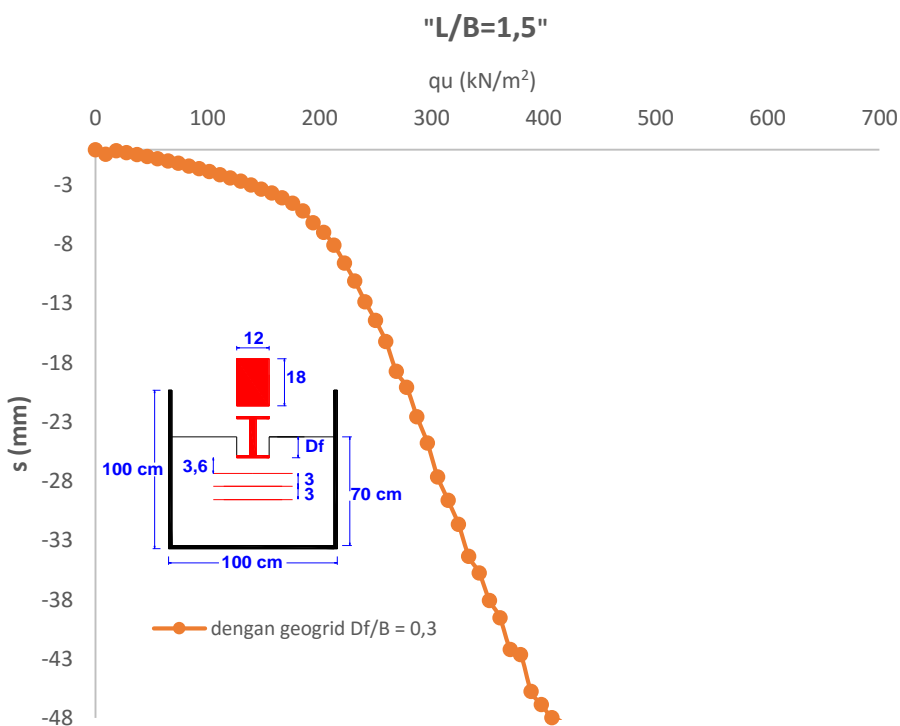
" $L/B=1$ "



$L/B = 1$; $D_f/B = 0,6$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12 \text{ cm}$



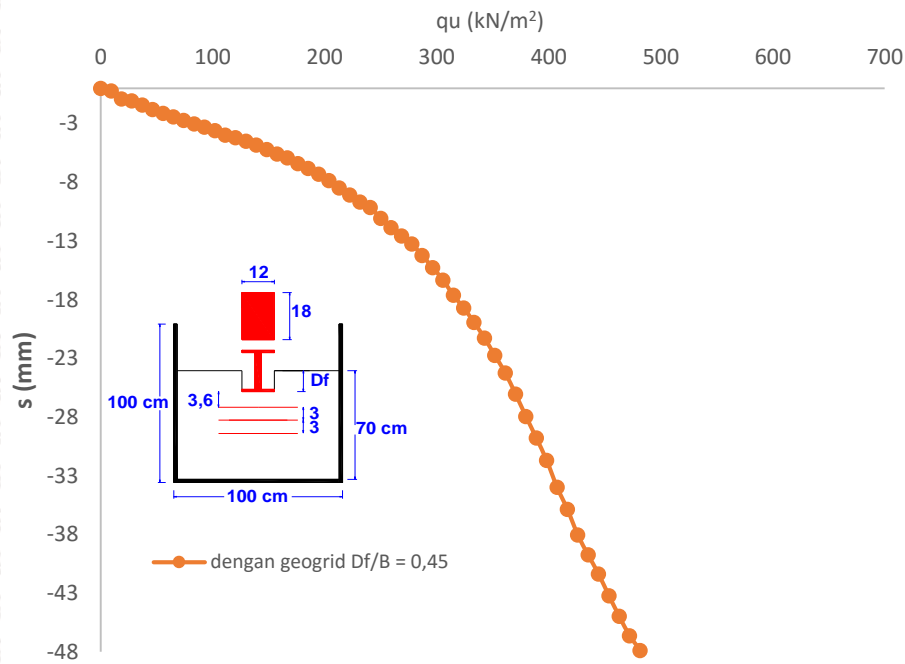
$L/B = 1,5$; $D_f/B = 0,3$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12 \text{ cm}$





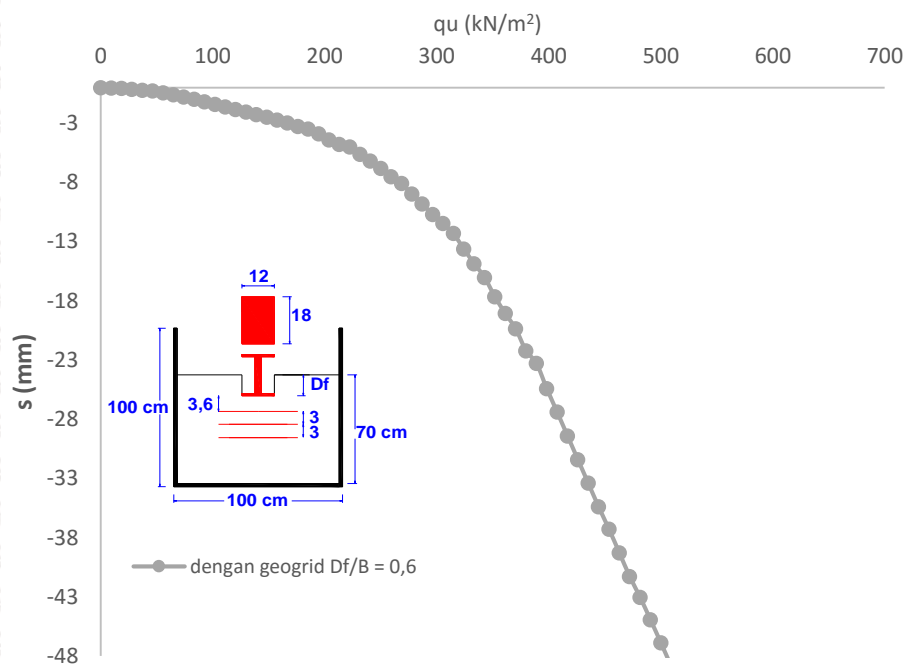
$L/B = 1,5$; $Df/B = 0,45$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12$ cm

"L/B=1,5"

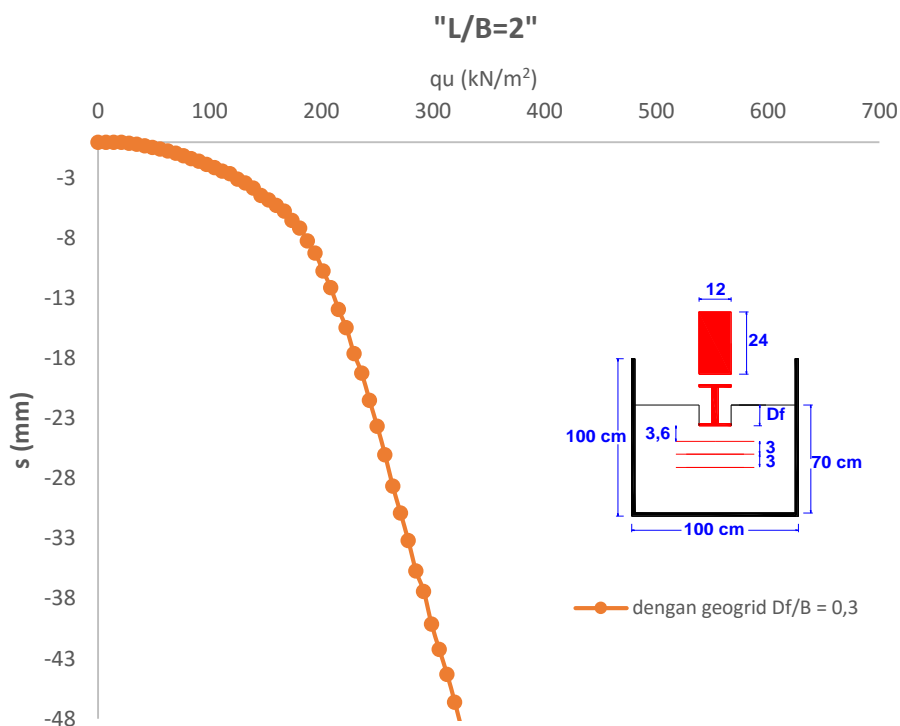


$L/B = 1,5$; $Df/B = 0,6$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12$ cm

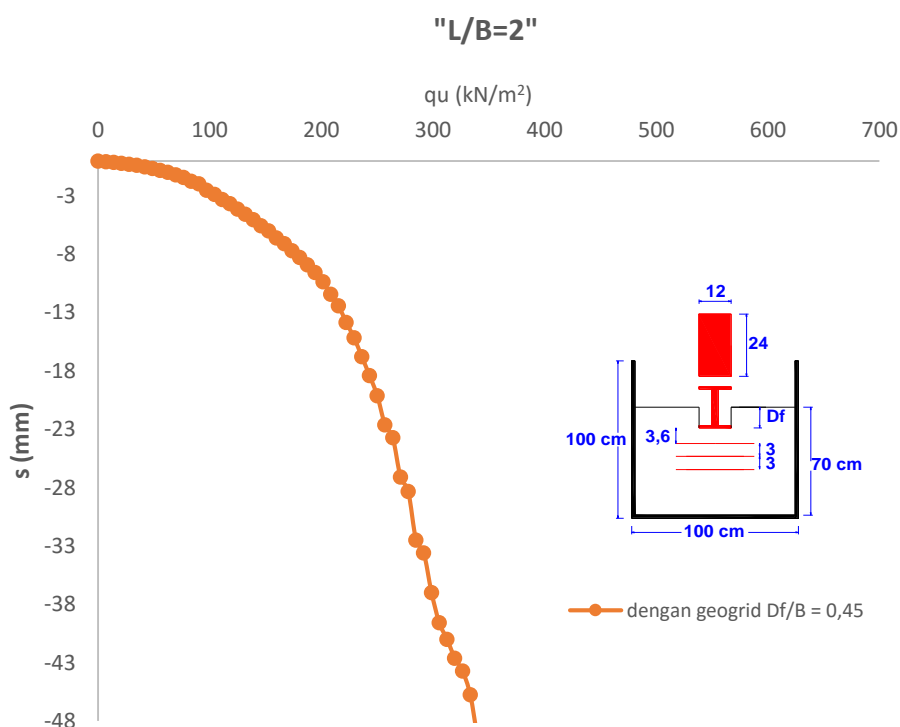
"L/B=1,5"



$L/B = 2$; $D_f/B = 0,3$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12 \text{ cm}$



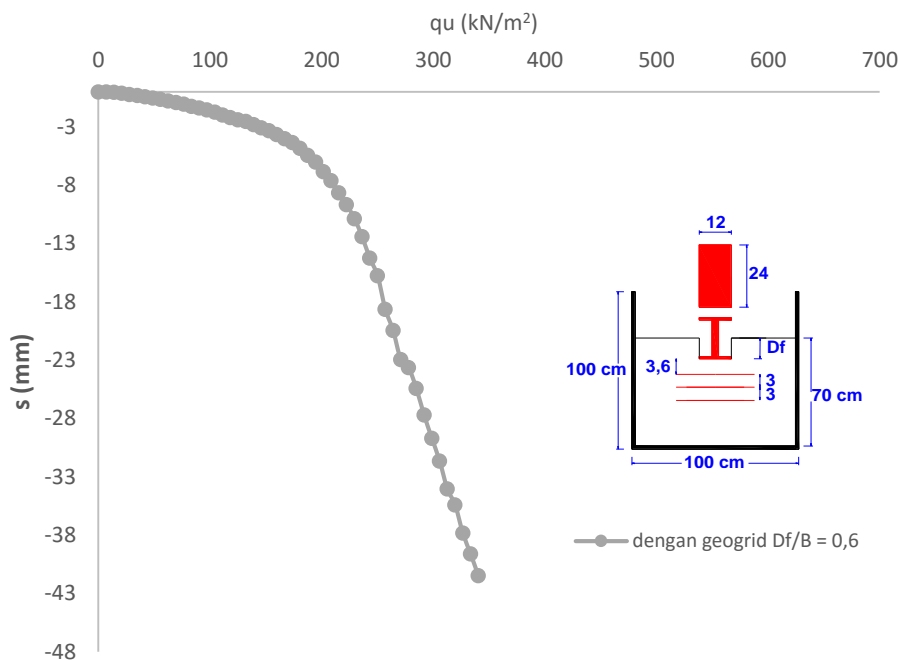
$L/B = 2$; $D_f/B = 0,45$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12 \text{ cm}$



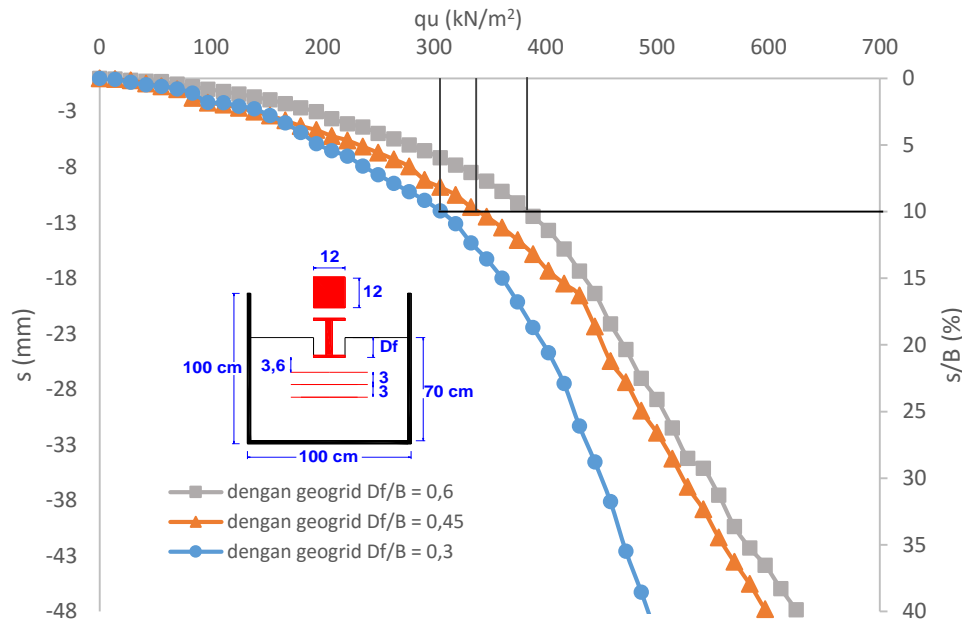


$L/B = 2$; $D_f/B = 0,6$; $u/B = 0,3$; $h/B = 0,25$; $B = 12$ cm

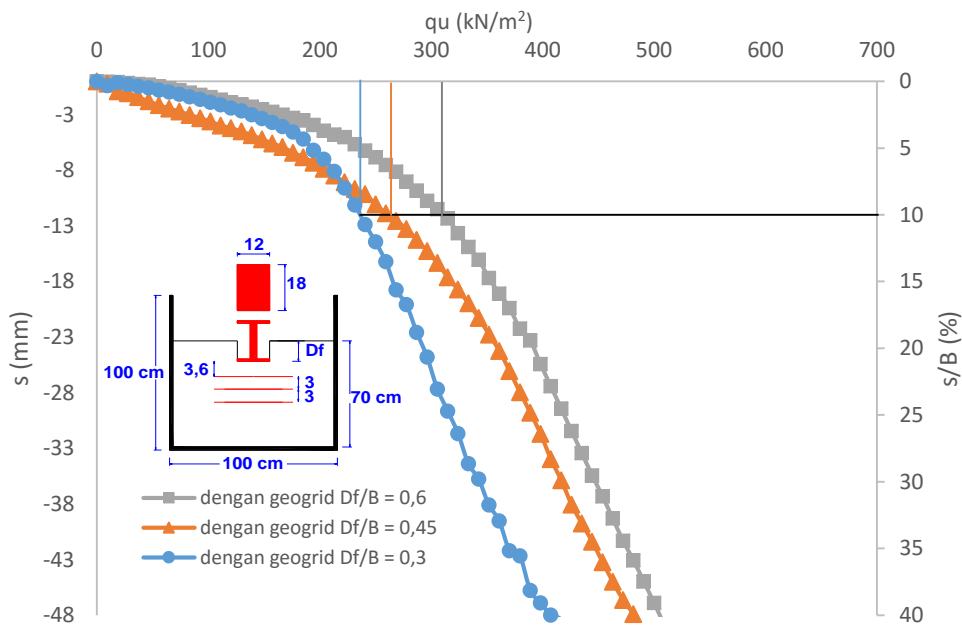
"L/B=2"



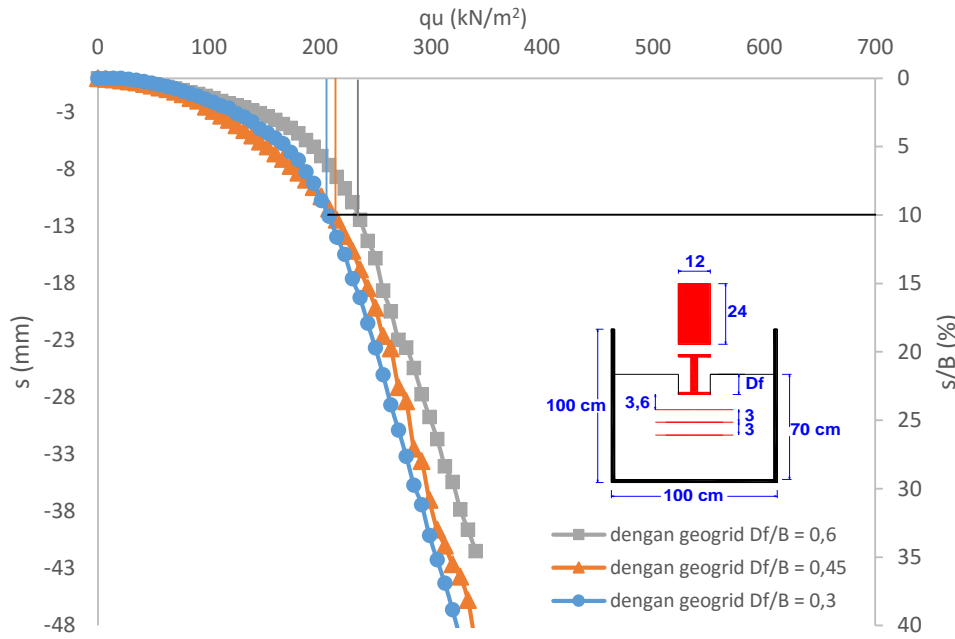
PERBANDINGAN VARIASI "Df/B" DENGAN "L/B=1"



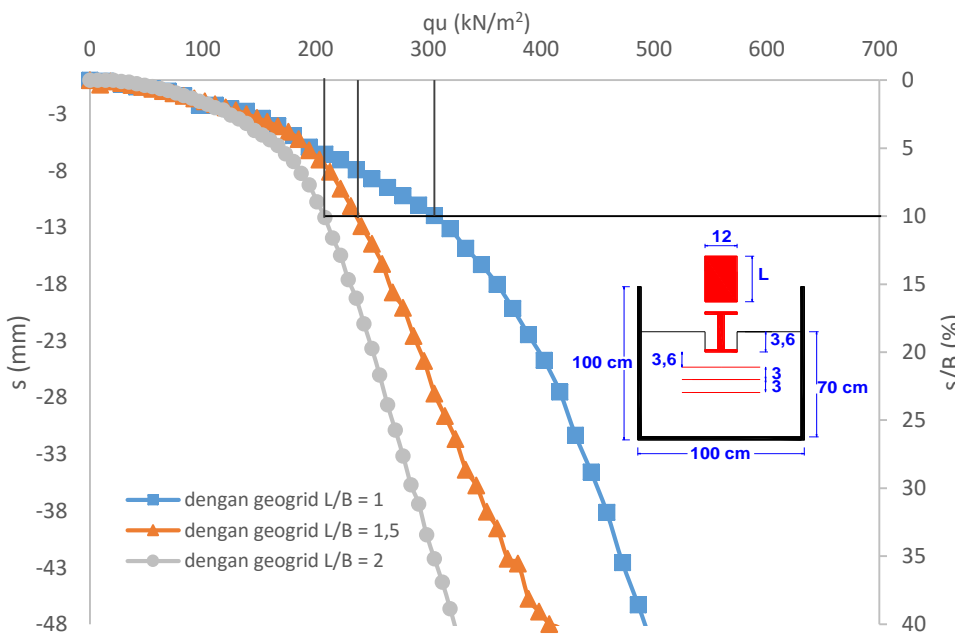
PERBANDINGAN VARIASI "Df/B" DENGAN "L/B=1,5"



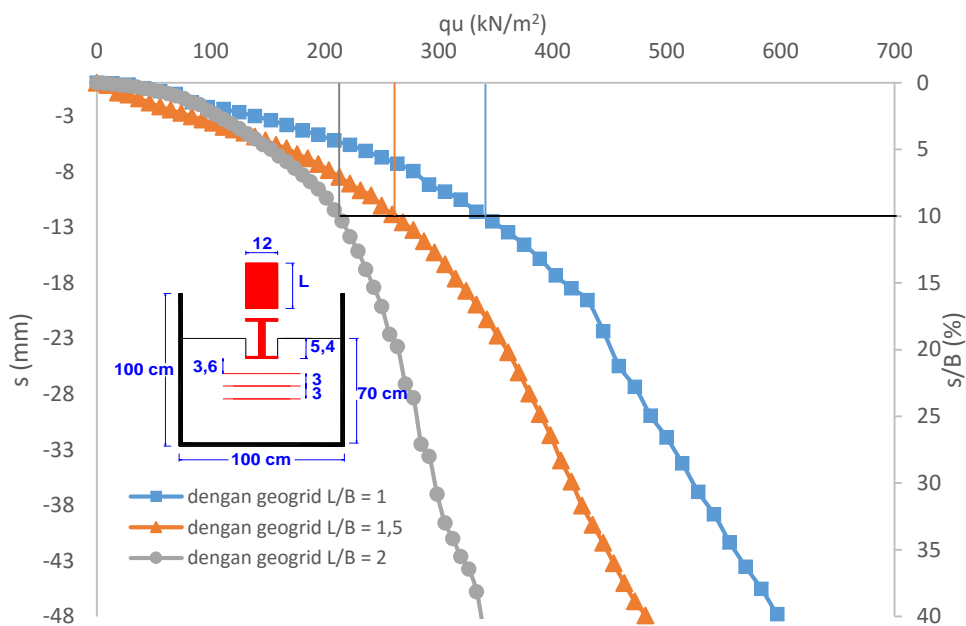
PERBANDINGAN VARIASI "Df/B" DENGAN
"L/B=2"



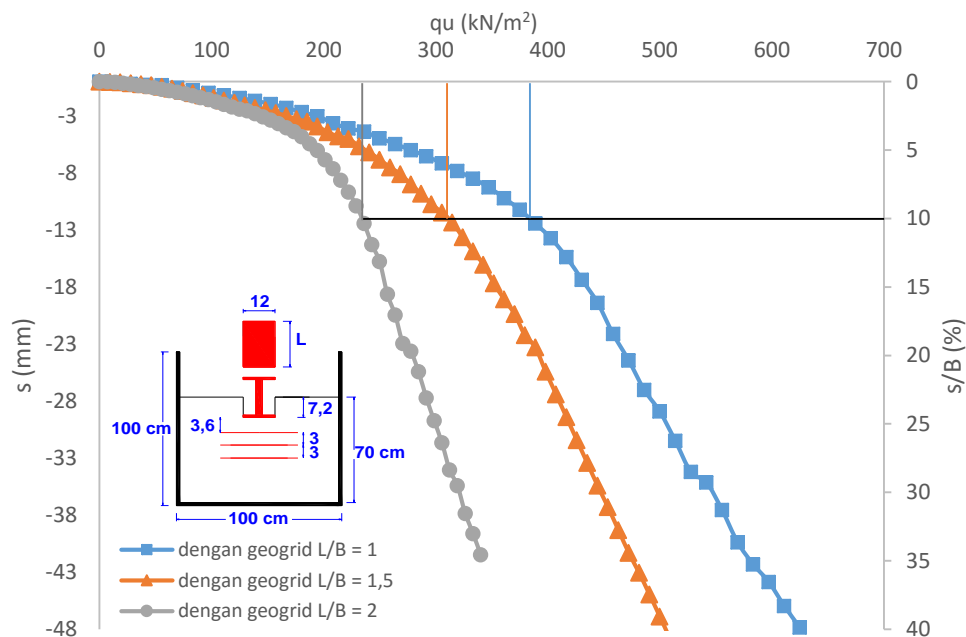
PERBANDINGAN VARIASI "L/B" DENGAN
"Df/B=0,3"



PERBANDINGAN VARIASI "L/B" DENGAN
"Df/B=0,45"



PERBANDINGAN VARIASI "L/B" DENGAN
"Df/B=0,6"



Lampiran 7. Perhitungan Daya Dukung Tanah Pasir Tanpa Perkuatan dengan Metode Analitik

A. Metode Meyerhof

$$\gamma = 16,13 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0,0029$$

$$\emptyset = 31,691^\circ$$

$$B = 0,12 \text{ m}$$

$$D_f = 0,3B = 0,036 \text{ m}$$

▪ L/B = 1

$$L = 0,12 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = (22,353 - 1) \tan (1,4 \cdot 31,691) = 20,887$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \emptyset/2) = \tan^2 (45 + 31,691/2) = 3,2$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,12 = 1,643$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,12 = 1,321$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,12 = 1,321$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{3,2} (0,036/0,12) = 1,108$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,036/0,12) = 1,054$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,036/0,12) = 1,054$$

$$f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i} = 1$$

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,643 \cdot 1,108 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,321 \cdot 1,054 \\ &\quad \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 20,887 \cdot 1,321 \cdot 1,054 \cdot 1 \\ &= 46,4029 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

▪ L/B = 1,5

$$L = 0,18 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = (22,353 - 1) \tan (1,4 \cdot 31,691) = 20,887$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \emptyset/2) = \tan^2 (45 + 31,691/2) = 3,2$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,18 = 1,428$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,18 = 1,214$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,18 = 1,214$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{3,2} (0,036/0,12) = 1,108$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,036/0,12) = 1,054$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,036/0,12) = 1,054$$

$$f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i} = 1$$

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,428 \cdot 1,108 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,214 \cdot 1,054 \\ &\quad \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 20,887 \cdot 1,214 \cdot 1,054 \cdot 1 \\ &= 42,632 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

▪ **L/B = 2**

$$L = 0,24 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \theta)} \tan^2 (45 + \theta/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \theta = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_{\gamma} = (N_q - 1) \tan (1,4 \theta) = (22,353 - 1) \tan (1,4 \cdot 31,691) = 20,887$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \theta/2) = \tan^2 (45 + 31,691/2) = 3,2$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,24 = 1,321$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,24 = 1,161$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,24 = 1,161$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{3,2} (0,036/0,12) = 1,108$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,036/0,12) = 1,054$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,036/0,12) = 1,054$$

$$f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i} = 1$$

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,321 \cdot 1,108 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,161 \cdot 1,054 \\ &\quad \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 20,887 \cdot 1,161 \cdot 1,054 \cdot 1 \\ &= 40,7468 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$



146

$$\gamma = 16,13 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0,0029$$

$$\emptyset = 31,691 \square$$

$$B = 0,12 \text{ m}$$

$$Df = 0,45B = 0,054 \text{ m}$$

▪ **L/B = 1**

$$L = 0,12 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = (22,353 - 1) \tan (1,4 \cdot 31,691) = 20,887$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \emptyset/2) = \tan^2 (45 + 31,691/2) = 3,2$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,12 = 1,643$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,12 = 1,321$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,12 = 1,321$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{3,2} (0,054/0,12) = 1,161$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,054/0,12) = 1,081$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,054/0,12) = 1,081$$

$$f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i} = 1$$

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,643 \cdot 1,161 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,321 \cdot 1,081 \\ &\quad \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 20,887 \cdot 1,321 \cdot 1,081 \cdot 1 \\ &= 56,8586 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

▪ **L/B = 1,5**

$$L = 0,18 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = (22,353 - 1) \tan (1,4 \cdot 31,691) = 20,887$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \emptyset/2) = \tan^2 (45 + 31,691/2) = 3,2$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,18 = 1,428$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,18 = 1,214$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,18 = 1,214$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{Kp} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{3,2} (0,054/0,12) = 1,161$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{Kp} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,054/0,12) = 1,081$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{Kp} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,054/0,12) = 1,081$$

$$f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i} = 1$$

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,428 \cdot 1,161 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,214 \cdot 1,081 \\ &\quad \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 20,887 \cdot 1,214 \cdot 1,081 \cdot 1 \\ &= 52,2398 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

▪ **L/B = 2**

$$L = 0,24 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_{\gamma} = (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = (22,353 - 1) \tan (1,4 \cdot 31,691) = 20,887$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \emptyset/2) = \tan^2 (45 + 31,691/2) = 3,2$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,24 = 1,321$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,24 = 1,161$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,24 = 1,161$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{Kp} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{3,2} (0,054/0,12) = 1,161$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{Kp} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,054/0,12) = 1,081$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{Kp} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,054/0,12) = 1,081$$

$$f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i} = 1$$

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,321 \cdot 1,161 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,161 \cdot 1,081 \\ &\quad \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 20,887 \cdot 1,161 \cdot 1,081 \cdot 1 \\ &= 49,9304 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$



148

$$\gamma = 16,13 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0,0029$$

$$\emptyset = 31,691^\circ$$

$$B = 0,12 \text{ m}$$

$$D_f = 0,6B = 0,072 \text{ m}$$

▪ **L/B = 1**

$$L = 0,12 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = (22,353 - 1) \tan (1,4 \cdot 31,691) = 20,887$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \emptyset/2) = \tan^2 (45 + 31,691/2) = 3,2$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,12 = 1,643$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,12 = 1,321$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,12 = 1,321$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{3,2} (0,072/0,12) = 1,215$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,072/0,12) = 1,108$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,072/0,12) = 1,108$$

$$f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i} = 1$$

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,643 \cdot 1,215 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,321 \cdot 1,108 \\ &\quad \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 20,887 \cdot 1,321 \cdot 1,108 \cdot 1 \\ &= 67,776 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

▪ **L/B = 1,5**

$$L = 0,18 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = (22,353 - 1) \tan (1,4 \cdot 31,691) = 20,887$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \emptyset/2) = \tan^2 (45 + 31,691/2) = 3,2$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,18 = 1,428$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,18 = 1,214$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,18 = 1,214$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{Kp} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{3,2} (0,072/0,12) = 1,215$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{Kp} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,072/0,12) = 1,108$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{Kp} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,072/0,12) = 1,108$$

$$f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i} = 1$$

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,428 \cdot 1,215 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,214 \cdot 1,108 \\ &\quad \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 20,887 \cdot 1,214 \cdot 1,108 \cdot 1 \\ &= 62,271 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

▪ $L/B = 2$

$$L = 0,24 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_{\gamma} = (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = (22,353 - 1) \tan (1,4 \cdot 31,691) = 20,887$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \emptyset/2) = \tan^2 (45 + 31,691/2) = 3,2$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,24 = 1,321$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,24 = 1,161$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 3,2 \cdot 0,12/0,24 = 1,161$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{Kp} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{3,2} (0,072/0,12) = 1,215$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{Kp} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,072/0,12) = 1,108$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{Kp} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{3,2} (0,072/0,12) = 1,108$$

$$f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i} = 1$$

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,321 \cdot 1,215 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,161 \cdot 1,108 \\ &\quad \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 20,887 \cdot 1,161 \cdot 1,108 \cdot 1 \\ &= 59,519 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

B. Metode Hansen

$$\gamma = 16,13 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0,0029$$

$$\emptyset = 31,691^\circ$$

$$B = 0,12 \text{ m}$$

$$D_f = 0,3B = 0,036 \text{ m}$$

▪ **L/B = 1**

$$L = 0,12 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = 1,5 (N_q - 1) \tan 31,691 = 19,775$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,12/0,12) \cdot (22,353/34,586) = 1,646$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan \emptyset = 1 + (0,12/0,12) \tan 31,691 = 1,525$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,12) = 0,6$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,036/0,12) = 1,12$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,036/0,12) = 1,083$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,646 \cdot 1,12 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,525 \cdot 1,083 \cdot \\ 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 33,119 \text{ kN/m}^3$$

▪ **L/B = 1,5**

$$L = 0,18 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = 1,5 (N_q - 1) \tan 31,691 = 19,775$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,12/0,18) \cdot (22,353/34,586) = 1,431$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan \emptyset = 1 + (0,12/0,18) \tan 31,691 = 1,35$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,18) = 0,733$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,036/0,12) = 1,12$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,036/0,12) = 1,083$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i}$$

$$= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,431 \cdot 1,12 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,35 \cdot 1,083 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,733 \cdot 1 \cdot 1$$

$$= 33,1843 \text{ kN/m}^3$$

▪ **L/B = 2**

$$L = 0,24 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = 1,5 (N_q - 1) \tan 31,691 = 19,775$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,12/0,24) \cdot (22,353/34,586) = 1,323$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan \emptyset = 1 + (0,12/0,24) \tan 31,691 = 1,263$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,24) = 0,8$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,036/0,12) = 1,12$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B)$$

$$= 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,036/0,12) = 1,084$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i}$$

$$= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,323 \cdot 1,12 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,263 \cdot 1,084 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1$$

$$= 33,2168 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma = 16,13 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0,0029$$

$$\emptyset = 31,691^\circ$$

$$B = 0,12 \text{ m}$$

$$D_f = 0,45B = 0,054 \text{ m}$$

▪ **L/B = 1**

$$L = 0,12 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = 1,5 (N_q - 1) \tan 31,691 = 19,775$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,12/0,12) \cdot (22,353/34,586) = 1,646$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan \emptyset = 1 + (0,12/0,12) \tan 31,691 = 1,525$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,12) = 0,6$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,054/0,12) = 1,18$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B)$$

$$= 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,054/0,12) = 1,125$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,646 \cdot 1,18 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,525 \cdot 1,125 \cdot \\ &\quad 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \\ &= 45,09448 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

▪ **L/B = 1,5**

$$L = 0,18 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_{\gamma} = 1,5 (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = 1,5 (N_q - 1) \tan 31,691 = 19,775$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,12/0,18) \cdot (22,353/34,586) = 1,431$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan \emptyset = 1 + (0,12/0,18) \tan 31,691 = 1,35$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,18) = 0,733$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,054/0,12) = 1,18$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B)$$

$$= 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,054/0,12) = 1,125$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,431 \cdot 1,18 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,35 \cdot \\ &\quad 1,125 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,733 \cdot 1 \cdot 1 \\ &= 43,7845 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

▪ **L/B = 2**

$$L = 0,24 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_{\gamma} = 1,5 (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = 1,5 (N_q - 1) \tan 31,691 = 19,775$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,12/0,24) \cdot (22,353/34,586) = 1,323$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan \emptyset = 1 + (0,12/0,24) \tan 31,691 = 1,263$$

$$f_{ys} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,24) = 0,8$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,054/0,12) = 1,18$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,054/0,12) = 1,125$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,323 \cdot 1,18 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,263 \\ \cdot 1,125 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 43,12945 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma = 16,13 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0,0029$$

$$\emptyset = 31,691^\circ$$

$$B = 0,12 \text{ m}$$

$$Df = 0,6B = 0,072 \text{ m}$$

▪ **L/B = 1**

$$L = 0,12 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_{\gamma} = 1,5 (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = 1,5 (N_q - 1) \tan 31,691 = 19,775$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,12/0,12) \cdot (22,353/34,586) = 1,646$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan \emptyset = 1 + (0,12/0,12) \tan 31,691 = 1,525$$

$$f_{ys} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,12) = 0,6$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,072/0,12) = 1,24$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,072/0,12) = 1,167$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,646 \cdot 1,24 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,525 \cdot 1,167 \cdot \\ 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 57,896 \text{ kN/m}^3$$

▪ **L/B = 1,5**

$$L = 0,18 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = 1,5 (N_q - 1) \tan 31,691 = 19,775$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,12/0,18) \cdot (22,353/34,586) = 1,431$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan \emptyset = 1 + (0,12/0,18) \tan 31,691 = 1,35$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,18) = 0,733$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,072/0,12) = 1,24$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,072/0,12) = 1,167$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,431 \cdot 1,35 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,35 \cdot \\ 1,167 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,733 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 55,116 \text{ kN/m}^3$$

▪ **L/B = 2**

$$L = 0,24 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan (1,4 \emptyset) = 1,5 (N_q - 1) \tan 31,691 = 19,775$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,12/0,24) \cdot (22,353/34,586) = 1,323$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan \emptyset = 1 + (0,12/0,24) \tan 31,691 = 1,263$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,24) = 0,8$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,072/0,12) = 1,24$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,072/0,12) = 1,167$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,323 \cdot 1,24 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,263 \\ \cdot 1,167 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 53,726 \text{ kN/m}^3$$

C. Metode Vesic

$$\gamma = 16,13 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0,0029$$

$$\phi = 31,691^\circ$$

$$B = 0,12 \text{ m}$$

$$D_f = 0,3B = 0,036 \text{ m}$$

▪ L/B = 1

$$L = 0,12 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \phi = 2 (22,353 + 1) \cdot \tan 31,691 = 28,836$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q/N_c) = 1 + (0,12/0,12) (22,353/34,586) = 1,646$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan \phi = 1 + (0,12/0,12) \tan 31,691 = 1,617$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4(B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,12) = 0,6$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,4 (0,036/0,12) = 1,12$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,036/0,12) = 1,083$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,646 \cdot 1,12 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,617 \cdot 1,083 \cdot \\ 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 39,6758 \text{ kN/m}^3$$

▪ L/B = 1,5

$$L = 0,18 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \phi = 2 (22,353 + 1) \cdot \tan 31,691 = 28,836$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q/N_c) = 1 + (0,12/0,18) (22,353/34,586) = 1,431$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan = 1 + (0,12/0,18) \tan 31,691 = 1,412$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4(B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,18) = 0,733$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,4 (0,036/0,12) = 1,12$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,036/0,12) = 1,083$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,431 \cdot 1,12 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,35 \cdot \\ 1,083 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,733 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 40,47846 \text{ kN/m}^3$$

▪ $L/B = 2$

$$L = 0,24 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \emptyset = 2 (76,671 + 1) \cdot \tan 31,691 = 28,836$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q/N_c) = 1 + (0,12/0,24) (22,353/34,586) = 1,323$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan = 1 + (0,12/0,24) \tan 31,691 = 1,309$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4(B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,24) = 0,8$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,4 (0,036/0,12) = 1,12$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,036/0,12) = 1,083$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,323 \cdot 1,12 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,309 \cdot \\ 1,083 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 33,2168 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma = 16,13 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0,0029$$

$$\emptyset = 31,691^\circ$$

$$B = 0,12 \text{ m}$$

$$Df = 0,45B = 0,054 \text{ m}$$

▪ **L/B = 1**

$$L = 0,12 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \emptyset = 2 (22,353 + 1) \cdot \tan 31,691 = 28,836$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q/N_c) = 1 + (0,12/0,12) (22,353/34,586) = 1,646$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan \emptyset = 1 + (0,12/0,12) \tan 31,691 = 1,617$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4(B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,12) = 0,6$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,4 (0,054/0,12) = 1,18$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B)$$

$$= 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,054/0,12) = 1,125$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$qu = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i}$$

$$= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,646 \cdot 1,18 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,617 \cdot 1,125$$

$$+ 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1$$

$$= 52,373 \text{ kN/m}^3$$

▪ **L/B = 1,5**

$$L = 0,18 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \emptyset = 2 (22,353 + 1) \cdot \tan 31,691 = 28,836$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q/N_c) = 1 + (0,12/0,18) (22,353/34,586) = 1,431$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan \emptyset = 1 + (0,12/0,18) \tan 31,691 = 1,412$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4(B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,18) = 0,733$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,4 (0,054/0,12) = 1,18$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,054/0,12) = 1,125$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$qu = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,431 \cdot 1,18 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,35 \cdot \\ 1,125 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,733 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 51,55995 \text{ kN/m}^3$$

▪ **L/B = 2**

$$L = 0,24 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \emptyset = 2 (76,671 + 1) \cdot \tan 31,691 = 28,836$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q/N_c) = 1 + (0,12/0,24) (22,353/34,586) = 1,323$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan \emptyset = 1 + (0,12/0,24) \tan 31,691 = 1,309$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4(B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,24) = 0,8$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,4 (0,054/0,12) = 1,18$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,054/0,12) = 1,125$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$qu = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,323 \cdot 1,18 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,309 \cdot \\ 1,125 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 51,1534 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma = 16,13 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0,0029$$

$$\emptyset = 31,691^\circ$$

$$B = 0,12 \text{ m}$$

$$Df = 0,6B = 0,072 \text{ m}$$

▪ **L/B = 1**

$$L = 0,12 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \emptyset = 2 (76,671 + 1) \cdot \tan 31,691 = 28,836$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q/N_c) = 1 + (0,12/0,12) (22,353/34,586) = 1,646$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan = 1 + (0,12/0,12) \tan 31,691 = 1,617$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4(B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,12) = 0,6$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,4 (0,072/0,12) = 1,24$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,072/0,12) = 1,167$$

$$f_{\gamma d}, f_{ci}, f_{qi}, f_{\gamma i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma \delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma \beta} = 1$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,646 \cdot 1,24 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,617 \cdot 1,167 \cdot 1 \\ + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 65,946 \text{ kN/m}^3$$

▪ **L/B = 1,5**

$$L = 0,18 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \emptyset = 2 (76,671 + 1) \cdot \tan 31,691 = 28,836$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q/N_c) = 1 + (0,12/0,18) (22,353/34,586) = 1,431$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan = 1 + (0,12/0,18) \tan 31,691 = 1,412$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4(B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,18) = 0,733$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,4 (0,072/0,12) = 1,24$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,072/0,12) = 1,167$$

$$f_{\gamma d}, f_{c_i}, f_{q_i}, f_{\gamma_i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma\delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma\beta} = 1$$

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{c_s} \cdot f_{c_d} \cdot f_{c_i} + q \cdot N_q \cdot f_{q_s} \cdot f_{q_d} \cdot f_{q_i} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma_s} \cdot f_{\gamma_d} \cdot f_{\gamma_i} \\ &= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,431 \cdot 1,24 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,35 \cdot \\ &1,167 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,733 \cdot 1 \cdot 1 \\ &= 63,406 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

▪ **L/B = 2**

$$L = 0,24 \text{ m (panjang pondasi)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \emptyset)} \tan^2 (45 + \emptyset/2) = e^{(\pi \tan 31,691)} \tan^2 (45 + 31,691/2) = 22,353$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset = (22,353 - 1) \cot 31,691 = 34,586$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \emptyset = 2 (76,671 + 1) \cdot \tan 31,691 = 28,836$$

$$f_{c_s} = 1 + (B/L)(N_q/N_c) = 1 + (0,12/0,24) (22,353/34,586) = 1,323$$

$$f_{q_s} = 1 + (B/L) \tan \emptyset = 1 + (0,12/0,24) \tan 31,691 = 1,309$$

$$f_{\gamma_s} = 1 - 0,4(B/L) = 1 - 0,4 (0,12/0,24) = 0,8$$

$$f_{c_d} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,4 (0,072/0,12) = 1,24$$

$$\begin{aligned} f_{q_d} &= 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 (D/B) \\ &= 1 + 2 \tan 31,691 (1 - \sin 31,691)^2 (0,072/0,12) = 1,167 \end{aligned}$$

$$f_{\gamma d}, f_{c_i}, f_{q_i}, f_{\gamma_i}, f_{c\delta}, f_{q\delta}, f_{\gamma\delta}, f_{c\beta}, f_{q\beta}, f_{\gamma\beta} = 1$$

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{c_s} \cdot f_{c_d} \cdot f_{c_i} + q \cdot N_q \cdot f_{q_s} \cdot f_{q_d} \cdot f_{q_i} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma_s} \cdot f_{\gamma_d} \cdot f_{\gamma_i} \\ &= 0,0029 \cdot 34,586 \cdot 1,323 \cdot 1,24 \cdot 1 + (0,072 \cdot 16,13) \cdot 22,353 \cdot 1,309 \\ &\cdot 1,167 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,13 \cdot 0,12 \cdot 19,775 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \\ &= 62,136 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

Lampiran 8. Dokumentasi Penelitian

Tahap 1



(Penimbangan – Pengumpulan – Memasukan pasir tiap layer kedalam box)

Tahap 2



(Penataan – Perataan – Penggilasan sesuai dengan kepadatan yang dicari)

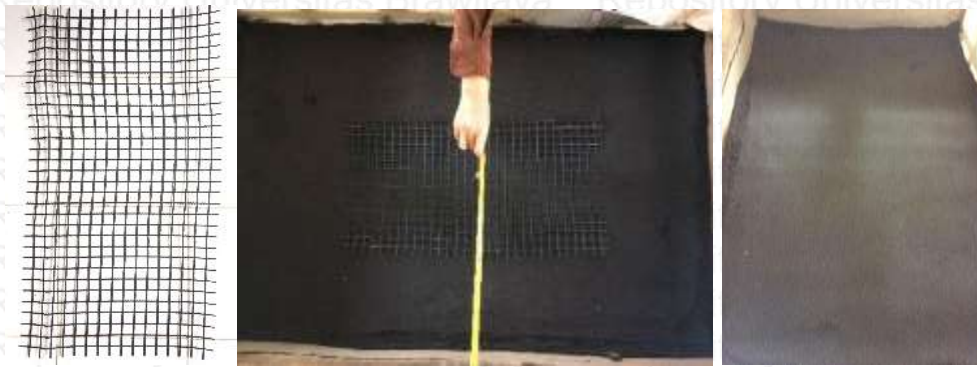
Tahap 3



(Density Test)



Tahap 4



(Pemotongan Geogrid – Pemasangan – Pengulangan tahap 1 dan 2)

Tahap 5



(Persiapan pemasangan pondasi pada layer teratas setelah pemadatan – Pelubangan)

Tahap 6



(Pemasangan Pondasi – Pengecekan Kemiringan – *Overbuden*)

Tahap 7



(*Setting Tools - Pompa Hidrolik – Load cell*)