

**PENGARUH VARIASI RASIO D/B DAN LEBAR PONDASI DENGAN TIGA
LAPIS PERKUATAN GEOGRID TIPE BIAKSIAL DAN $U/B=0,75$ TERHADAP
DAYA DUKUNG TANAH PASIR PADA PONDASI MENERUS**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**RICO ANGGRIAWAN
NIM. 125060107111020**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2016

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI RASIO D/B DAN LEBAR PONDASI DENGAN TIGA LAPIS
PERKUATAN GEOGRID TIPE BIAKSIAL DAN $U/B=0,75$ TERHADAP DAYA
DUKUNG TANAH PASIR PADA PONDASI MENERUS**

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh
gelar Sarjana Teknik



RICO ANGGRIAWAN

NIM. 125060107111020

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 10 Agustus 2016

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

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

Mengetahui,
Ketua Program Studi

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

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, Agustus 2016

Mahasiswa,

Rico Anggriawan

NIM. 125060107111020



LEMBAR IDENTITAS PENGUJI**JUDUL SKRIPSI:**

Pengaruh Variasi Rasio d/B dan Lebar Pondasi dengan Tiga Lapis Perkuatan Geogrid Tipe Biaksial dan $u/B=0,75$ Terhadap Daya Dukung Tanah Pasir pada Pondasi Menerus

Nama Mahasiswa : Rico Anggriawan

NIM : 125060107111020

Program Studi : Teknik Sipil

TIM DOSEN PENGUJI

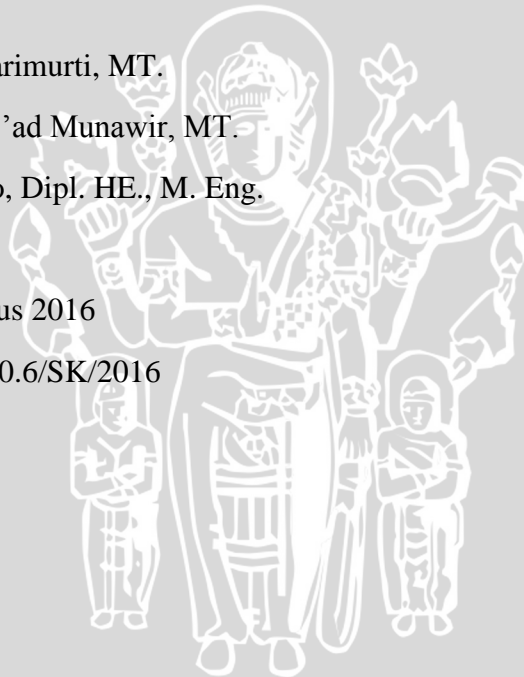
Dosen Penguji I : Dr. Ir. Harimurti, MT.

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

Dosen Penguji III : Ir. Suroso, Dipl. HE., M. Eng.

Tanggal Ujian : 02 Agustus 2016

SK Penguji : 910/UN10.6/SK/2016



RIWAYAT HIDUP

Rico Anggriawan lahir di Mojokerto 08 Agustus 1994 anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan H. Sumari dan Hj. Suwarni. Mengenyam pendidikan di SDN Terusan 1 Mojokerto lulus tahun 2006, SMPN 6 Mojokerto lulus tahun 2009 dan MAN Sooko Mojokerto lulus pada tahun 2012. Kemudian melanjutkan pendidikan tinggi S1 di Universitas Brawijaya Malang lulus pada tahun 2016.

Pada semasa kuliah, ikut berpartisipasi sebagai Anggota Proyek Kemah Kerja Mahasiswa, Panitia Probinmaba, Panitia Civil Camp, Tim Ornamen KJI-KBGI, Pengabdian Masyarakat, Anggota Departemen Kewirausahaan, Asisten Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi, dan sebagai Asisten Laboratorium Mekanika Tanah.

Malang,

Agustus 2016

Penulis



LEMBAR PERUNTUKAN

Pertama-tama saya bersyukur kepada Allah SWT karena atas barokah dan rahmatnya, Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih juga tidak lupa saya haturkan kepada Bapak-Ibu, Adik-adik yang telah memberikah dukungan moral dan material dalam proses penyelesaian skripsi ini, Bapak-Ibu dosen dan dosen pembimbing yang telah membimbing selama perkuliahan dan penyusunan skripsi. Begitu juga untuk Tim skripsi, Bayu, Aziz, Danu, Rahma, Saraswati, Rahmadhana, Fery dan Sarah yang telah berjuang bersama dalam penyelesaian skripsi ini. Dan teman-teman mahasiswa teknik sipil khusus nya teman-teman seperjuangan di Laboratorium.

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

Malang,

Agustus 2016

Penulis



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Variasi Rasio d/B dan Lebar Pondasi dengan Tiga Lapis Perkuatan Geogrid Tipe Biaksial dan $u/B=0,75$ Terhadap Daya Dukung Tanah Pasir pada Pondasi Menerus”**.

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. 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.
2. 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.
3. Ir. Harimurti, MT dan Dr. Ir. As'ad Munawir selaku dosen pembimbing pertama dan kedua yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi saran serta masukan kepada penulis.
4. Eko Andi Suryo, ST, MT, Ph.D, Ir. Suroso, Dipl.HE, M.Eng, MT, Dr. Ir. Arief Rachmansyah, Dr.Eng. Yulvi Zaika, MT selaku dosen geoteknik yang telah meluangkan waktu memberi saran serta masukan kepada penulis.
5. Ir. Sugeng P. Budio, MS selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis selama perkuliahan.
6. Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS, selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Konstruksi Bahan
7. Bapak dan Ibu dosen Teknik Sipil yang telah memberikan saran dan masukan penulis.
8. Pak Sugeng, Pak Hadi, dan Mas Dino selaku pihak dari Laboratorium Struktur dan Konstruksi Bahan yang telah membantu penulis.
9. Pak Ketut selaku Wakalab Mekanika tanah yang telah membantu penulis

10. Kedua orang tua penulis serta kakak dan adik yang telah memberikan dukungan secara penuh baik mental maupun materiil.
11. Aziz, Rahma, Saraswati, Danu, Filyan, Bayu, Sarah dan Rahmadhana yang merupakan satu tim dimana saling membantu satu sama lain dan bekerja keras hingga kita dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Ledib Aprilansi dan semua teman-teman Teknik Sipil yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu dan telah 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, 2016

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xii
<u>BAB I PENDAHULUAN</u>	1
1.1. <u>Latar Belakang</u>	1
1.2. <u>Identifikasi Masalah</u>	2
1.3. <u>Rumusan Masalah</u>	2
1.4. <u>Batasan Masalah</u>	3
1.5. <u>Tujuan Penelitian</u>	4
1.6. <u>Manfaat Penelitian</u>	4
<u>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</u>	7
2.1. <u>Pasir</u>	7
2.1.1. <u>Karakteristik Tanah Pasir</u>	7
2.1.2. <u>Klasifikasi Pasir Berdasarkan Unified (U.S.C.S)</u>	9
2.1.3. <u>Kepadatan Relatif Pasir</u>	12
2.2. <u>Geosintetik</u>	12
2.2.1. <u>Pengertian Geosintetik</u>	12
2.2.2. <u>Geogrid</u>	13
2.2.2.1. <u>Pengertian Geogrid</u>	13
2.2.2.2. <u>Jenis Geogrid</u>	14
2.2.3. <u>Karakteristik Geogrid Sebagai Bahan Perkuatan</u>	16

2.2.3.1.	<u>Kekuatan Tarik</u>	16
2.2.3.2.	<u>Interaksi Tanah dan Geogrid</u>	17
2.2.3.3.	<u>Tahanan Rangkak</u>	18
2.2.3.4.	<u>Geogrid sebagai Material Perkuatan Tanah</u>	18
2.2.3.5.	<u>Jarak Antar Lapisan Geogrid</u>	19
2.2.3.6.	<u>Panjang Geogrid yang Dibutuhkan</u>	19
2.2.3.7.	<u>Penambahan Jumlah Lapisan Geogrid</u>	20
2.2.3.7.	<u>Mekanisme Kerja Geogrid pada Tanah</u>	20
2.3.	<u>Pondasi Dangkal</u>	21
2.3.1.	<u>Tegangan Kontak</u>	22
2.3.2.	<u>Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi</u>	23
2.3.3.	<u>Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi Perkuatan</u>	25
2.4.	<u>Teori Daya Dukung Pondasi</u>	26
2.4.1.	<u>Pengertian Daya Dukung Pondasi</u>	26
2.4.2.	<u>Solusi Meyerhof</u>	27
2.4.3.	<u>Solusi Hansen dan Vesic</u>	29
2.5.	<u>Bearing Capacity Improvement (BCI)</u>	29
2.6.	<u>Kriteria Penentuan Beban Ultimit</u>	30
2.7.	<u>Penurunan</u>	32
<u>BAB III METODE PENELITIAN</u>		35
3.1.	<u>Waktu dan Tempat</u>	35
3.2.	<u>Alat dan Bahan Penelitian</u>	35
3.3.	<u>Jumlah dan Perlakuan Benda Uji</u>	36
3.4.	<u>Metode Penelitian</u>	37
3.4.1.	<u>Pengujian Dasar</u>	37

3.4.2. <u>Persiapan Benda Uji</u>	38
3.4.3. <u>Model Pengujian Pondasi</u>	39
3.4.4. <u>Pengujian Pembebanan</u>	40
3.5. <u>Metode Analisis Data</u>	41
3.6. <u>Variasi Penelitian</u>	43
3.7. <u>Bagan Alir Tahapan Penelitian</u>	44
<u>BAB IV PEMBAHASAN</u>	44
4.1. <u>Analisis Bahan</u>	47
4.1.1. <u>Analisis Gradasi Butiran Tanah</u>	48
4.1.2. <u>Analisis Specific Gravity</u>	49
4.1.3. <u>Analisis Pemeriksaan Kepadatan Tanah (Compaction)</u>	49
4.1.3.1. <u>Kepadatan Tanah Standar di Laboratorium (Proctor Test)</u>	49
4.1.3.2. <u>Kepadatan Tanah Model</u>	50
4.1.4. <u>Analisis Kuat Geser Langsung (Direct Shear)</u>	51
4.2. <u>Pengujian Model Test</u>	51
4.3. <u>Hasil Pengujian Model Test</u>	52
4.3.1. <u>Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan Geogrid</u>	52
4.3.1.1. <u>Hasil Pemeriksaan Kadar Air dan Kepadatan</u>	53
4.3.2. <u>Pondasi Menerus Dengan Perkuatan Geogrid</u>	54
4.3.2.1. <u>Hasil Pemeriksaan Kadar Air dan Kepadatan</u>	55
4.4. <u>Analisis Daya Dukung Tanah Pasir RC 85%</u>	55
4.4.1. <u>Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan Geogrid</u>	55
4.4.1.1. <u>Metode Analitik</u>	55
4.4.1.2. <u>Metode Eksperimen</u>	56
4.4.2. <u>Pondasi Menerus dengan Perkuatan Geogrid</u>	58

4.5. Analisis Penurunan Tanah Pasir RC 85%	60
4.5.1. Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan Geogrid	60
4.5.1.1. <u>Penurunan Tanah Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan Geogrid pada Variasi Rasio d/B</u>	60
4.5.1.2. <u>Penurunan Tanah Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan Geogrid pada Variasi Lebar Pondasi</u>	62
4.5.2. Pondasi Menerus dengan Perkuatan Geogrid	64
4.5.2.1. <u>Penurunan Tanah Pondasi Menerus dengan Perkuatan Geogrid pada Variasi Rasio d/B terhadap Lebar Pondasi</u>	64
4.5.2.1.1. <u>Lebar Pondasi 6 cm</u>	64
4.5.2.1.2. <u>Lebar Pondasi 8 cm</u>	65
4.5.2.1.3. <u>Lebar Pondasi 10 cm</u>	66
4.5.2.2. <u>Penurunan Tanah Pondasi Menerus dengan Perkuatan Geogrid pada Variasi Lebar Pondasi terhadap Rasio d/B</u>	67
4.5.2.2.1. <u>d/B = 0</u>	67
4.5.2.2.2. <u>d/B = 0,5</u>	68
4.5.2.2.3. <u>d/B = 1</u>	69
4.6. <u>Perbandingan Hubungan Daya Dukung dan Penurunan antara Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan Geogrid dengan Pondasi Menerus Perkuatan Geogrid</u>	70
4.6.1. <u>Perbandingan Hubungan Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan dengan Pondasi Menerus Perkuatan Geogrid pada Variasi Lebar Pondasi</u>	70
4.6.1.1. <u>Lebar Pondasi 6 cm</u>	70
4.6.1.1.1. <u>d/B = 0</u>	70
4.6.1.1.2. <u>d/B = 0,5</u>	71
4.6.1.1.3. <u>d/B = 1</u>	73
4.6.1.2. <u>Lebar Pondasi 8 cm</u>	74
4.6.1.2.1. <u>d/B = 0</u>	74
4.6.1.2.2. <u>d/B = 0,5</u>	75

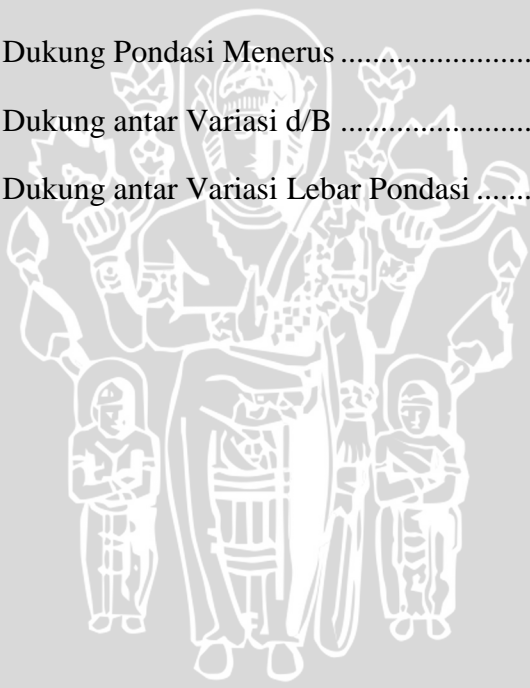
4.6.1.2.3. <u>d/B = 1</u>	76
4.6.1.3. <u>Lebar Pondasi 10 cm</u>	77
4.6.1.3.1. <u>d/B = 0</u>	77
4.6.1.3.2. <u>d/B = 0,5</u>	78
4.6.1.3.3. <u>d/B = 1</u>	79
4.7. <u>Analisis Bearing Capacity Improvement berdasarkan Data Dukung Ultimit (BCIu)</u> . 81	
4.7.1. <u>Perbandingan BCIu pada Variasi Rasio d/B terhadap Lebar Pondasi</u>	81
4.7.2. <u>Perbandingan BCIu pada Variasi Lebar Pondasi terhadap d/B</u>	82
4.8. <u>Analisis Peningkatan Nilai Daya Dukung pada Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan Geogrid dengan Pondasi Menerus Perkuatan Geogrid</u>	84
4.9. <u>Pengaruh Rasio Kedalaman Pondasi dengan Lebar Pondasi (d/B) dan Lebar Pondasi terhadap Nilai Daya Dukung</u>	86
<u>BAB V PENUTUP</u>	87
5.1. <u>Kesimpulan</u>	87
5.2. <u>Saran</u>	88
<u>DAFTAR PUSTAKA</u>	89
LAMPIRAN	91



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1	Rentang Ukuran Partikel	8
Tabel 2	Jenis Tanah Berdasarkan Rentang Sudut Gesek Dalam Pasir.....	9
Tabel 3	Sistem Klasifikasi Tanah Unified (U.S.C.S.).....	10
Tabel 4	Sistem Klasifikasi Unified (U.S.C.S.).....	11
Tabel 5	Fungsi Produk Geosintetik Berdasarkan Jenisnya	13
Tabel 6	Faktor-Faktor Bentuk Pondasi	28
Tabel 7	Faktor Kedalaman Pondasi.....	28
Tabel 8	Faktor-Faktor Kemiringan Beban	28
Tabel 9	Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan	41
Tabel 10	Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Menerus Dengan Perkuatan Menggunakan Variasi Rasio d/B.....	42
Tabel 11	Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Menerus Dengan Perkuatan Menggunakan Variasi Lebar Pondasi	42
Tabel 12	Bearing Capacity Improvement (BCI) Untuk Variasi Lebar Pondasi dan Variasi d/B.....	43
Tabel 13	Tipe Geogrid	47
Tabel 14	Nilai rata-rata <i>Specific Gravity</i>	49
Tabel 15	Tinggi Benda Uji Berdasarkan Rasio Kedalaman Pondasi dengan Lebar pondasi (d/B)	52
Tabel 16	Matriks Pengujian	53
Tabel 17	Nilai Kadar Air dan Berat Isi Kering Tanah Pondasi Menerus tanpa Perkuatan Geogrid.....	54
Tabel 18	Nilai Kadar Air dan Berat Isi Kering Tanah Pondasi Menerus dengan Perkuatan Geogrid.....	55

Tabel 19	Nilai Daya Dukung Analitik untuk Pondasi Menerus tanpa Perkuatan Geogrid	56
Tabel 20	Nilai Daya Dukung Berdasarkan Eksperimen untuk Pondasi Tanpa Perkuatan	56
Tabel 21	Nilai Daya Dukung Eksperimen Pondasi Menerus dengan Perkuatan Geogrid pada Variasi Rasio d/B	58
Tabel 22	Nilai Daya Dukung Eksperimen Pondasi Menerus dengan Perkuatan Geogrid pada Variasi Lebar Pondasi	59
Tabel 23	Nilai BCIu untuk Variasi Rasio d/B.....	81
Tabel 24	Nilai BCIu untuk Variasi Lebar Pondasi.....	83
Tabel 25	Peningkatan Daya Dukung Pondasi Menerus	84
Tabel 26	Peningkatan Daya Dukung antar Variasi d/B	85
Tabel 27	Peningkatan Daya Dukung antar Variasi Lebar Pondasi	85



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Bentuk-bentuk butiran tanah pasir	8
Gambar 2.2	Geogrid uniaksial	14
Gambar 2.3	Geogrid biaksial	15
Gambar 2.4	Geogrid triaksial.....	15
Gambar 2.5	Geogrid uniaksial	15
Gambar 2.6	Diagram kuat tarik geogrid	17
Gambar 2.7	Grafik uji <i>pull-out</i> terhadap tegangan geser pada pasir dengan perkuatan geogrid	18
Gambar 2.8	Hubungan z/B vs BCR	19
Gambar 2.9	Hubungan panjang perkuatan (LG) vs rasio penurunan dengan jumlah lapis (S/N)	20
Gambar 2.10	Pengaruh jumlah lapis geogrid	20
Gambar 2.11	Mekanisme kerja geogrid	21
Gambar 2.12	Macam-macam pondasi dangkal	22
Gambar 2.13	Tegangan kontak akibat beban aksial eksentris.....	23
Gambar 2.14	Penyebaran tekanan dalam tanah.....	23
Gambar 2.15	Macam keruntuhan pondasi.....	25
Gambar 2.16	Tipe keruntuhan <i>wide slab</i> pada tanah dengan perkuatan geogrid di pondasi dangkal	26
Gambar 2.17	Tipe keruntuhan <i>pull-out</i> pada tanah dengan perkuatan geogrid di pondasi dangkal	26
Gambar 2.18	Kurva penurunan terhadap beban ultimit	32

Gambar 2.19 Grafik hubungan tegangan tanah dengan penurunan pada tanah tanpa perkuatan dan tanah perkuatan geogrid	33
Gambar 3.1 (a) Silinder beton (b) <i>Dial LVDT</i> (c) <i>Load cell</i>	36
Gambar 3.2 Model tes percobaan	37
Gambar 3.3 Model <i>box</i> penelitian	38
Gambar 3.4 Skema susunan pembebanan	41
Gambar 3.5 Bagan alir percobaan	45
Gambar 4.1 Hasil pembagian ukuran butiran tanah	48
Gambar 4.2 Grafik pemadatan standar	50
Gambar 4.3 Hubungan antara tegangan geser dan tegangan normal	51
Gambar 4.4 Skema pemodelan pondasi tanpa perkuatan	53
Gambar 4.5 Skema pemodelan pondasi dengan perkuatan	54
Gambar 4.6 Perbandingan nilai daya dukung pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid berdasarkan metode eksperimen dan analitik	58
Gambar 4.7 Nilai daya dukung ultimit (q_u) eksperimen pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pada variasi rasio d/B	59
Gambar 4.8 Nilai daya dukung ultimit (q_u) eksperimen pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pada variasi lebar pondasi	60
Gambar 4.9 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid pada variasi rasio d/B	62
Gambar 4.10 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid pada variasi lebar pondasi	64
Gambar 4.11 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid saat lebar pondasi $B = 6$ cm, $d/B = 0; 0,5$ dan 1	65
Gambar 4.12 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid saat lebar pondasi $B = 8$ cm, $d/B = 0; 0,5$ dan 1	66

Gambar 4.13 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid saat lebar pondasi $B = 10$ cm, $d/B = 0; 0,5$ dan 1 67

Gambar 4.14 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid saat $d/B = 0$, $B = 6, 8$, dan 10 cm..... 68

Gambar 4.15 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid saat $d/B = 0,5$; $B = 6, 8$, dan 10 cm..... 69

Gambar 4.16 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid saat $d/B = 1$, $B = 6, 8$, dan 10 cm..... 70

Gambar 4.17 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 6$ cm, $d/B = 0,71$

Gambar 4.18 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 6$ cm, $d/B = 0,5$ 72

Gambar 4.19 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 6$ cm, $d/B = 0,73$

Gambar 4.20 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 8$ cm, $d/B = 0,74$

Gambar 4.21 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 8$ cm, $d/B = 0,5$ 75

Gambar 4.22 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 8$ cm, $d/B = 0,76$

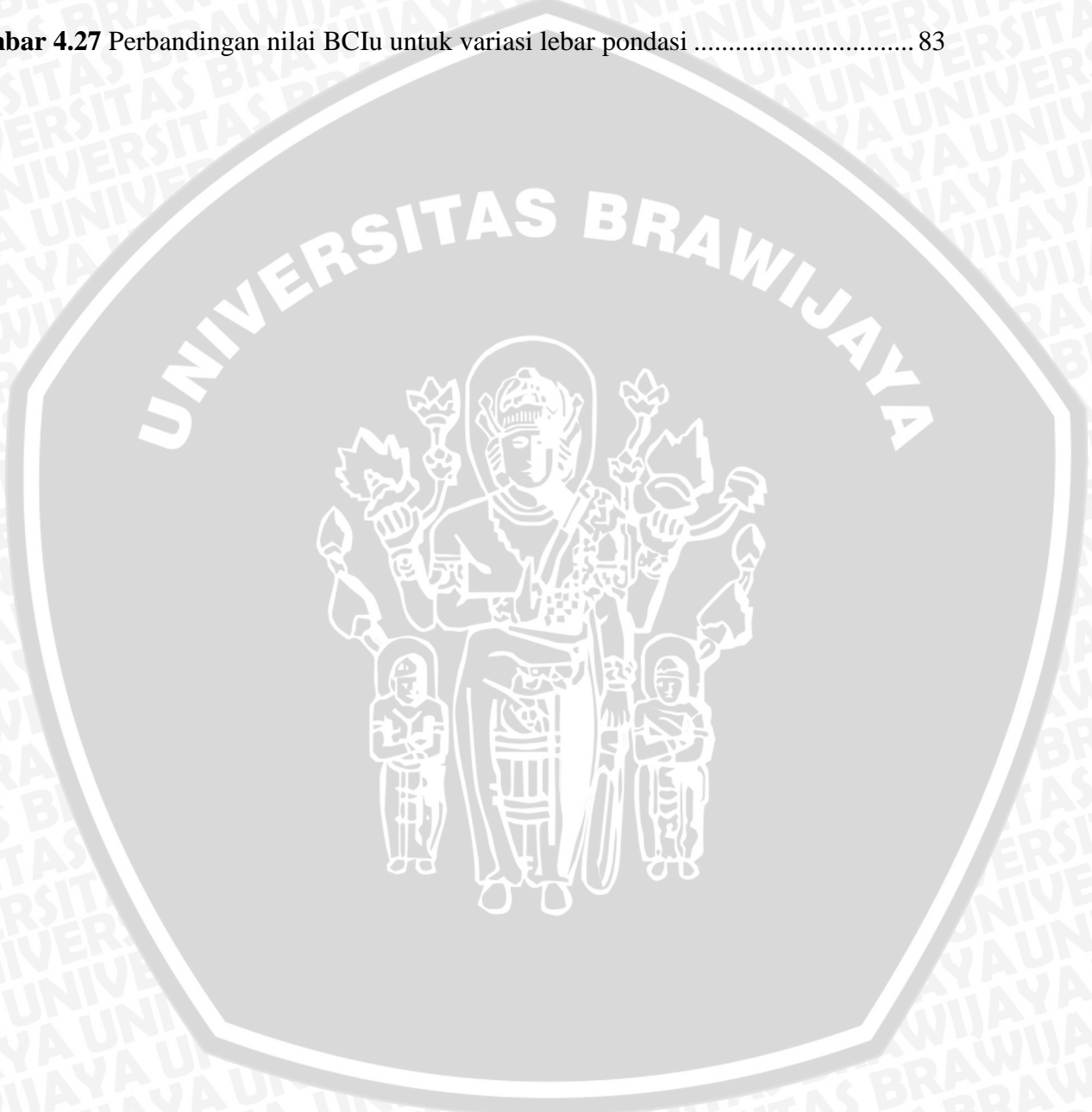
Gambar 4.23 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 10$ cm, $d/B = 0$ 78

Gambar 4.24 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 10$ cm, $d/B = 0,5$ 79

Gambar 4.25 Hubungan q_u dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 10$ cm, $d/B = 1$ 80

Gambar 4.26 Perbandingan nilai BC_{Iu} untuk variasi rasio d/B 82

Gambar 4.27 Perbandingan nilai BC_{Iu} untuk variasi lebar pondasi 83



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Analisis Gradasi Butir Tanah	91
Lampiran 2	Analisis <i>Specific Gravity</i> Tanah	92
Lampiran 3	Analisis Uji Geser Langsung (<i>Direct Shear</i>)	95
Lampiran 4	Analisis Uji Pemadatan Standar (ASTM D-698-70 METODE B)	97
Lampiran 5	Pengujian Kadar Air dan Kepadatan Pasir	100
Lampiran 6	Rekapitulasi Data Daya Dukung dan Penurunan Berdasarkan Eksperimen	110
Lampiran 7	Perhitungan Daya Dukung Pondasi tanpa Perkuatan dengan Metode Analitik	137
Lampiran 8	Dokumentasi Penelitian.....	164



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pondasi merupakan faktor yang sangat penting dari struktur bawah (*sub structure*) yang berperan untuk meneruskan beban dari struktur atas (*upper structure*) ke tanah dasar. Letaknya yang tertutup oleh lantai maka akan sulit untuk memperbaiki apabila terjadi kerusakan, oleh karena itu desain pada pondasi harus direncanakan secara matang agar kuat dan kokoh. Selain pondasi, tanah dasar juga merupakan faktor penting yang berfungsi untuk menyangga konstruksi di atasnya. Ketika akan dilakukan suatu konstruksi bangunan disuatu lahan, tanah dasar tidak semuanya memiliki daya dukung yang baik. Perlunya penyelidikan tanah untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah merupakan hal yang sangat penting dalam suatu pekerjaan konstruksi. Hal ini bertujuan untuk mengantisipasi terjadinya kegagalan struktur terutama pada bagian tanah dasar.

Sebagian besar wilayah Indonesia yang memiliki daya dukung rendah merupakan suatu masalah yang harus dihadapi. Tanah berpasir adalah salah satu contoh tanah yang memiliki daya dukung rendah. Pembangunan struktur di atas tanah berpasir akan menghadapi beberapa masalah geoteknik, karena sifat pasir diantaranya memiliki ikatan antar partikel yang kecil dan sudut gesek dalam yang besar. Resiko utama adalah penurunan (*settlement*) yang akan timbul perlu diperhatikan berkaitan dengan keamanan struktur tersebut.

Pada saat menemui tanah dengan daya dukung yang kurang memadai, maka perlu dilakukan perkuatan pada tanah tersebut. Henry Vidal (1964) mempelopori bentuk modern teknik perkuatan tanah dengan cara penambahan material komposit berbentuk lembaran metal yang diletakkan horisontal pada tanah granular. Teknik ini menganalogikan pemanfaatan friksi yang terjadi antara material tanah dengan penambahan material komposit tersebut. Berkembangnya teknologi pada tahun 1970 merupakan awal dimulainya material geosintetik yang merupakan bahan baru didunia perkuatan tanah. Penggunaan material ini berkembang pesat sampai sekarang karena biaya yang diperlukan ekonomis dan bahannya yang terbuat dari polimer maka tidak terdegradasi oleh mikroba.

Pengaplikasiannya dalam dunia konstruksi sebagai perkuatan lereng, stabilisasi tanah dasar, dan khususnya sebagai perkuatan tanah dasar.

Pontjo (2004) melakukan penelitian penggunaan geogrid dengan variasi rasio jarak lapisan teratas, rasio jarak antar geogrid dan rasio jarak lapisan terbawah dengan lebar pondasi. Dari penelitian tersebut didapat kenaikan daya dukung masing-masing 2,5-3,5 kali lipat, 2,5 kali lipat dan 5 kali lipat dari tanah pasir tanpa penggunaan geogrid.

Penggunaan geosintetik untuk meningkatkan daya dukung dan pengurangan penurunan dari pondasi dangkal sebagai pembuktian efektifitas biaya di sistem pondasi (Basudhar et al., 2007; El Sawwaf, 2007; Ghazavi dan Lavasan, 2008).

Pemanfaatan geogrid sebagai lapisan perkuatan tanah pernah diteliti oleh Triana (2015) yang menyimpulkan bahwa apabila geosintetik digunakan sebagai bahan perkuatan tanah akan terjadi regangan dan tegangan pada luasannya, sehingga geosintetik diharapkan mampu menjadi solusi terbaik.

Berdasarkan penelitian tersebut maka dicoba untuk melakukan penelitian dengan percobaan pemodelan fisik tanah pasir dengan symbol SP (*poorly graded sand*) untuk pengoptimalan fungsi geogrid. Parameter yang diteliti meliputi rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (d/B) dan lebar pondasi (B) sebagai bahan perbaikan tanah pasir sebelum pondasi menerus dibangun.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka peneliti mengidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Untuk menambah nilai daya dukung, maka diperlukan suatu perkuatan pada tanah pasir.
2. Penambahan perkuatan diharapkan menambah daya dukung dan mengurangi penurunan yang terjadi.
3. Perkuatan yang digunakan adalah geogrid dengan memberikan variasi rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (d/B) yaitu 0; 0,5; dan 1 serta variasi lebar pondasi yaitu 6cm, 8cm, dan 10cm.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang ditemukan, maka rumusan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana daya dukung tanah pasir untuk pondasi menerus yang terjadi dengan perkuatan dibandingkan dengan tanpa perkuatan geogrid menggunakan variasi rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (d/B) dan lebar pondasi (B)?
2. Bagaimana daya dukung tanah pasir untuk pondasi menerus akibat variasi rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (d/B) dengan perkuatan geogrid?
3. Bagaimana daya dukung tanah pasir untuk pondasi menerus akibat variasi lebar pondasi (B) dengan perkuatan geogrid?
4. Berapa rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (d/B) dan lebar pondasi (B) yang optimum sebagai daya dukung tanah pasir untuk pondasi menerus dengan perkuatan geogrid?

1.4 Batasan Masalah

Untuk memperjelas ruang lingkup penelitian, maka pembatasan masalah diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian yang meliputi pengujian dasar seperti uji berat jenis (*density*), uji geser langsung (*direct shear*), analisa gradasi butiran (*grain size*), uji pemadatan standar dan uji kadar air (*water content*) dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Pengujian model pondasi dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Tanah yang digunakan adalah tanah homogen isotropis, berupa tanah urugan dengan jenis tanah pasir dengan simbol SP (*Poorly Graded Sand*) menurut sistem *Unified (U.S.C.S)*.
4. Geosintetik yang digunakan adalah jenis geogrid
5. Geogrid yang digunakan sebagai perkuatan pada uji pemodelan fisik pondasi tanah pasir adalah geogrid *biaxial* yang didapat dari PT. Tetrasa Geosinindo
6. Air yang digunakan adalah air PDAM Kota Malang
7. Kadar air yang digunakan adalah kadar air optimum (OMC)

8. Peraturan yang digunakan berdasarkan *American Society of Testing and Materials* (ASTM) dan *Unified Soil Classification System* (USCS)
9. Pengidentifikasian daya dukung menggunakan pondasi dangkal dengan tipe menerus dengan lebar pondasi 8cm, 10cm, dan 12cm dengan jarak dasar pondasi ke muka tanah yang memiliki rasio sebesar $d/B=0$; $d/B=0,5$; $d/B=1$
10. Penempatan beban hanya dilakukan pada satu posisi dan merupakan beban merata arah vertikal tanpa sudut inklinasi.
11. Jumlah lapisan geogrid yang digunakan dalam pemodelan fisik pondasi adalah 3 lapis perkuatan.
12. Jarak antar geogrid yang digunakan dalam pemodelan fisik pondasi tanah pasir adalah $S_v=0,25B$
13. Karena beberapa faktor di lapangan tidak dapat dikondisikan dalam skala pemodelan, sehingga hanya beberapa faktor penting yang dapat dikondisikan seperti kemiringan lereng, ketinggian lereng, dan pembebanan.

1.5 Tujuan Penelitian

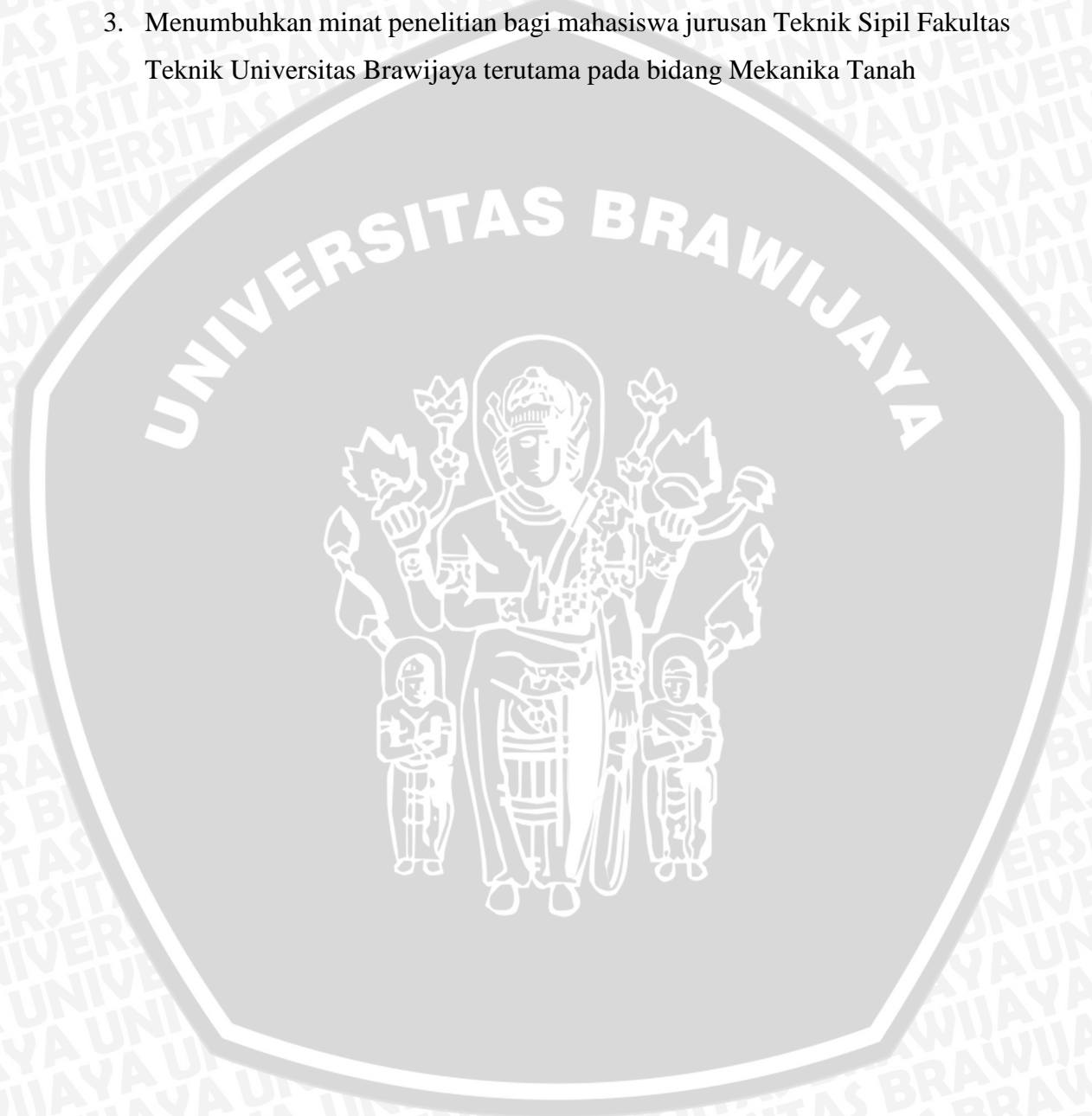
Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh perkuatan dengan membandingkan daya dukung tanah pasir untuk pondasi menerus dengan perkuatan dan tanpa perkuatan geogrid menggunakan variasi rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (d/B) dan lebar pondasi (B).
2. Untuk mengetahui pengaruh adanya variasi rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (d/B) terhadap daya dukung tanah pasir untuk pondasi menerus dengan perkuatan geogrid.
3. Untuk mengetahui pengaruh adanya variasi lebar pondasi (B) terhadap daya dukung tanah pasir untuk pondasi menerus dengan perkuatan geogrid.
4. Untuk mengetahui rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (d/B) dan lebar pondasi (B) yang optimum terhadap daya dukung tanah pasir untuk pondasi menerus dengan perkuatan geogrid.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dalam upaya untuk perbaikan tanah pasir
2. Mengetahui pengaruh perkuatan geogrid terhadap daya dukung tanah pasir
3. Menumbuhkan minat penelitian bagi mahasiswa jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya terutama pada bidang Mekanika Tanah



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pasir

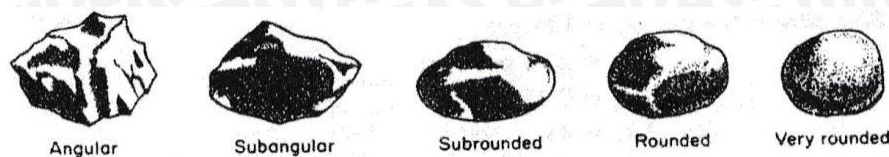
2.1.1 Karakteristik Tanah Pasir

Pettijohn (1987) mendefinisikan bahwa pasir merupakan material lepas, sehingga diantara material tersebut tidak memiliki gaya ikat atau kohesi dan memiliki ukuran dari 1/16 – 2 mm. Material granular yang lebih halus dari pasir disebut sebagai lanau, dan yang lebih besar disebut sebagai kerikil.

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

1. 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.
2. Merupakan material tanggul yang baik, karena memiliki kuat geser yang tinggi. Mudah dipadatkan, dan tidak rentan membeku.
3. Merupakan material timbunan (*backfill*) terbaik untuk dinding penahan, dinding basement, dan lainnya dikarenakan gaya tekan lateralnya yang kecil, mudah dipadatkan, dan mudah mengalirkan air.
4. Tidak dapat digunakan sebagai tanggul untuk bendungan, *reservoir*, dan lain-lain karena memiliki permeabilitas yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan proses dewatering pada tanah pasir yang berada di bawah muka air tanah
5. 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 1. Partikel pasir biasanya mengandung butiran-butiran mineral. Rentang ukuran partikel ditunjukkan pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1 Rentang Ukuran Partikel

Lempung	Lanau			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)

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-kohesif 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-kohesif dengan kadar air cukup tinggi dapat bersifat sebagai suatu cairan kental. Tarikan permukaan memberikan tanah non-kohesif 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)

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:

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

3. Pasir halus : butirannya lolos saringan no. 40 (0,425 mm) dan tertahan dalam saringan no. 200 (0,075 mm)

(Hardiyatmo, H.C., 2011:2)

Tanah Memiliki nilai kohesi dan sudut gesek dalam yang akan mempengaruhi karakteristik tanah tersebut. Rentang mengenai nilai sudut gesek dalam (ϕ) dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2 Jenis Tanah Berdasarkan Rentang Sudut Gesek Dalam Pasir

Jenis tanah	ϕ (sudut geser)
Pasir lepas	27 – 35
Pasir sedang	30 – 40
Pasir padat	35 – 45
Lempung berpasir	34 – 48
Lempung	26 – 35

2.1.2 Klasifikasi Pasir Berdasarkan *Unified (U.S.C.S)*

Klasifikasi tanah sistem ini diajukan pertama kali oleh Casagrande dan selanjutnya 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. Dalam bentuk yang sekarang, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik.

Klasifikasi berdasarkan *Unified System* (Das. Braja. M, 1988), tanah dikelompokkan menjadi :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*) yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*) yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M atau C. M adalah untuk lanau (*silt*), dan C adalah untuk lempung (*clay*). Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), *muck*, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

Adapun menurut *Bowles*, 1991 kelompok-kelompok tanah utama pada sistem klasifikasi *Unified* diperlihatkan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Sistem Klasifikasi Tanah *Unified* (U.S.C.S.)

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

Sumber: *Bowles* (1991)

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 :

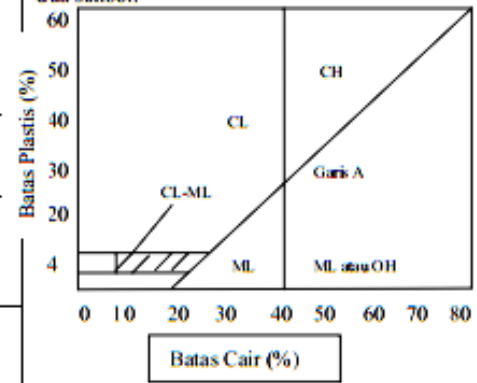
W = *Well Graded* (tanah dengan gradasi baik),

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

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

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

Tabel 4 Sistem klasifikasi *Unified (U.S.C.S.)*

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi			
Tanah berbutir kasar ≥ 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50% ≥ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol			
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus				
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau				
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung				
	Pasir ≥ 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol		
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus			
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau			
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung			
		Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair ≤ 50%	ML		Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol. 
				CL		Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)	
OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah						
Lanau dan lempung batas cair ≥ 50%	MH		Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis				
	CH		Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)				
	OH		Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi				
	PT		<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488			

Sumber: Hary Christady, 1996.

2.1.3 Kepadatan Relatif Pasir

Kepadatan relatif (*relative compaction*) atau persentase kepadatan tertentu didefinisikan sebagai nilai banding dari berat volume kering di lapangan dengan berat volume kering maksimum di laboratorium menurut percobaan standar, seperti percobaan standar proctor atau modifikasi proctor. Persamaan untuk Kepadatan relatif adalah sebagai berikut.

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

Sifat-sifat kemampumampatan tanah yang dipadatkan pada sisi basah optimum akan menghasilkan kuat geser tanah yang lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar air pada sisi kering optimum. Sisi basah optimum yaitu kondisi dimana kadar air kurang dari kadar air optimum, sedangkan sisi kering optimum yaitu kondisi dimana kadar air lebih dari kadar air optimum. Oleh sebab itu, selain nilai persentase kepadatan, rentang kadar air tanah pada tanah yang akan dipadatkan juga perlu diperhatikan.

2.2 Geosintetik

2.2.1 Pengertian Geosintetik

Ditinjau dari kata Geosintetik (*Geosynthetic*) yaitu terdiri dari dua bagian, yaitu *Geo* yang berhubungan dengan tanah dan *Synthetic* yang berarti bahan buatan manusia. Para ahli dibidang geosintetik, mendefinisikan geosintetik sebagai material yang umumnya berbentuk lembaran dan sebagainya difungsikan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi oleh konstruksi yang berkaitan dengan tanah. (Niken, 2012).

Pada dasarnya, geosintetik dibagi menjadi dua yaitu tekstil dan jaring (*web*). Berdasarkan bahannya, geosintetik terbagi menjadi dua yaitu alami dan sintetik. Bahan sintetik merupakan 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 (*non woven*) dan teranyam (*woven*). Kemudian jenis geosintetik yang tidak dapat meloloskan air adalah geomembran dan *geosynthetic clay liner*.

Berdasarkan bentuk jaring (*web*) dibagi menjadi dua, yaitu jala (*mesh*) terbuka dan jala (*mesh*) rapat. Jenis geosintetik yang berbentuk jala (*mesh*) terbuka adalah geogrid dan untuk jala (*mesh*) rapat adalah net dan matras.

Tabel 5 Fungsi Produk Geosintetik Berdasarkan Jenisnya

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

Sumber: Kementerian PU (2009)

2.2.2 Geogrid

2.2.2.1 Pengertian Geogrid

Geogrid merupakan suatu contoh dari jenis geosintetik yang berbentuk jaring (*web*) dengan jala (*mesh*) terbuka. Fungsi geogrid yang utama adalah sebagai perkuatan. Penguatan mengacu pada mekanisme dimana sifat teknis tanah komposit / agregat 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 dengan tujuan untuk memperkaku material di atasnya (*Confinement Effect*). 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. Tambahan 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 temperature tinggi. Pemuaian akan membuat geogrid getas, dan akhirnya akan mengurangi kuat tarik.

2.2.2.2. Jenis Geogrid

Pada umumnya, 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.

Sementara itu, 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 menjadi :

(1) Geogrid Uniaksial

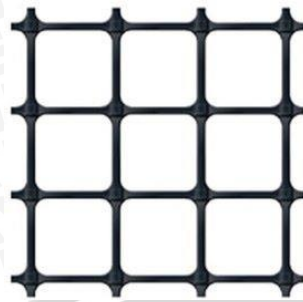
Adalah Geogrid yang mempunyai bentuk bukaan tunggal dalam satu segmen (ruas)



Gambar 2.2 Geogrid uniaksial

(2) Geogrid Biaksial

Adalah Geogrid yang mempunyai bukaan berbentuk persegi



Gambar 2.3 Geogrid biaksial

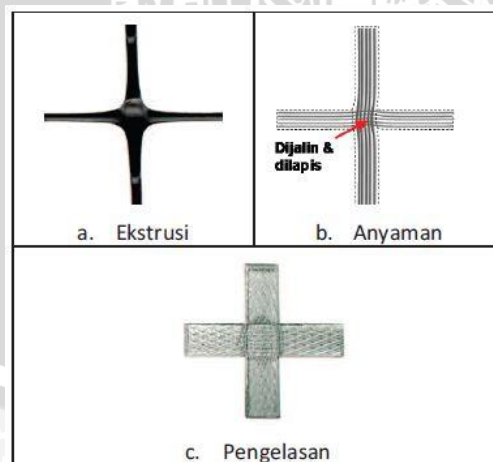
(3) Geogrid Triaksial

Adalah Geogrid yang mempunyai bukaan berbentuk segitiga



Gambar 2.4 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 2.5 Geogrid uniaksial

Dalam modul pelatihan geosintetik dijelaskan bahwa geogrid ekstrusi disusun atas lebaran polimer dalam dua sampai tiga tahap pemrosesan. Tahap pertama ialah memasukan lembaran polimer kedalam mesin pelubang yang akan membentuk lubang-lubang pada pola

grid yang teratur. Selanjutnya, lembaran polimer yang telah berlubang tersebut dipanaskan dan ditarik dalam arah mesin yang mengorientasikan arah molekul polimer berantai panjang ke arah penarikan untuk meningkatkan kuat tarik dan kekuatan tarik geogrid tersebut. Pada proses ini, geogrid sudah bisa diproduksi sebagai geogrid uni aksial. Bila proses ini dilanjutkan dengan dipanaskan dan ditarik ke arah melintang maka akan menghasilkan produk akhir geogrid biaksial.

Proses merajut polimer multifilament dilakukan untuk menyambung geogrid dengan metode anyaman. Ketika filament tersebut saling berpotongan, dilakukan suatu proses menyilangkannya dan membentuk titik pertemuan yang kuat. Selanjutnya titik pertemuan tersebut dilapisi dengan akrilik atau PVC.

Pada metode pengelasan geogrid, elemen geogrid dilas dengan pengelasan laser maupun ultrasonic terhadap pita-pita PP atau PET dititik pertemuannya.

(Direktorat Jendral Bina Marga, 2009)

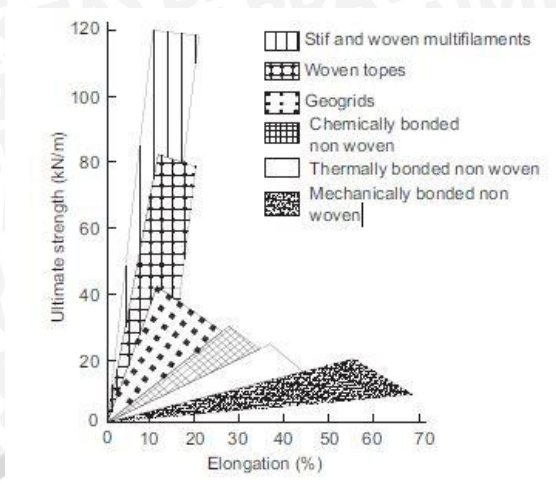
2.2.3 Karakteristik Geogrid Sebagai Bahan Perkuatan

2.2.3.1 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%. Berikut merupakan gambar diagram kuat tarik geogrid



Gambar 2.6 Diagram kuat tarik geogrid

Sumber: Modul Pelatihan Geosintetik (2009)

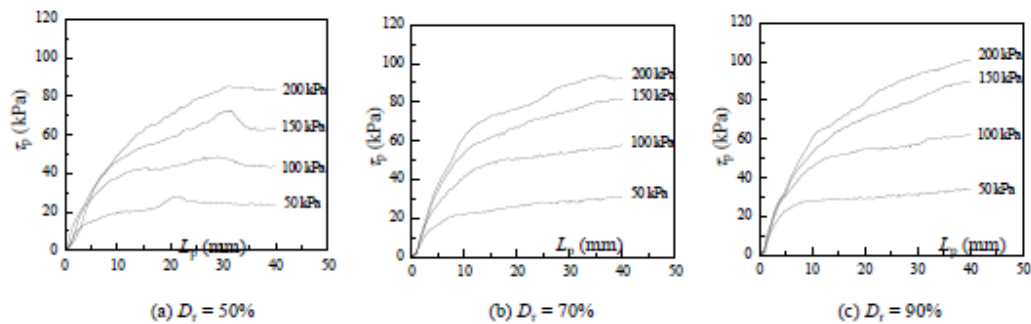
2.2.3.2 Interaksi Tanah dengan Geogrid

Uji geser langsung atau uji cabut (*pull-out*) digunakan untuk menentukan besarnya gesekan antara tanah dan geosintetik, ϕ_{sg} . Jika hasil pengujian tidak tersedia, maka nilai yang disarankan untuk timbunan pasir adalah $2/3\phi$ sampai dengan ϕ pasir (ϕ adalah sudut geser tanah. (Departemen PU, 2009)

Pada penelitian Broms (1988) dilakukan penelitian mengenai dinding penahan tanah yang diperkuat dengan geotekstil. Didapatkan kesimpulan bahwa tahanan geser antar permukaan tanah dan perkuatan tidak termobilisasi penuh sepanjang radius lembar perkuatan.

Pada penelitian Nimmegern dan Bush (1991) dilakukan uji cabut (*pull-out*) pada geogrid yang diletakkan dalam material granuler. Dalam penelitian tersebut ditunjukkan bahwa penambahan tegangan kompresi meningkatkan kekuatan tanah dan berkontribusi dalam ketahanan cabut.

Interaksi tanah pasir dengan geogrid tipe biaksial juga dipengaruhi oleh nilai kepadatan material tersebut. Berikut interaksi tanah pasir dengan $D_r = 50\%$, $D_r = 70\%$, dan $D_r = 90\%$. Pada Gambar 2.7 berikut menunjukkan bahwa semakin besar nilai kepadatan pasir maka nilai tegangan geser juga semakin besar apabila ditinjau dari beban yang sama.



Gambar 2.7 Grafik uji *pull-out* terhadap tegangan geser pada pasir dengan perkuatan geogrid

Sumber : Danda Shi dan Fei Wang (2013)

2.2.3.3 Tahanan Rangkak

Rangkak adalah faktor yang penting untuk struktur dengan geosintetik seperti dinding penahan tanah, perkuatan lereng, perkuatan dan timbunan di atas tanah lunak. Dalam aplikasi tersebut, diperlukan geosintetik yang tahan terhadap tegangan tarik dalam jangka waktu yang lama (biasanya lebih dari 75 tahun).

Untuk kepentingan perencanaan, diusahakan agar tegangan yang bekerja lebih rendah daripada batasan rangkaknya. Nilai tegangan batas yang digunakan adalah 40-60% dari tegangan yang bekerja. Sebaliknya dipertimbangkan pula kombinasi beban hidup terhadap beban mati. Aplikasi beban hidup jangka pendek hanya memberikan sedikit pengaruh terhadap rangkak dibandingkan dengan aplikasi beban mati jangka panjang. (Departemen PU, 2009)

Pada pedoman pelatihan geosintetik volume 1 disebutkan bahwa rangkak (*creep*) adalah elongasi geosintetik beban konstan. Perilaku rangkak dari geosintetik perlu dievaluasi mengingat sifat polimer merupakan bahan yang sensitif terhadap rangkak.

2.2.3.4. Geogrid sebagai Material Perkuatan Tanah

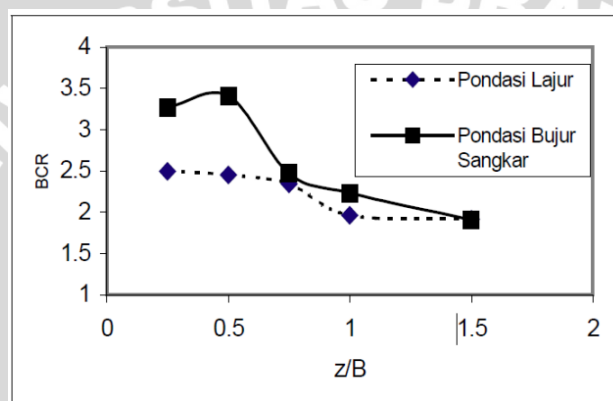
Nurly Gofar dan Bakrie Oemar (1990) mengatakan bahwa dasar pemikiran penggunaan geogrid adalah pembentukan ikatan antara bahan pengisi (tanah) dan elemen perkuatan geosintetis. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa gesekan yang terjadi pada dasarnya merupakan fungsi dari besarnya butiran tanah dan sifat bahan perkerasan itu sendiri.

Menurut Manfred R.Hausman (1990) Geogrid digunakan karena memiliki karakteristik tegangan puncak dan modulus tegangan tarik yang baik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa partikel tanah dan geogrid memiliki gesekan yang mengakibatkan interlocking .

Perengaruh interlocking dari geogrid dan tanah tersebut mempunyai efek signifikan dalam tegangan tarik yang terjadi.

2.2.3.5. Jarak Antar Lapisan Geogrid

Penelitian dilakukan Pontjo Utomo (2004) mengenai perkuatan pondasi dangkal di atas tanah pasir menggunakan geogrid. Dalam penelitiannya digunakan variasi jarak antar geogrid (z/B) sebesar 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,5; dan 2. Dari percobaan tersebut didapatkan nilai z/B optimum untuk pondasi dangkal berbentuk lajur sebesar 0,25 – 0,5 dimana mampu meningkatkan daya dukung hingga 2,5 kalinya. Grafik hubungan antara jarak antras spasi geogrid terhadap BCR pada penelitian tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.8.

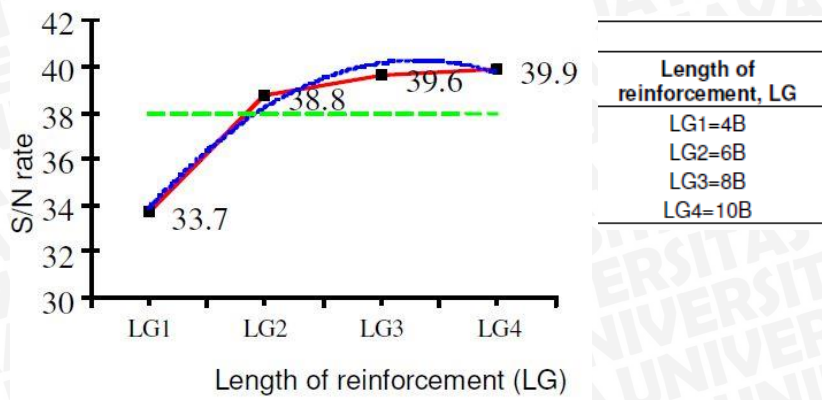


Gambar 2.8 Hubungan z/B vs BCR

Sumber: Pontjo Utomo (2004)

2.2.3.6. Panjang Geogrid yang Dibutuhkan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Atila Demiroz dan Ozcan Tan (2010) menguji panjang efektif geogrid yang dibutuhkan dalam perkuatan pondasi dangkal dengan tipe lajur. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa panjang geogrid efektif yang diperoleh dari hasil pengujian adalah $LG_2=6B$. Tidak ada kenaikan yang signifikan pada saat panjang geogrid $LG_2=6B$ sampai $LG_4=10B$. Data hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.9

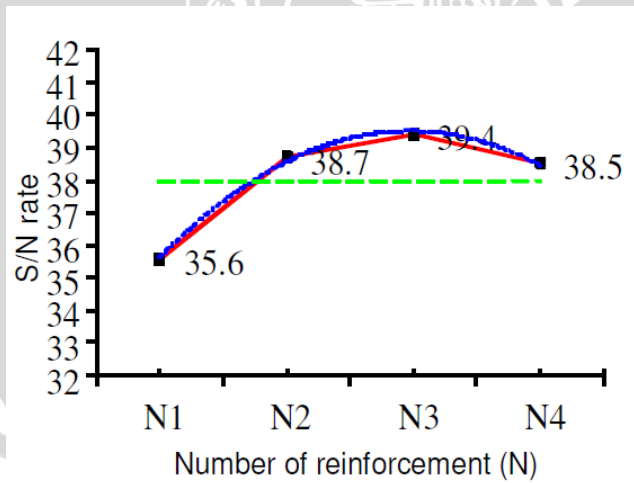


Gambar 2.9 Hubungan panjang perkuatan (LG) vs rasio penurunan dengan jumlah lapis (S/N)

Sumber: Demiroz dan Tan (2010)

2.2.3.7. Penambahan Jumlah Lapisan Geogrid

Menurut Atlas Demiroz dan Ozcan Tan (2010) dalam penelitiannya membandingkan grafik penurunan antara tanah dengan perkuatan geogrid maupun tanpa perkuatan. Jumlah lapis pondasi yang dipakai 4 lapis. Selain dari perbandingan lapisan pondasi peneliti juga membandingkan beberapa parameter lain seperti lebar pondasi dan jarak antar geogrid. Hasil dari penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.10 . Dapat dilihat kenaikan yang signifikan pada penambahan tiga lapis geogrid, tetapi semakin banyak penambahan menunjukkan hasil yang tidak signifikan.



Gambar 2.10 Pengaruh jumlah lapis geogrid

2.2.3.8. Mekanisme Kerja Geogrid pada Tanah

Struktur perkuatan tanah dengan geogrid memerlukan paling tidak pengetahuan perlakuan mekanisme kerja permukaan tanah dengan. Parameter kuat geser merupakan parameter penting dalam analisis mekanisme kerja permukaan tanah dengan geogrid.



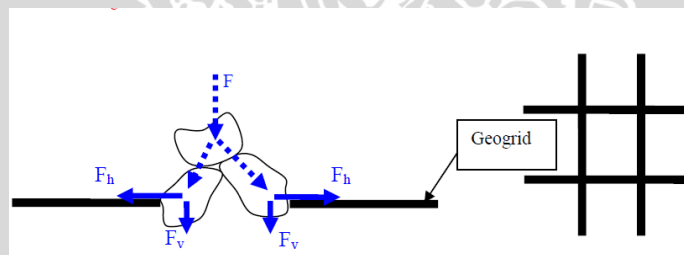
Dengan menggunakan persamaan keruntuhan Mohr-Coulomb, maka tegangan geser antara permukaan tanah dengan geogrid adalah sebagai berikut

$$\tau = c_a + \sigma'_n \tan \delta \quad \dots \dots \dots (2-3)$$

dengan:

- τ = Tegangan geser permukaan antara tanah dengan geogrid
- C_a = Adhesi geogrid terhadap tanah
- σ'_n = Tegangan normal efektif pada bidang geser
- δ = Sudut gesek permukaan tanah dengan geogrid

Tanah pasir yang diberi perkuatan geogrid umumnya terdiri dari timbunan yang dipadatkan dengan digabungkan perkuatan geogrid 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 atau timbunan dan menjaga stabilitas masa tanah” (Prasasti, 2014:3).

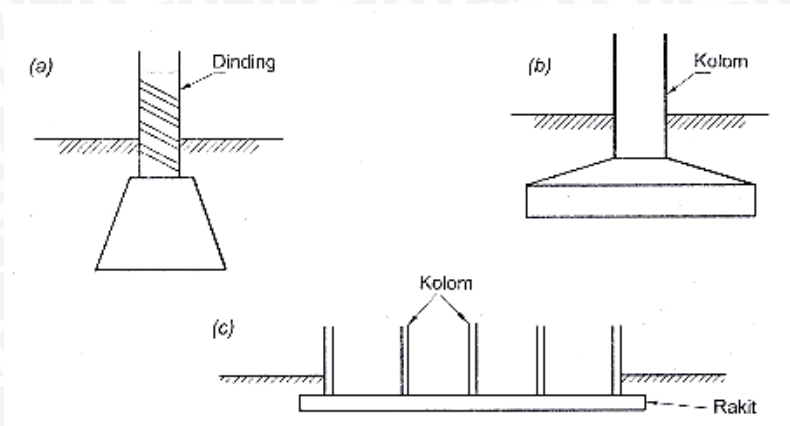


Gambar 2.11 Mekanisme kerja geogrid

2.3 Pondasi Dangkal

Menurut Hardiyatmo (2011), 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. Bagian-bagian dari pondasi dangkal diantaranya pondasi telapak, pondasi memanjang, dan pondasi rakit. Pondasi telapak (*spread footing*) adalah pondasi yang berdiri sendiri dalam menopang beban kolom. Pondasi memanjang (*continuous footing*) merupakan pondasi yang digunakan untuk mendukung sederet kolom-kolom berjarak dekat, sehingga tidak memungkinkan digunakan pondasi telapak karena sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain. Sementara pondasi rakit (*raft foundation* atau *mat foundation*) merupakan pondasi yang digunakan pada tanah lunak, atau digunakan bila susunan jarak antar kolom sangat dekat di

semua arah, sehingga bila digunakan pondasi telapak akan saling berimpit. Macam-macam pondasi dangkal ditunjukkan dalam Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Macam-macam pondasi dangkal

- (a) Pondasi memanjang
- (b) Pondasi Telapak
- (c) Pondasi Rakit

Sumber: Hardiyatmo (2011:104)

2.3.1 Tegangan Kontak

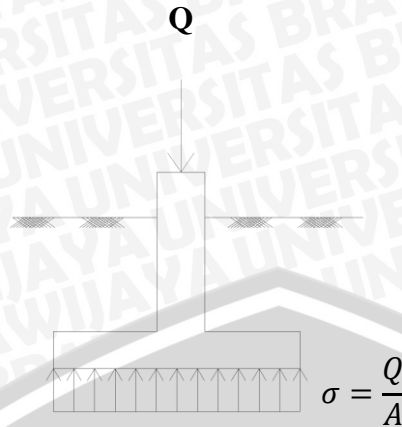
Musthafa (2015) menyebutkan bahwa tegangan kontak (contact pressure) merupakan tegangan yang bekerja di bawah pondasi akibat beban struktur di atasnya. Tegangan kontak dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_x \cdot X}{I_y} \pm \frac{M_y \cdot Y}{I_x} \dots\dots\dots(2-3)$$

dengan:

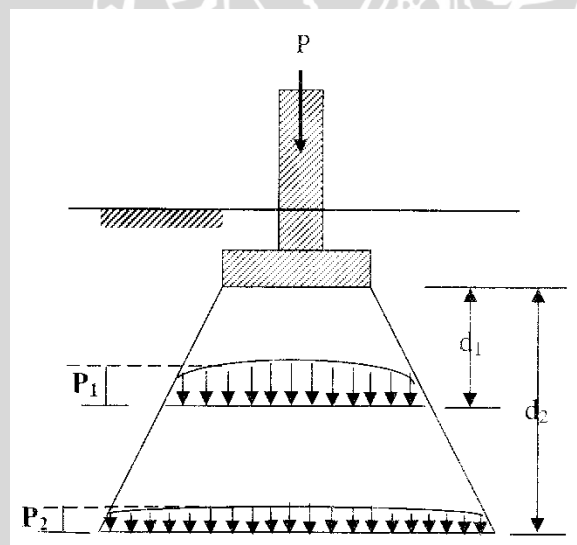
- σ = tegangan kontak
- Q = beban aksial total
- M_x, M_y = momen terhadap sumbu x dan y pada penampang pondasi
- X, Y = jarak antara titik pusat penampang pondasi ke titik dimana tegangan kontak dihitung perspektif sumbu x dan y
- I_x, I_y = momen inersia penampang pondasi terhadap sumbu x dan y

Bila pondasi hanya dibebani dengan beban sentris, tegangan kontak yang dihasilkan akan merata. Beban aksial yang sentris tegak lurus dengan titik pusat penampang pondasi tanpa adanya momen yang bekerja pada pondasi, besarnya tegangan kontak akan sama besar pada keseluruhan penampang pondasi. Tegangan kontak dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Tegangan kontak akibat beban aksial eksentris

Tekanan pada bidang kontak yang dihasilkan akan disebarkan ke dalam tanah. Tekanan akan berkurang dengan bertambahnya kedalaman penyebaran. Penyebaran tetekanan dalam tanah dapat dilihat pada Gambar 2.14. Gambar tersebut menunjukkan bahwa $P_1 > P_2$. P_1 merupakan tekanan pada kedalaman d_1 dan P_2 merupakan tekanan pada kedalaman d_2 . (Surendro, 2014: 129)



Gambar 2.14 Penyebaran tekanan dalam tanah

Sumber: Surendro (2014:130)

2.3.2 Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi

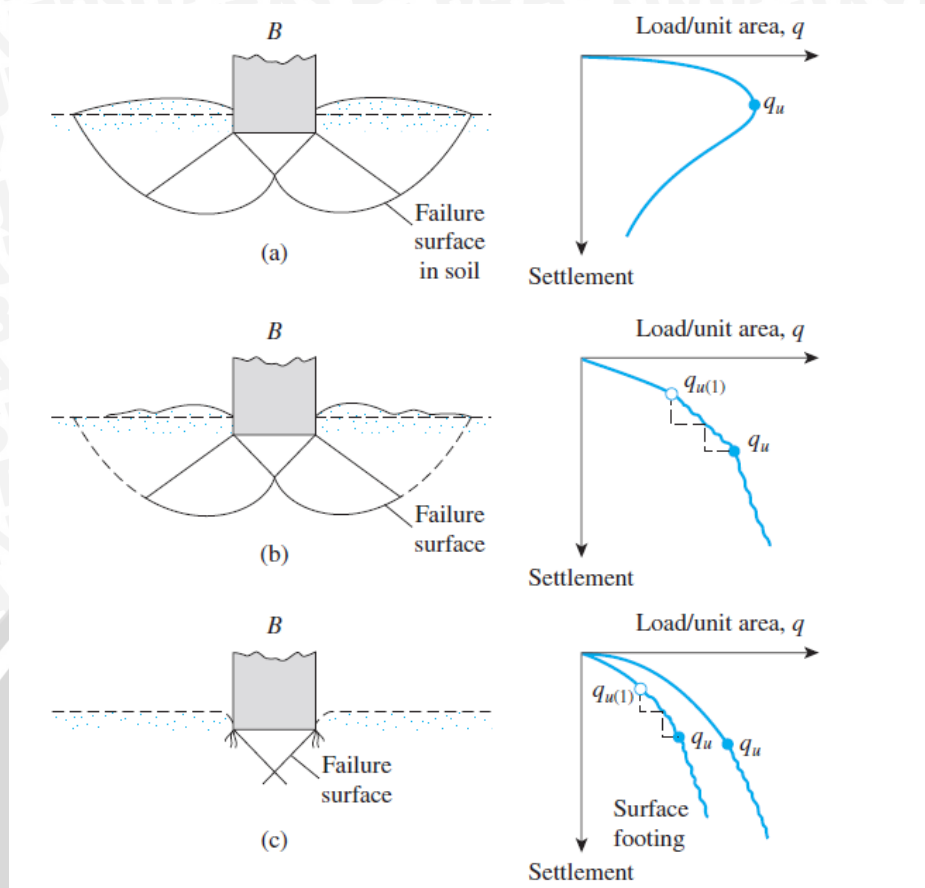
Menurut Vesic (1963) dalam Hardiyatmo (2011), mekanisme keruntuhan pondasi dikategorikan menjadi 3 macam, yaitu:

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

Saat beban pondasi per satuan luas (q) diberikan secara bertahap pada tanah pasir padat atau tanah kohesif kaku, penurunan yang terjadi akan meningkat. Pada titik tertentu, saat beban per satuan luas mencapai nilai q_u , keruntuhan tanah akan terjadi secara tiba-tiba dan gerakan tanah yang terjadi menyebabkan pengembangan tanah di sekitar pondasi hingga ke permukaan tanah. Keruntuhan tanah yang terjadi secara tiba-tiba tersebut disebut sebagai keruntuhan geser umum (*general shear failure*). Keruntuhan geser umum terjadi dalam waktu singkat dengan diikuti penggulingan pondasi. (Hardiyatmo, 2011: 107).

Bila satu kondisi dimana pondasi berada di atas tanah lempung atau tanah dengan kepadatan rendah, bertambahnya beban pada pondasi akan diikuti dengan bertambahnya penurunan. Keruntuhan yang terjadi akan menyebabkan berkembangnya tanah secara bertahap. Saat beban mencapai nilai $q_u(1)$, pondasi akan bergerak secara tiba-tiba. $q_u(1)$ didefinisikan sebagai beban runtuh pertama (Vesic, 1963). Perpindahan pondasi menyebabkan terjadinya pola keruntuhan yang ditunjukkan dengan garis putus-putus pada Gambar 2.15 dan memungkinkan tanah mengembang ke permukaan. Keruntuhan tersebut akan terjadi ketika beban per satuan luas mencapai nilai q_u . Nilai q puncak pada keruntuhan ini tidak dapat ditentukan. Keruntuhan tersebut dinamakan sebagai keruntuhan geser lokal (*local shear failure*). (Das, 2011: 133). Pada keruntuhan geser lokal, pengembangan tanah yang terjadi cukup sedikit tanpa disertai penggulingan pondasi. (Hardiyatmo, 2011: 107).

Saat pondasi ditempatkan pada tanah lunak (*fairly loose soil*), dapat dikatakan keruntuhan geser tidak terjadi. Saat diberi beban, pondasi hanya menembus dan menekan tanah ke samping yang menyebabkan pemampatan tanah di sekitar pondasi. Penurunan yang terjadi hampir linier dengan penambahan bebannya. Saat keruntuhan, bidang runtuh tidak terlihat sama sekali. Keruntuhan ini disebut sebagai keruntuhan penetrasi (*punching shear failure*). (Hardiyatmo, 2011: 107).



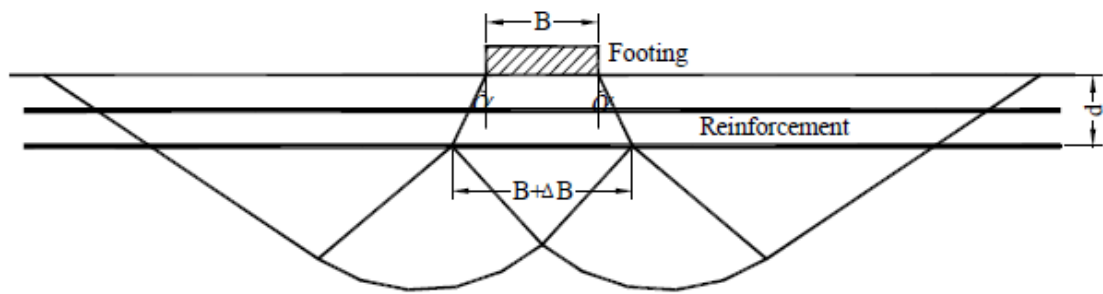
Gambar 2.15 Macam keruntuhan pondasi

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

Sumber: Vesic (1963)

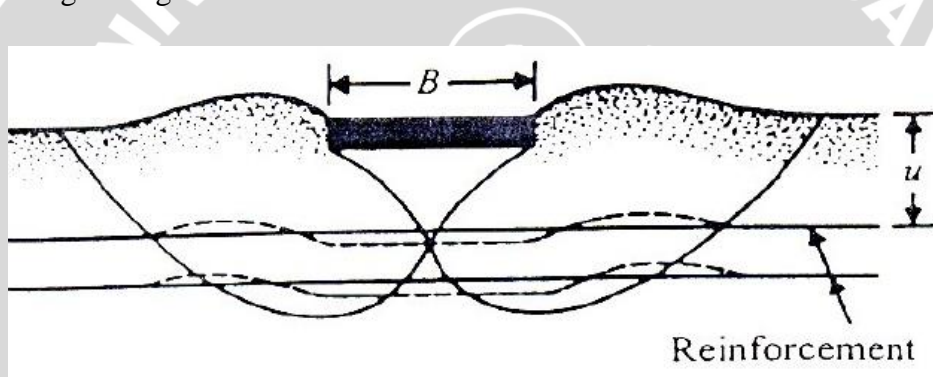
2.3.3 Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi dengan Perkuatan

Qiming (2007) konsep dasar dari keruntuhan ini adalah daya dukung yang berasal dari lebar pondasi di atas tanah perkuatan sama dengan pijakan yang lebar ($B + \Delta B$) pada kedalaman d . ΔB adalah penambahan dari lebar pondasi akibat dari perkuatan yang berasal dari $(2 \times d \tan \alpha)$. α adalah distribusi tegangan disebabkan oleh keruntuhan wide slab .



Gambar 2. 16 Tipe keruntuhan wide slab pada tanah dengan perkuatan geogrid di pondasi dangkal
(Sumber: Qiming, 2007: 28)

Selain itu pola keruntuhan yang mungkin dapat terjadi adalah keruntuhan *pull out* ketika $u/B < 2/3$ dan $N=2-3$ sehingga mengakibatkan deformasi awal yang besar pada pengujian pondasi akibat geogrid mengalami kegagalan tertarik terjadi terlebih dahulu sebelum mengalami geser



Gambar 2. 17 Tipe keruntuhan *pull-out* pada tanah dengan perkuatan geogrid di pondasi dangkal
(Sumber: Qiming, 2007: 21)

2.4 Teori Daya Dukung Pondasi

2.4.1 Pengertian Daya Dukung Pondasi

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

Perencanaan pondasi harus didasarkan pada pertimbangan keruntuhan geser dan penurunan berlebih. Persyaratan yang harus dipenuhi adalah:

1. Faktor aman terhadap terlampauinya kapasitas dukung tanah harus dipenuhi. Dalam hitungan kapasitas dukung, umumnya digunakan factor keamanan 3.
2. Penurunan pondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan. Khususnya penurunan yang tak seragam harus tidak mengakibatkan kerusakan pada struktur.

(Christady:85, 2002)

2.4.2 Solusi Meyerhof

Analisis daya dukung mayerhof (1955) menganggap factor factor daya dukungnya lebih kecil disbanding yang disarankan Terzaghi, namun karena Mayerhof mempertimbangkan kedalaman pondasi, kapasitas daya dukungnya menjadi lebih besar. Mayerhof (1963) menyarankan persamaan kapasitas daya dukung dengan mempertimbangkan bentuk pondasi, kemiringan beban dan kuat geser tanah diatas pondasi, sebagai berikut:

$$qu = s_c d_c i_c c N_c + s_q d_q i_q q N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma 0,5 B' \gamma N_\gamma \dots\dots\dots(2-4)$$

dengan:

- Qu = kapasitas dukung ultimit
- N_c, N_q, N_γ = factor kapasitas dukung untuk pondasi memanjang
- s_c, s_q, s_γ = factor bentuk pondasi
- d_c, d_q, d_γ = factor kedalaman pondasi
- i_c, i_q, i_γ = factor kemiringan beban
- N_c = (N_q - 1) ctg φ
- N_q = Tg (45° + φ / 2) e^(π Tg φ)
- N_γ = (N_q - 1) tg (1,4 φ)

(Christady:120,2002)

Faktor faktor bentuk pondasi, kedalaman, dan kemiringan dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 6 Faktor-Faktor Bentuk Pondasi



Faktor bentuk	Nilai	Keterangan
S_c	$1 + 0,2(B/L)tg^2(45 + \varphi/2)$	Untuk sembarang φ
$S_q = S_\gamma$	$1 + 0,1(B/L)tg^2(45 + \varphi/2)$	Untuk $\varphi \geq 10^\circ$
	1	Untuk $\varphi = 0$

Tabel 7 Faktor Kedalaman Pondasi

Faktor kedalaman	Nilai	Keterangan
d_c	$1 + 0,2(D/B)tg(45 + \varphi/2)$	Untuk sembarang φ
$d_q = d_\gamma$	$1 + 0,1(D/B)tg(45 + \varphi/2)$	Untuk $\varphi \geq 10^\circ$
	1	Untuk $\varphi = 0$

Tabel 8 Faktor-Faktor Kemiringan Beban

Faktor kemiringan beban	Nilai	Keterangan
$i_c = i_q$	$\left(1 - \frac{\delta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	Untuk sembarang φ
i_γ	$\left(1 - \frac{\delta^\circ}{\varphi^\circ}\right)^2$	Untuk $\varphi \geq 10^\circ$
	1	Untuk $\varphi = 0$

Catatan: δ = sudut kemiringan beban terhadap garis vertical

Sumber: Christady (2002:123)

2.4.3 Solusi Hansen dan Vesic

Brinch Hansen (1970) menyarankan persamaan kapasitas dukung yang pada dasarnya sama dengan Terzaghi, hanya didalamnya di masukan nilai factor kedalaman, inklinasi beban, inklinasi dasar, dan inklinasi permukaan tanah. Untuk $\phi = 1$ Hansen menyarankan persamaan kapasitas daya dukung ultimit sebagai berikut:

$$q_u = \frac{Q_u}{B'L'} = s_c d_c i_c b_c g_c c N_c + s_q d_q i_q b_q g_q p_o N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma 0,5 B \gamma N_\gamma \dots \dots \dots (2-4)$$

4)

dengan :

Q_u = Beban vertical ultimit (kN)

L', B' = panjang dan lebar efektif pondasi (m)

γ = berat volume tanah (kN/m²)

C = kohesi tanah (kN/m²)

p_o = Df^γ = tekanan overburden di dasar pondasi (kN/m²)

s_c, s_q, s_γ = faktor-faktor bentuk pondasi

d_c, d_q, d_γ = faktor-faktor kedalaman pondasi

i_c, i_q, i_γ = faktor-faktor kemiringan beban

b_c, b_q, b_γ = faktor-faktor kemiringan dasar

g_c, g_q, g_γ = faktor-faktor kedalaman pondasi

N_c, N_q, N_γ = faktor-faktor kapasitas dukung Hansen

(Christady:142, 2002)

2.5 Bearing Capacity Improvement (BCI)

Adanya pengaruh mengenai perkuatan tanah menggunakan gogrid ataupun perkuatan lainnya, digambarkan dalam bentuk besaran non-dimensional yang biasanya disebut sebagai BCI. *Bearing Capacity Improvement* (BCI) adalah suatu perbandingan rasio yang menjelaskan perbandingan antara daya dukung tanah saat diberi perkuatan dengan daya dukung tanah tanpa diberi perkuatan. Nilai BCI dapat ditentukan berdasarkan dua hal, yaitu daya dukung pada saat ultimit atau BC_{Iu} (S.M. Marandi, 2008; P.K. haripal dkk, 2008; E. C.

shin dkk, 2000; J. Thanapalasingam dkk, 2008; M.J. Kenny dkk, 1997) dan daya dukung pada penurunan yang sama atau BCIs (A. Zahmatkesh dkk, 2010; S. M. Marandi, 2008).

Pada penelitian ini dapat diketahui BCI merupakan perbandingan antara rasio yang membandingkan antara daya dukung tanah pasir menggunakan perkuatan geogrid dengan tanpa perkuatan.

$$BCI = \frac{q}{q_0} \dots \dots \dots (2-6)$$

dengan :

- BCI = *Bearing Capacity Improvement*
- q = daya dukung dengan perkuatan
- q₀ = daya dukung tanpa perkuatan

Pada penelitian ini, BCI ditentukan berdasarkan daya dukung pada saat ultimit (BCI_{qu}) dan daya dukung saat penurunan yang sama (BCIs).

2.6 Kriteria Penentuan Beban Ultimit

Dalam menentukan beban ultimit ada beberapa kriteria yang telah ada. Hasil dari penelitian yang ada menunjukkan bahwa beban ultimit berkisar antara 3% - 7% lebar pondasi untuk pondasi pada permukaan dan sekitar 15% untuk pondasi dangkal (Skempton (1951) dalam Vesic, 1975). Pada penelitian selanjutnya beban ultimit sebagai titik dimana kemiringan kurva beban lawan kurva penurunan pertama kali mencapai titik tetap minimum (*steady minimum value*) (Vesic 1967). Kriteria lainnya yaitu penurunan dalam skala log (Vesic 1967 dalam Christianto, 1992). Untuk mendapatkan kedua kriteria diatas maka diperlukan uji pembebanan sampai mencapai deformasi 50% dari lebar pondasi. Terlihat bahwa penurunan yang terjadi terlalu besar untuk kriteria keruntuhan pondasi sehingga perlu dicari kriteria lain yang lebih praktis.

Mengacu pada teori daya dukung dapat ditentukan besarnya baban ultimit. Pada tes laboratorium untuk tanah pondasi tanpa perkuatan didapat data yaitu, lebar podasi, kohesi tanah, dan sebagainya untuk kemudian dari data-data tersebut dapat digunakan untuk menentukan besarnya beban ultimit dengan menggunakan rumus daya dukung. Namun akan tetapi jika tanah pondasi menggunakan perkuatan yang ada akan sulit untuk menentukan

daya dukungnya karena pengaruh dari perkuatan tersebut. Sehingga rumus daya dukung tidak dapat digunakan.

Bila tanah mengalami pembebanan seperti beban pondasi, tanah akan mengalami distorsi dan penurunan. Jika beban ini berangsur-angsur ditambah, penurunan pun juga bertambah. Akhirnya, pada suatu saat, terjadi kondisi dimana pada beban tetap, pondasi mengalami penurunan yang sangat besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa keruntuhan kapasitas dukung telah terjadi.

Gambar kurva penurunan yang terjadi terhadap besarnya beban yang diterapkan diperlihatkan pada Gambar 2.18. Mula-mula, pada beban yang diterapkan, penurunan yang terjadi kira-kira sebanding dengan bebannya. Hal ini digambarkan sebagai kurva yang mendekati garis lurus, yang menggambarkan hasil distorsi elastis dan pemampatan tanah. Bila beban bertambah terus, pada kurva terjadi suatu lengkungan tajam yang dilanjutkan dengan bagian garis lurus kedua dengan kemiringan yang lebih curam. Bagian ini menggambarkan keruntuhan geser telah terjadi pada tanah.

Kapasitas dukung ultimit (*ultimate bearing capacity*) (q_u) didefinisikan sebagai beban maksimum persatuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban dengan tanpa mengalami keruntuhan. Bila dinyatakan dalam persamaan, maka :

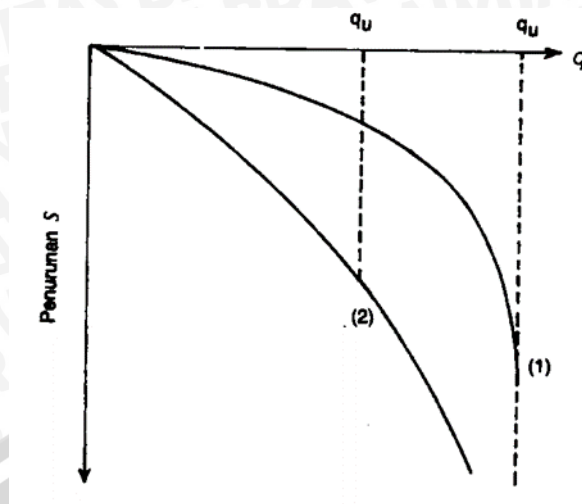
$$q_u = \frac{P_u}{A} \dots\dots\dots(2-7)$$

dengan :

- q_u = kapasitas dukung ultimit atau kapasitas dukung batas (kN/m^2)
- P_u = beban ultimit atau beban batas (kN)
- A = luas beban (m^2)

Jika tanah padat, sebelum terjadi keruntuhan didalam tanah, penurunan kecil dan bentuk penurunan-beban akan seperti yang ditunjukkan pada kurva 1 dalam Gambar 2.18. Kurva 1 menunjukkan kondisi *keruntuhan geser umum* (*general shear failure*). Pada waktu beban ultimit tercapai, tanah melewati fase kedudukan keseimbangan plastis.

Kondisi lain, jika tanah sangat tidak padat atau lunak, penurunan yang terjadi sebelum keruntuhan sangat besar. Pada kasus ini, keruntuhannya terjadi sebelum keseimbangan plastis tanah termobilisasi, seperti yang ditunjukkan pada Kurva 2 yang dimana terjadi kondisi keruntuhan geser lokal (*local shear failure*).



Gambar 2.18 Kurva penurunan terhadap beban ultimit

2.7 Penurunan

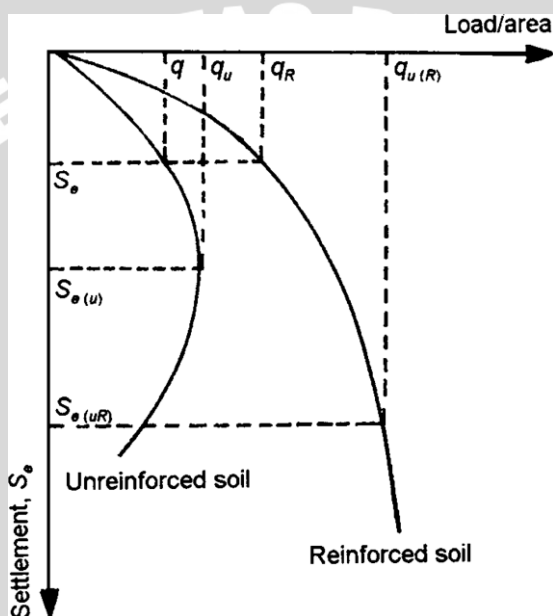
Menurut Das, Braja M. (1985) menyebutkan dengan penambahan beban diatas lapisan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah dibawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, dan keluarnya air atau udara dari dalam pori.

Umumnya penurunan tak seragam lebih membahayakan dari penurunan totalnya. Beberapa sebab terjadinya penurunan akibat pembebanan adalah sebagai berikut :

1. Keruntuhan geser akibat terlampauinya daya dukung tanah, hal ini akan menyebabkan penurunan sebagian (different settlement) dan penurunan bangunan.
2. Kerusakan akibat defleksi yang besar pada pondasinya. Kerusakan ini umumnya terjadi pada pondasi dalam.
3. Distorsi geser pada tanah pendukungnya (shear distorsion)
4. Turunnya tanah akibat perubahan angka pori.

Penurunan (settlement) pada tanah biasanya digolongkan menjadi dua tahap, yaitu penurunan segera dan penurunan konsolidasi. Penurunan segera (immediate settlement), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan penurunan segera biasanya didasarkan pada penurunan yang diturunkan dari teori elastisitas. Penurunan konsolidasi (consolidation settlement), yang merupakan akibat dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang mengisi pori-pori tanah.

Analisa penurunan seketika digunakan untuk semua tanah berbutir halus dan untuk semua tanah berbutir kasar dengan koefisien rembes yang besar. Pada tanah berpasir atau tanah lepas yang memiliki sifat lolos air (permeable), air akan dapat mengalir dengan cepat sehingga pengaliran air-pori keluar sebagai akibat dari kenaikan tekanan air pori. Keluarnya air dari dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah, berkurangnya volume tanah tersebut dapat menyebabkan penurunan lapisan tanah tersebut. Karena air pori di dalam tanah berpasir dapat mengalir dengan cepat, maka penurunan segera dan penurunan konsolidasi terjadi bersamaan. Agar tanah mampu mengurangi besar penurunan yang terjadi pada beban yang sama, salah satu caranya adalah dengan memberikan perkuatan.



Gambar 2.19 Grafik hubungan tegangan tanah dengan penurunan pada tanah tanpa perkuatan dan tanah dengan perkuatan geogrid

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Waktu : Maret 2016 sampai dengan selesai

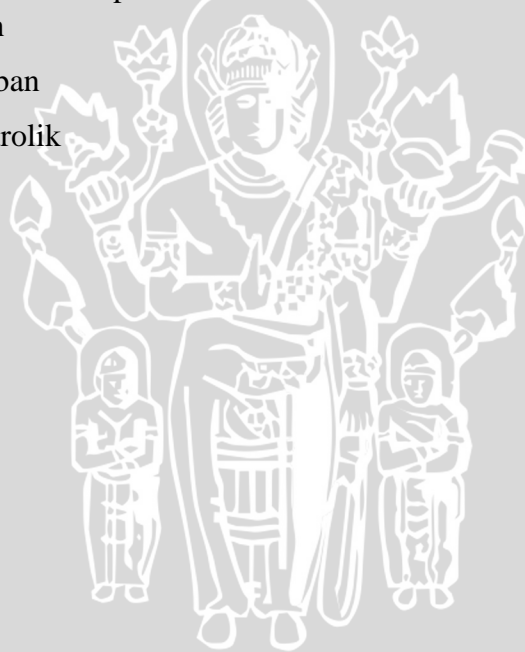
Tempat : Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi serta Laboratorium Mekanika Tanah dan Geoteknik Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah dasar yang dibentuk dari timbunan tanah pasir lumajang dengan jenis tanah pasir 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. Balok pembeban
- c. Dongkrak hidrolik
- d. *Load cell*
- e. LVDT



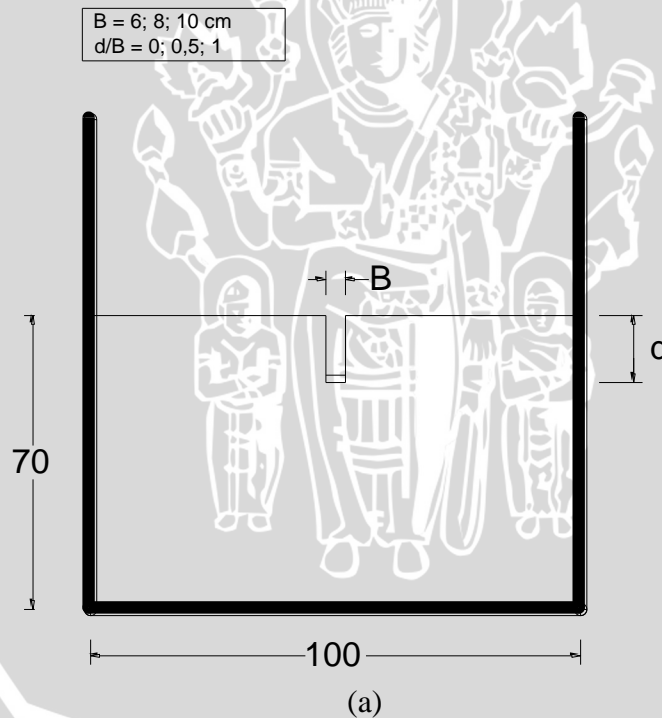
Gambar peralatan-peralatan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar berikut:

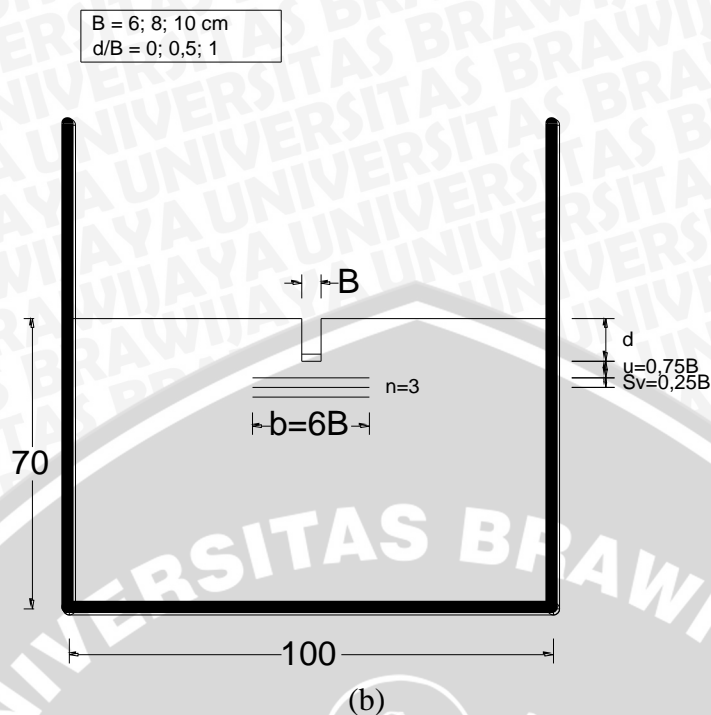


Gambar 3.1 (a) Silinder beton (b) Dial LVDT (c) Load cell

3.3 Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

Percobaan ini dibuat 9 buah benda uji dengan 3 variasi rasio d/B dan 3 variasi lebar pondasi untuk pondasi menerus yang diletakkan di tanah pasir dengan RC 85%. Pengujian dilakukan ditengah box penelitian. Perlakuan pengujian menggunakan jumlah lapis geogrid $n=3$ dan jarak antara pondasi terhadap lapisan geogrid pertama $U=0,75B$. Pengulangan dilakukan apabila terjadi penyimpangan dan dilakukan dengan perlakuan benda uji yang sama. Perlakuan pengujian menghasilkan Gambar 3.2 berikut.





Gambar 3.2 Model tes percobaan

- (a) Potongan melintang tanpa perkuatan geogrid
- (b) Potongan melintang dengan perkuatan geogrid

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 setiap lapis. 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. Volume tanah yang dimasukkan didasarkan pada penelitian pendahuluan untuk mengukur kepadatan tanah dengan menggunakan *density test*.

3.4 Metode Penelitian

3.4.1 Pengujian Dasar

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

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

3.4.2 Persiapan Benda Uji

Pada pengujian ini, tanah yang akan digunakan diayak terlebih dahulu dengan saringan No. 4. Tanah yang lolos saringan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam *box* uji dengan volume tanah $100 \times 100 \times 70 \text{ cm} = 700000 \text{ cm}^3$ 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 15 cm dan tinggi 30 cm. Pematatan dengan cara 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 didapatkan dengan cara memadatkan hingga ketinggian yang diinginkan, yaitu 10 cm, kemudian di kontrol kepadatannya dengan menggunakan uji *density*.

Pengujian menggunakan *box* persegi panjang yang terbuat dari *fiberglass* dengan dimensi panjang 1,5 m; lebar 1,0 m; dan tinggi 1,0 m. Disekeliling *box* diberikan pengaku arah vertikal dan horisontal dengan baja siku 40.40.4 untuk mempertahankan *box* supaya tidak meregang akibat tekanan tanah dan saat pembebanan berlangsung. Dasar dari *box* diberi perkuatan dengan plat besi dengan ketebalan 1,2 cm. *Box* dibuat dengan bahan *fiberglass* agar memudahkan pengamatan pada saat pengujian dilakukan.



Gambar 3.3 Model *box* penelitian

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 sampai didapatkan gradasi butiran halus sampai 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 (a). Setiap lapisan dikontrol kadar air dan kepadatannya menggunakan uji *density*.

3. Tanah didiamkan selama ± 30 menit agar rongga-rongga yang ada pada tanah terisi oleh partikel partikel yang juga menyesuaikan terhadap pergeseran tanah sehingga rongga rongga tersebut dapat terisi.
4. Pengujian dilakukan dengan menyesuaikan variabel penelitian yang berupa rasio d/B dan lebar pondasi.

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

1. Tanah pasir diayak 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 3.2 (b).
4. Dilakukan pengisian pasir sesuai dengan perlapisan geogrid yang direncanakan lalu dipadatkan menggunakan silinder beton.
5. Setiap lapisan yang telah digilas dicek kadar airnya dan kepadatannya menggunakan uji *density*.
6. Tanah didiamkan selama ± 30 menit agar rongga-rongga yang ada pada tanah terisi oleh partikel partikel yang juga menyesuaikan terhadap pergeseran tanah sehingga rongga rongga tersebut dapat terisi
7. Pengujian dilakukan dengan menyesuaikan variabel penelitian yang berupa lebar pondasi dan letak lapis geogrid teratas.

3.4.4 Pengujian Pembebanan

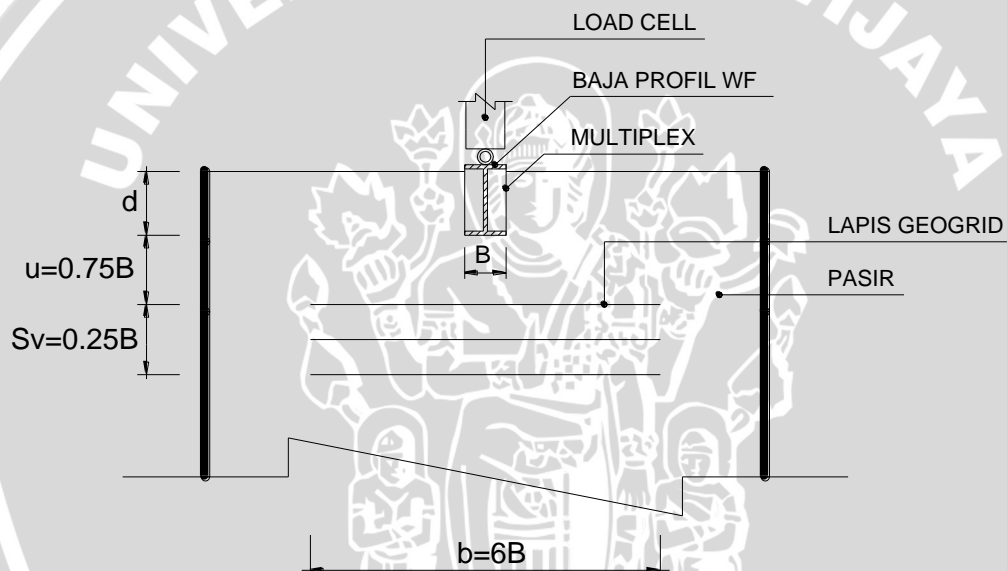
Uji pembebanan dilakukan menggunakan dongkrak hidrolik. Dalam pembebanan digunakan *load cell* untuk mengukur besarnya beban yang terjadi. Pembebanan dilakukan dengan menggunakan pemodelan pondasi. Pondasi terbuat dari baja profil WF. Sebagai faktor kedalaman, pondasi diberikan tambahan multipleks di sisi kanan-kiri dengan penyesuaian representasi pondasi yang masuk kedalam tanah.

Adapun langkah-langkah pengujian pembebanan adalah sebagai berikut:

1. Memasang pondasi menerus baja profil WF pada permukaan tanah maupun pada kedalaman yang telah menjadi variabel. Lebar pondasi yang digunakan adalah 6 cm, 8 cm dan 10 cm.

2. Memasang *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*.
3. Memasang *dial LVDT* dan *LVDT digital* pada pondasi seperti ilustrasi pada Gambar 3.4 guna mengetahui besarnya penurunan tanah selama pembebanan.
4. Uji pembebanan dengan dongkrak hidrolik. Pembebanan dilakukan bertahap tiap 50 kg hingga beban tidak dapat ditambahkan lagi atau hingga mengalami keruntuhan.
5. Mencatat berapa beban yang diberikan dan berapa penurunan yang terjadi pada benda uji.

Tampak samping susunan pembebanan ditunjukkan pada Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 Skema susunan pembebanan

3.5 Metode Analisis Data

Berdasarkan hasil uji pembebanan, didapat data beban serta penurunan yang terjadi pada pondasi. Data yang diambil merupakan data dari pondasi tanpa perkuatan dan pondasi dengan perkuatan geogrid variasi lebar pondasi dan rasio d/B .

Daya dukung dihitung dengan Persamaan 3.1 berikut:

$$qu = \frac{Pu}{A} \dots \dots \dots (3.1)$$

dengan :

P_u = beban maksimum yang dicatat saat uji pembebanan

A = luasan pondasi



Data-data di atas kemudian disajikan pada Tabel 9, Tabel 10, dan Tabel 11 sebagai berikut:

Tabel 9 Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan

No.	Lebar Pondasi (cm)	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (kg)	q_u (kg/cm ²)
1	6			
2	8			
3	10			

Tabel 10 Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Menerus Dengan Perkuatan Menggunakan Variasi Rasio d/B

No.	Lebar Pondasi (cm)	Rasio d/B	Penurunan (mm)	Beban maksimum (kg)	q_u (kg/cm ²)
1		0			
2	6	0.5			
3		1			
4		0			
5	8	0.5			
6		1			
7		0			
8	10	0.5			
9		1			

Tabel 11 Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Menerus Dengan Perkuatan Menggunakan Variasi Lebar Pondasi

No.	Rasio d/B	Lebar Pondasi (cm)	Penurunan (mm)	Beban maksimum (kg)	q_u (kg/cm ²)
1		6			
2	0	8			
3		10			
4		6			
5	0.5	8			
6		10			
7	1	6			

8	8
9	10

Data diatas digunakan sebagai dasar grafik hubungan antara penurunan dan daya dukung. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan geogrid sebagai perkuatan pondasi dalam meningkatkan daya dukung, dilakukan analisis *Bearing Capacity Improvement (BCI)*. Perhitungan BCI diperoleh dari rumus Persamaan 3.2, yaitu :

$$BCI = \frac{q}{q_0} \dots \dots \dots (3.2)$$

dengan :

BCI = *Bearing Capacity Improvement*

q = daya dukung dengan perkuatan geogrid

q₀ = daya dukung tanpa perkuatan

Data hasil perhitungan BCI nantinya ditampilkan seperti dalam tabel berikut :

Tabel 12 *Bearing Capacity Improvement (BCI)* Untuk Variasi Lebar Pondasi dan Variasi d/B

No.	Lebar Pondasi (cm)	q _u Pondasi Tanpa Perkuatan (kg/cm ²)	q _u Pondasi Dengan Perkuatan Geogrid (kg/cm ²)			BCI		
			d/B=0	d/B=0.5	d/B=1	d/B=0	d/B=0.5	d/B=1
1	6							
2	8							
3	10							

3.6 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:

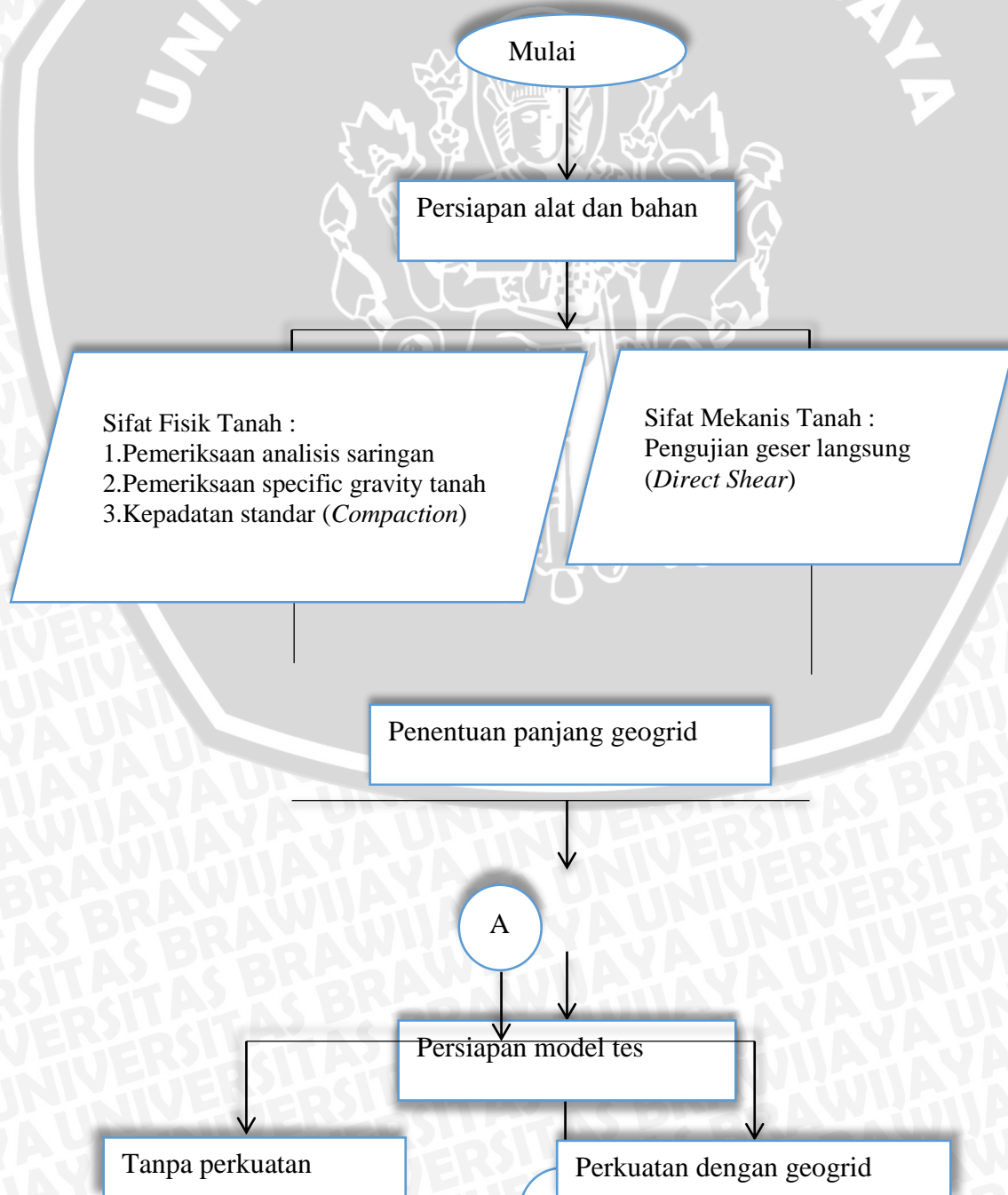
1. Daya dukung tanah
2. Penurunan

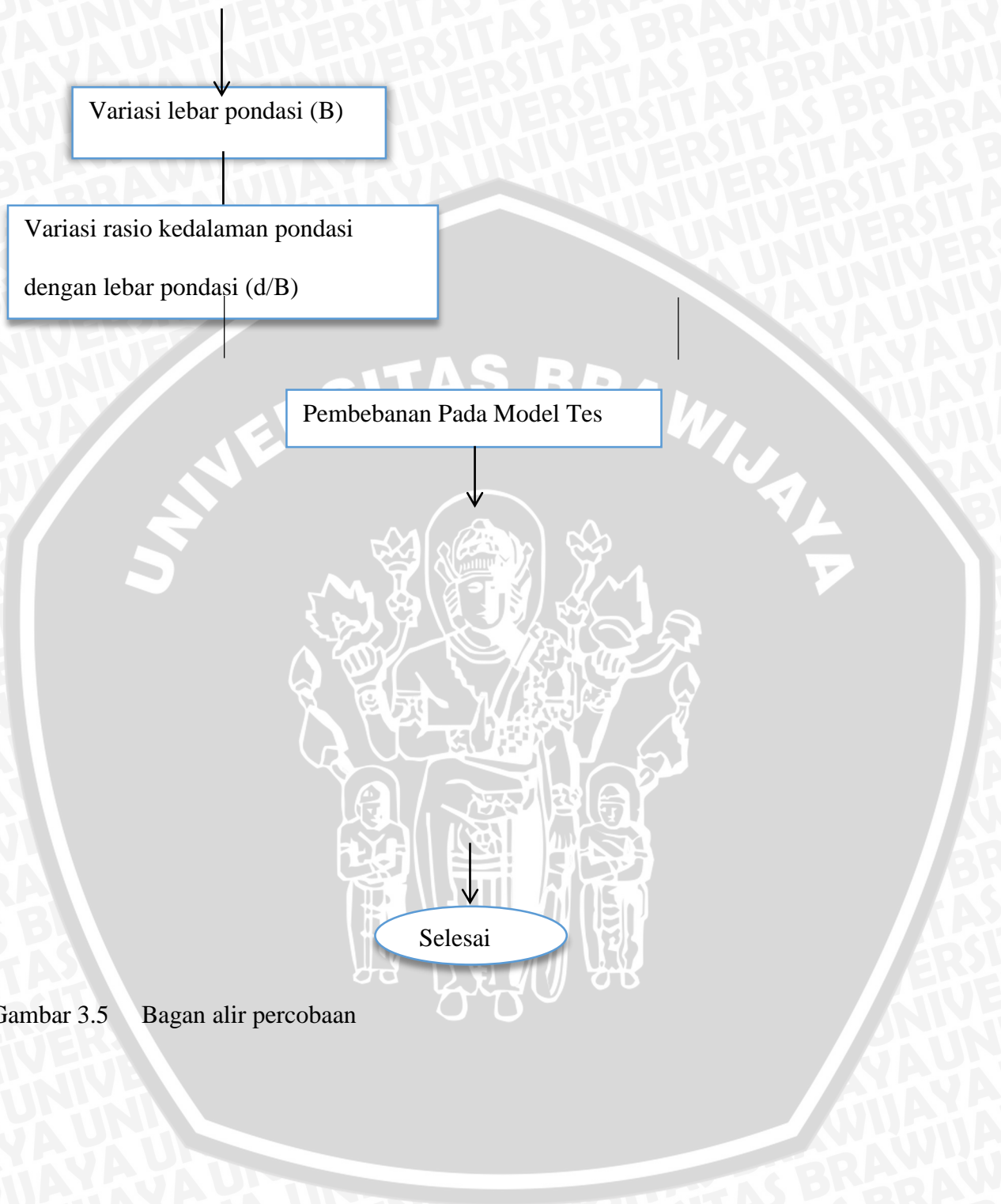
b. Variabel Bebas dalam penelitian ini yaitu:

1. Lebar pondasi yang digunakan yaitu 6 cm, 8 cm dan 10 cm.
2. Lebar geogrid yang digunakan adalah 6B dan luas yang digunakan sebesar 3600 cm², 4800 cm² dan 6000 cm²

3. Rasio kedalaman pondasi yang digunakan sebesar $d/B = 0, 0,5, 1$ dimana kedalaman pondasi yang dipakai saat $B = 6$ cm adalah permukaan, 3 cm, dan 6 cm; $B = 8$ cm adalah permukaan, 4 cm, dan 8 cm; $B=10$ cm adalah permukaan, 5 cm, dan 10 cm.
4. Kepadatan relatif tanah pasir adalah RC 85%
5. Kedalaman pondasi ke lapisan pertama geogrid sebesar $U=0,75B$
6. Jarak vertikal geogrid $S_v = 0,25B$. Jaraknya adalah 1,5 cm; 2 cm ;dan 2,5 cm
7. Jumlah lapis perkuatan geogrid $n = 3$

3.7 Bagan Alir Tahapan Penelitian





Gambar 3.5 Bagan alir percobaan

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Analisis Bahan

Penelitian ini menggunakan 3 bahan utama yaitu tanah pasir, pondasi, dan geogrid untuk perkuatannya. Karakteristik bahan-bahan tersebut yaitu :

- a. Tanah pasir bergradasi buruk dengan simbol SP (*Poorly Graded Sand*) menurut sistem klasifikasi USCS.
- b. Pondasi yang digunakan untuk menopang dan meneruskan beban adalah pondasi menerus dengan lebar pondasi (B) 6, 8, dan 10 cm. Pondasi terbuat dari profil WF yang terbuat dari baja serta ditambah multipleks di bagian sisi kanan dan kirinya untuk menahan tanah disekeliling pondasi.
- c. Bahan perkuatan yang digunakan adalah geogrid biaksial tipe Miragrid GX 40/40 dengan kuat Tarik 40 kN/m^2 . Geogrid terbuat dari bahan poliester dan diperoleh dari PT. Tetrasa Geosinindo.

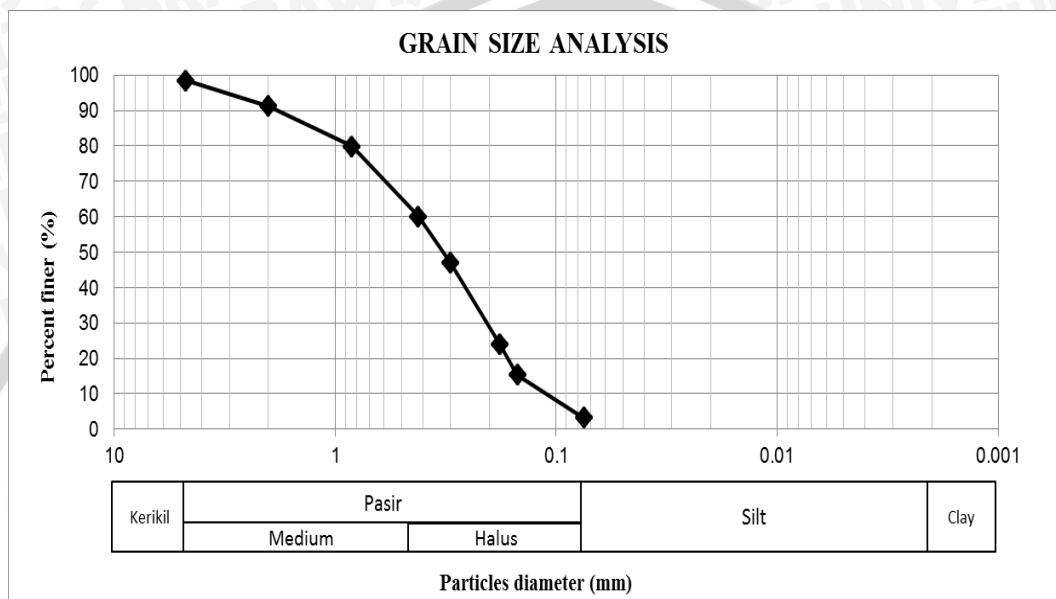
Tabel 13 Tipe Geogrid

Properties of TenCate Miragrid® GX Geogrids										
Property	Unit	GX 40/40	GX 60/30	GX 60/60	GX 80/30	GX 80/60	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 Gradasi Butiran Tanah

Pada awal penelitian dilakukan beberapa pengujian dasar untuk mengetahui karakteristik pasir yang digunakan. Salah satunya adalah analisis gradasi butiran tanah. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Data yang diperoleh dari hasil pengujian analisis saringan terhadap gradasi butiran tanah disajikan pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Hasil pembagian ukuran butiran tanah

Berdasarkan data hasil pengujian dapat diketahui pasir yang lolos saringan no. 200 sebesar 3,27%. Pada sistem Klasifikasi Unified, tanah tersebut digolongkan sebagai tanah berbutir kasar dengan prosentase tanah yang tertahan saringan no. 200 lebih dari dari 50%.

Untuk menentukan jenis pasir, maka digunakan Rumus (4-1) berikut ini.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 6 \quad Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \neq 1 < Cc < 3 \dots \dots \dots (4-1)$$

Diketahui:

$$D_{60} = 0,4$$

$$D_{30} = 0,2$$

$$D_{10} = 0,12$$

$$Cu = \frac{(0,4)}{0,12} = 3,333 < 6 \quad Cc = \frac{(0,2)^2}{0,12 \times 0,4} = 0,833$$

Karena nilai Cu kurang dari 6 dan nilai Cc tidak diantara 1 dan 3 maka dapat disimpulkan bahwa jenis pasir ini tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW (*Well Graded*

Sand) sehingga gradasi pasir tersebut adalah SP (*Poorly Graded Sand*), yaitu pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.

4.1.2. Analisis Specific Gravity

Pengujian dasar berikutnya adalah *Specific Gravity*. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis tanah yang mempunyai butiran lewat saringan no.4 dengan picnometer. *Specific Gravity* merupakan perbandingan antara berat butir tanah dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

Data yang diperoleh dari laboratorium dimasukkan ke dalam Persamaan 4-2 berikut.

$$GS = \frac{W_s}{W_s - W_1 + W_2} \quad (4-2)$$

dengan,

GS = *Specific Graviy*

Ws = berat tanah kering

W1 = berat labu ukur + air + tanah

W2 = berat labu ukur + air

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis yang dilakukan di laboratorium diperoleh nilai *Specific Gravity* sebesar 2,6481 seperti yang disajikan dalam Tabel 14 berikut.

Tabel 14 Nilai rata-rata *Specific Gravity*

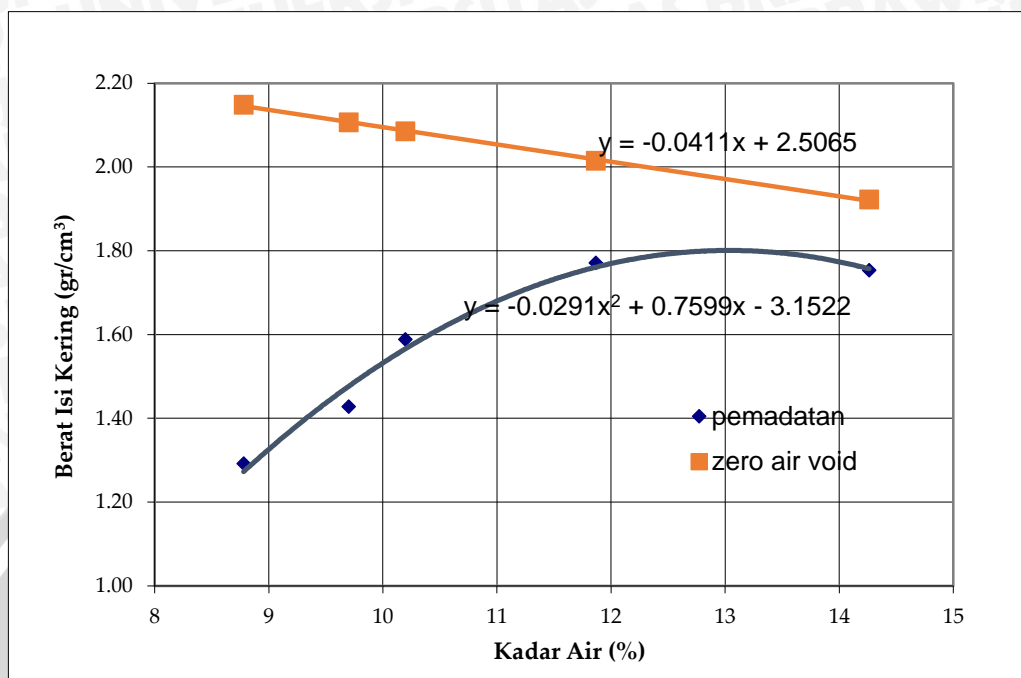
Labu ukur	A	B	C
Berat jenis	2,6157	2,6751	2,6536
Berat jenis rata-rata	2,6481		

4.1.3. Analisis Pemeriksaan Kepadatan Tanah (*Compaction*)

4.1.3.1. Kepadatan Tanah Standar di Laboratorium (*Proctor Test*)

Pengujian kepadatan standar (*compaction*) bertujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah yang dinyatakan dalam berat isi kering dengan memadatkan tanah di dalam *mold* berdiameter 15,5 cm menggunakan proktor standar dengan berat 2,5 kg. Tinggi jatuh untuk pemadatan standar adalah sebesar 30,48 cm (12 inch) denan jumlah tumbukan sebanyak 56 kali setiap lapisan. Acuan dari uji pemadatan ini adalah ASTM D-698-70 metode B. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh nilai berat isi kering (γ_d) maksimum sebesar 1,801 gr/cm³ dengan kadar air optimum (OMC)

sebesar 13,038%. Grafik hasil pengujian tersebut disajikan dalam Gambar 4.2 berikut :



Gambar 4.2 Grafik pematatan standar

4.1.3.2. Kepadatan Tanah Model

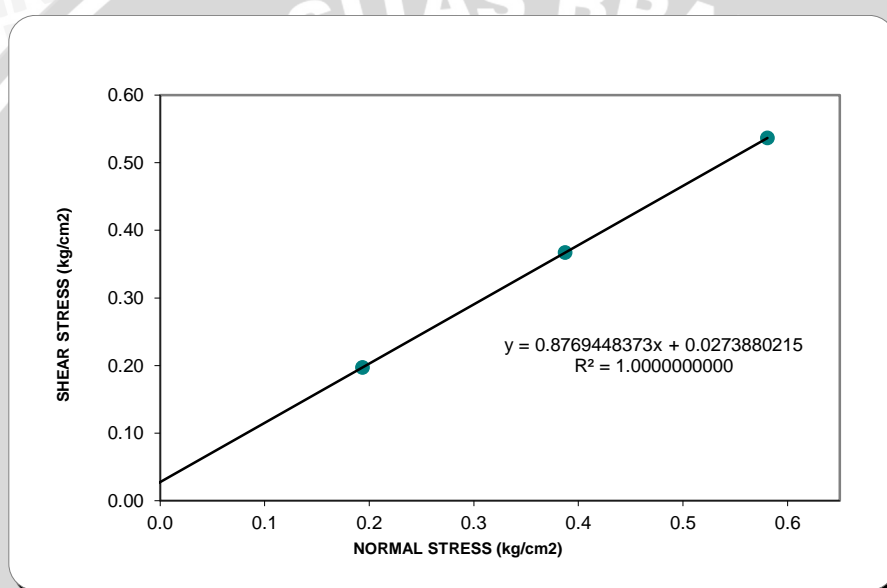
Kepadatan tanah model (γ_{lap}) digunakan karena pada saat percobaan dalam model sangat sulit didapatkan kepadatan maksimum seperti halnya pada percobaan di laboratorium. Untuk menentukan berat isi kering pada model, digunakan *density ring* yang menghasilkan nilai berat isi kering model (γ_{lap}). Perbandingan berat isi kering model (γ_{lap}) dengan berat isi kering yang diperoleh dari pematatan standar di laboratorium (γ_{lab}) menghasilkan nilai kepadatan relatif (RC). Berat isi basah (γ_{lap}) yang dipakai dalam penelitian ini adalah 1,68 gr/cm³ untuk kepadatan relatif sebesar 85%.

Pemodelan pondasi dibagi menjadi 7 lapisan dengan tinggi masing-masing sebesar 10 cm. Pematatan tanah pada tiap lapisan dilakukan dengan cara menggilas tanah dengan menggunakan beton silinder dengan berat 11,28 kg dan tinggi 30 cm. Jumlah gelindingan yang dilakukan untuk mendapatkan kepadatan yang diinginkan didapatkan dengan cara memadatkan hingga ketinggian target yaitu 10 cm. Kemudian dilakukan pengujian *density test* untuk mengontrol nilai kepadatan agar sesuai dengan kepadatan rencana.

4.1.4. Analisis Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*)

Analisis pengujian geser langsung ini dimaksudkan untuk menentukan parameter nilai

kohesi tanah (c) serta nilai sudut geser dalam tanah (ϕ). Hasil dari pengujian ini disajikan dalam grafik hubungan antara tegangan normal (σ) dan tegangan geser maksimum (τ). Dari grafik tersebut dapat diperoleh 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 dalam tanah (ϕ) sebesar $41,25^\circ$ dan nilai kohesi (c) sebesar $0,027 \text{ kg/cm}^2$. Grafik hasil pengujian *direct shear* disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Hubungan antara tegangan geser dan tegangan normal pada uji *direct shear*

4.2. Pengujian *Model Test*

Pada penelitian ini digunakan boks dengan ukuran $100 \text{ cm} \times 150 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$ yang kemudian diberikan sekat kayu. Dimensi efektif yang digunakan untuk pemodelan adalah $100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$. Pengisian pasir dilakukan dengan cara membagi menjadi 7 lapisan dengan ukuran tiap lapisannya adalah $100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$. Pada tiap lapisan dilakukan kontrol volume dengan cara memasukkan pasir ($WC = 10\%$) seberat $168,5 \text{ kg}$ di setiap lapisannya. Pemeriksaan kepadatan dan kadar air dilakukan di setiap lapisan menggunakan *density test*.

Pada pengujian dengan menggunakan faktor kedalaman pondasi (d/B), benda uji tanah pasir akan dibatasi ketinggiannya pada lapisan terakhir seperti yang disajikan dalam Tabel

15 berikut.

Tabel 15 Tinggi Benda Uji Berdasarkan Rasio Kedalaman Pondasi dengan Lebar pondasi (d/B)

Lebar Pondasi (cm)	d/B	Tinggi Benda Uji (cm)
6	0	70
	0.5	67
	1	64
8	0	70
	0.5	66
	1	62
10	0	70
	0.5	65
	1	60

Selanjutnya pondasi dipasang sesuai tinggi target dan multipleks dipasang disisi kanan kiri pondasi dengan tujuan agar pasir disekeliling pondasi tidak jatuh dan mempengaruhi proses *settlement*. Untuk variasi fator kedalaman pondasi yang belum mencapai tinggi target, maka tanah pasir dimasukkan di sisi kanan kiri sampai ketinggian 70 cm dan kemudian dibiarkan selama ± 30 menit agar tanah dapat mengisi rongga-rongga yang masih kosong. Setelah semua persiapan sudah dilakukan dan pemodelan pondasi sudah siap diuji, beban diberikan setiap kelipatan 50 kg pada pasir sampai mengalami keruntuhan dan tidak mampu menahan beban yang diberikan.

4.3. Hasil Pengujian *Model Test*

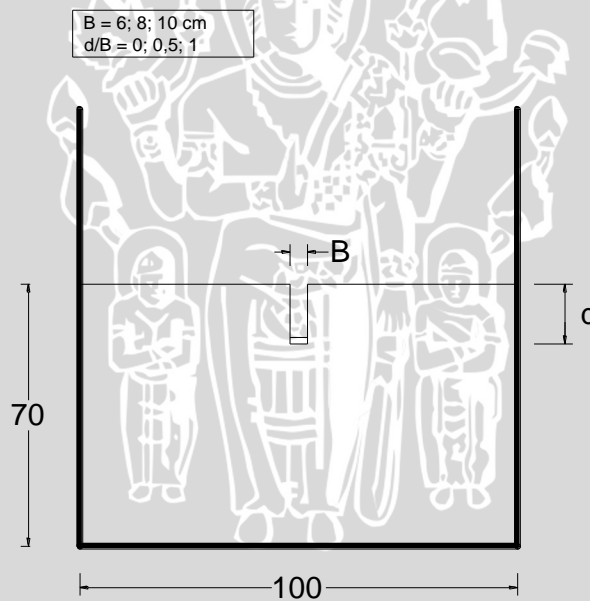
4.3.1. Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan Geogrid

Sebelum dilakukannya pengujian model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, maka terlebih dahulu dilakukan pengujian pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hasilnya akan digunakan sebagai pembanding untuk pondasi menerus dengan perkuatan geogrid. Untuk pemodelan pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dilakukan pengujian terhadap 9 kondisi pondasi sesuai dengan matriks yang dijelaskan pada Tabel 16 berikut.

Tabel 16 Matriks Pengujian

Lebar Pondasi (cm)	d/B
	0
6	0.5
	1
	0
8	0.5
	1
	0
10	0.5
	1

Skema pemodelan pondasi tanpa perkuatan dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Skema pemodelan pondasi tanpa perkuatan

4.3.1.1. Hasil Pemeriksaan Kadar Air dan Kepadatan

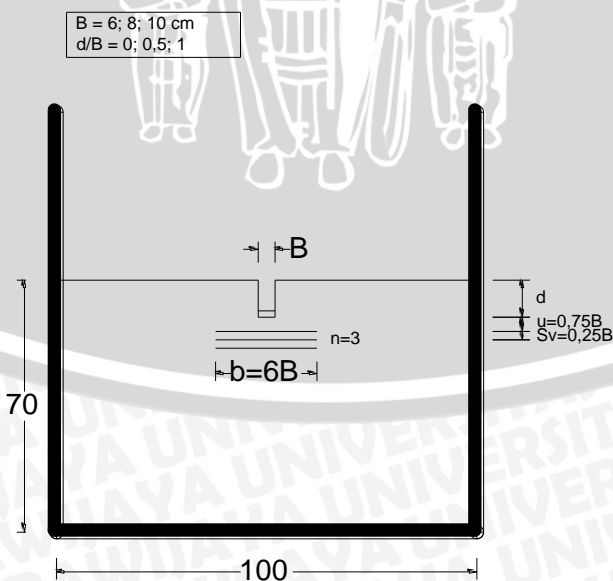
Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada pemodelan pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid diperoleh nilai kadar air dan berat isi kering dengan menggunakan *density test* yang ditunjukkan pada Tabel 17.

Tabel 17 Nilai Kadar Air dan Berat Isi Kering Tanah Pondasi Menerus tanpa Perkuatan Geogrid

Lebar Pondasi (cm)	d/B	Kadar air (%)	Berat Isi Kering (gr/cm ³)
6	0	10,42	1,514
	0.5	9,80	1,526
	1	9,77	1,532
8	0	8,20	1,521
	0.5	10,30	1,518
	1	11,81	1,518
10	0	7,90	1,501
	0.5	10,05	1,535
	1	11,46	1,502

4.3.2. Pondasi Menerus Dengan Perkuatan Geogrid

Pengujian pondasi menerus dengan perkuatan geogrid dilakukan sebanyak 9 kali percobaan sesuai dengan variabel yang diteliti. Pemodelan pondasi dibuat dengan variasi rasio d/B yaitu 0; 0,5; 1 dan variasi lebar pondasi (B) yaitu 6, 8, dan 10 cm . Variabel terikat yang digunakan pada penelitian kali ini adalah jumlah lapis perkuatan (n) sejumlah 3 lapis dan rasio u/B = 0,75. Salah satu contoh pemodelan pondasi dengan perkuatan geogrid dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Skema pemodelan pondasi dengan perkuatan

4.3.2.1. Hasil Pemeriksaan Kadar Air dan Kepadatan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada pemodelan pondasi tanpa perkuatan dengan variabel tetap $n = 3$ dan $u/B = 0,75$ diperoleh nilai kadar air dan berat isi kering dengan menggunakan *density test* yang ditunjukkan pada Tabel 18.

Tabel 18 Nilai Kadar Air dan Berat Isi Kering Pondasi Menerus dengan Perkuatan Geogrid

Lebar Pondasi (cm)	d/B	Kadar air (%)	Berat Isi Kering (gr/cm ³)
6	0	10,04	1,518
	0.5	9,93	1,528
	1	9,86	1,514
8	0	9,83	1,531
	0.5	9,87	1,527
	1	10,02	1,530
10	0	10,05	1,532
	0.5	9,79	1,517
	1	10,05	1,541

4.4. Analisis Daya Dukung Tanah Pasir RC 85%

4.4.1. Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan Geogrid

4.4.1.1. Metode Analitik

Selain dengan melakukan pengujian secara langsung di laboratorium, ada beberapa cara pendekatan perhitungan secara analitik pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Untuk mendapatkan perkiraan dasar nilai daya dukung tersebut pada penelitian ini, maka digunakan metode Meyerhof, metode Hansen, dan metode Vesic. Nilai daya dukung yang didapatkan menggunakan 3 metode tersebut ditampilkan pada Tabel 19 berikut.

Tabel 19 Nilai Daya Dukung Analitik untuk Pondasi Menerus tanpa Perkuatan Geogrid

Lebar Pondasi (cm)	d/B	qu (kN/m ²)		
		Meyerhof	Hansen	Vesic
6	0	61,624	51,544	69,682
	0.5	110,770	93,773	111,912
	1	168,283	143,718	161,857
8	0	81,388	67,948	92,133
	0.5	146,746	124,099	148,284
	1	223,258	190,537	214,722
10	0	101,153	84,353	114,584
	0.5	182,721	154,425	184,656
	1	278,233	237,356	267,588

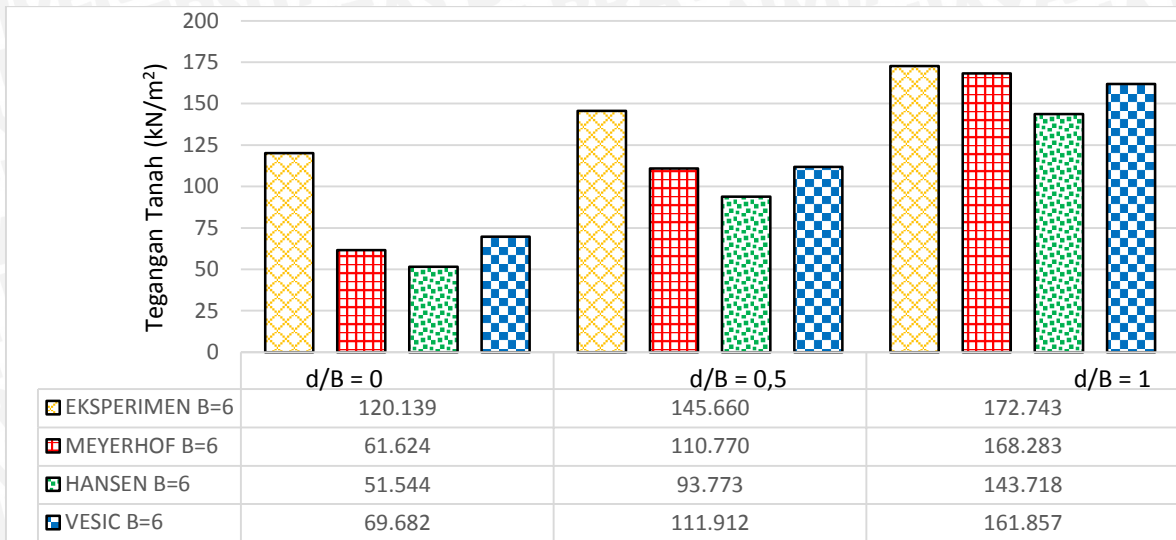
4.4.1.2. Metode Eksperimen

Salah satu tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung maksimum yang terjadi. Dari percobaan pembebanan yang sudah dilakukan pada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid, hasil pengujian daya dukung yang diperoleh dengan melakukan eksperimen disajikan dalam Tabel 20 berikut ini.

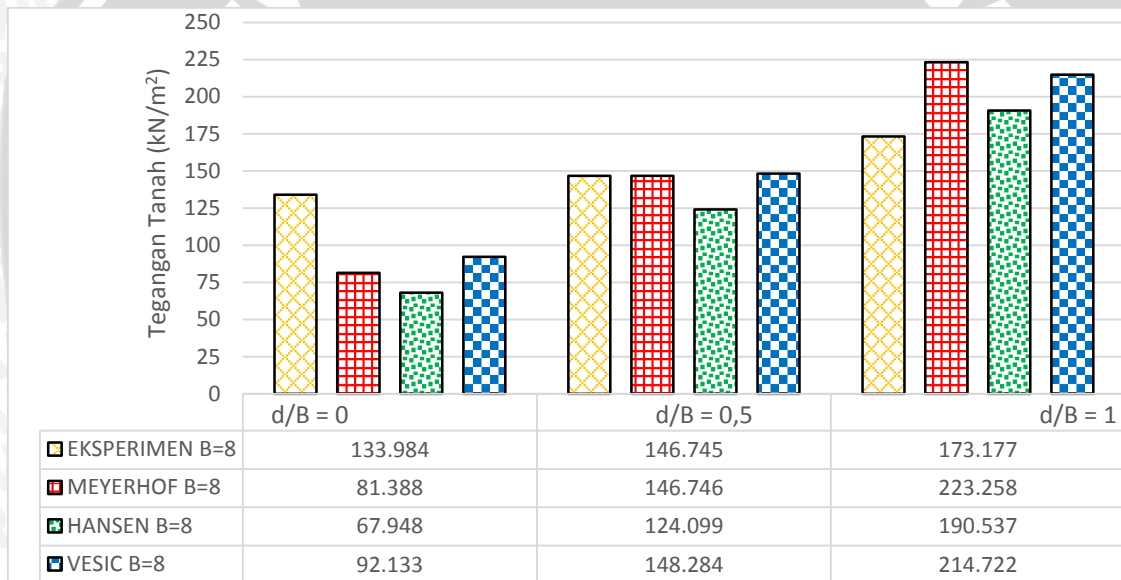
Tabel 20 Nilai Daya Dukung Berdasarkan Eksperimen untuk Pondasi Tanpa Perkuatan

Lebar Pondasi (cm)	d/B	qu (kN/m ²)
6	0	120,056
	0.5	145,660
	1	172,743
8	0	133,984
	0.5	146,745
	1	173,177
10	0	134,063
	0.5	169,792
	1	180,417

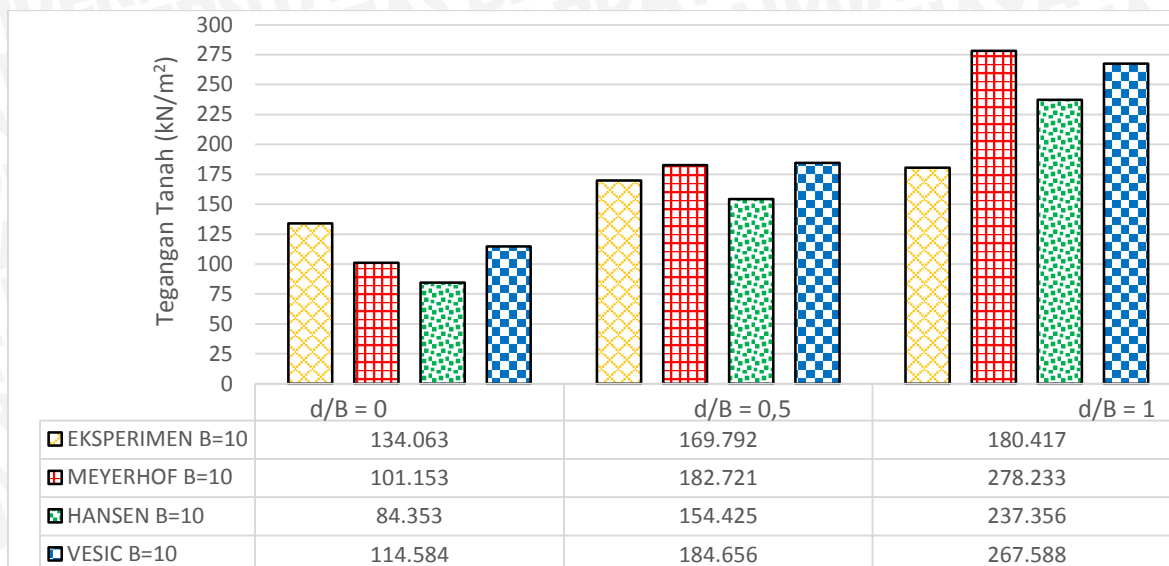
Sedangkan untuk perbandingan nilai daya dukung yang didapat antara metode analitik dengan metode eksperimen ditunjukkan pada Gambar 4.6 sebagai berikut.



(a) B = 6 cm, d/B = 0; 0,5 dan 1



(b) B = 8 cm, d/B = 0; 0,5 dan 1

(c) $B = 10$ cm, $d/B = 0; 0,5$ dan 1

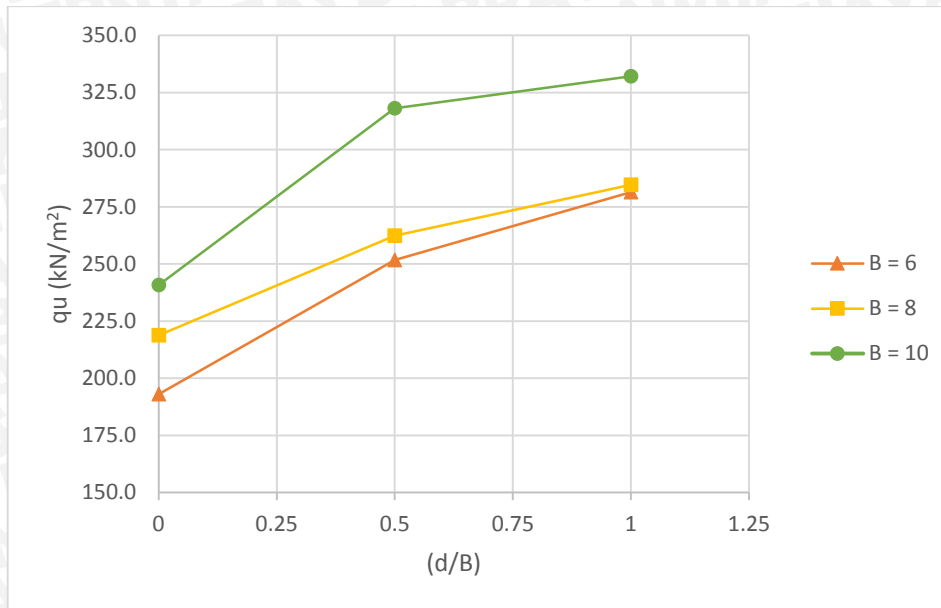
Gambar 4.6 Perbandingan nilai tegangan tanah pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid berdasarkan metode eksperimen dan analitik

4.4.2. Pondasi Menerus Dengan Perkuatan Geogrid

Pada pengujian yang dilakukan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid variasi rasio d/B dan lebar pondasi pada $n = 3$ dan $u/B = 0,75$ didapatkan nilai daya dukung yang ditunjukkan pada Tabel 21 dan Tabel 22. Sedangkan nilai daya dukung terhadap variasi rasio d/B dan lebar pondasi ditunjukkan pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.

Tabel 21 Nilai Daya Dukung Eksperimen Pondasi Menerus dengan Perkuatan Geogrid pada Variasi Rasio d/B

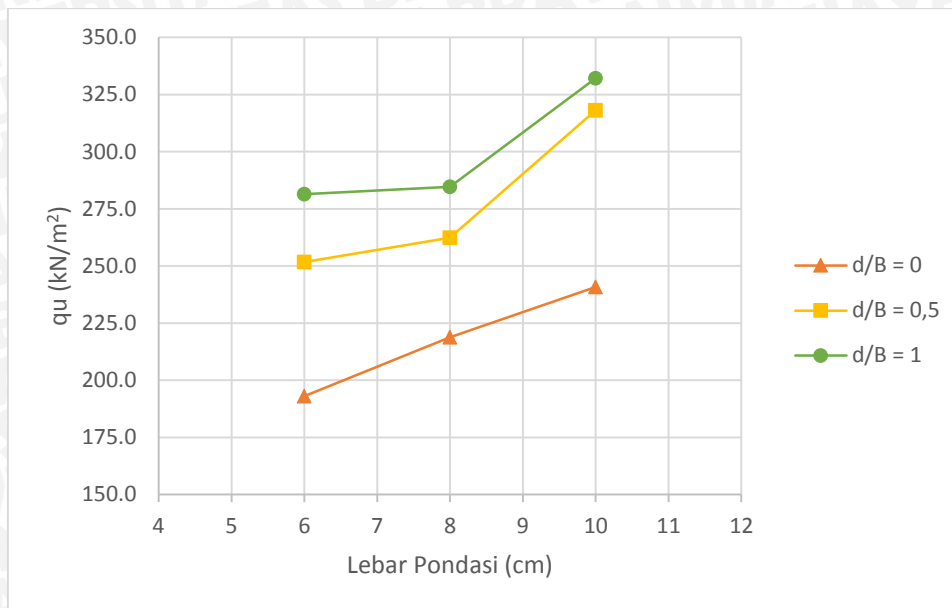
Lebar Pondasi (cm)	d/B	Beban (kg)	Penurunan (mm)	s/B (%)	q_u	q_u
					(kg/cm^2)	(kN/cm^2)
6	0	1153	6,248	10,413	1,931	193,056
	0,5	1450	5,913	9,854	2,517	251,736
	1	1621	14,280	23,800	2,814	281,424
8	0	1681	4,745	5,931	2,189	218,880
	0,5	2015	7,308	9,134	2,624	262,370
	1	2186	11,133	13,916	2,846	284,635
10	0	2312	5,915	5,915	2,408	240,833
	0,5	3054	18,845	18,845	3,181	318,125
	1	3189	13,180	13,180	3,322	332,188



Gambar 4.7 Nilai daya dukung ultimit (q_u) eksperimen pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pada variasi rasio d/B

Tabel 22 Nilai Daya Dukung Eksperimen Pondasi Menerus dengan Perkuatan Geogrid pada Variasi Lebar Pondasi

d/B	Lebar Pondasi (cm)	Beban (kg)	Penurunan (mm)	s/B (%)	q_u (kg/cm ²)	q_u (kN/cm ²)
0	6	1153	6,248	10,413	1,931	193,056
	8	1681	4,745	5,931	2,189	218,880
	10	2312	5,915	5,915	2,408	240,833
0,5	6	1450	5,913	9,854	2,517	251,736
	8	2015	7,308	9,134	2,624	262,370
	10	3054	18,845	18,845	3,181	318,125
1	6	1621	14,280	23,800	2,814	281,424
	8	2186	11,133	13,916	2,846	284,635
	10	3189	13,180	13,180	3,322	332,188



Gambar 4.8 Nilai daya dukung ultimit (q_u) eksperimen pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pada variasi lebar pondasi

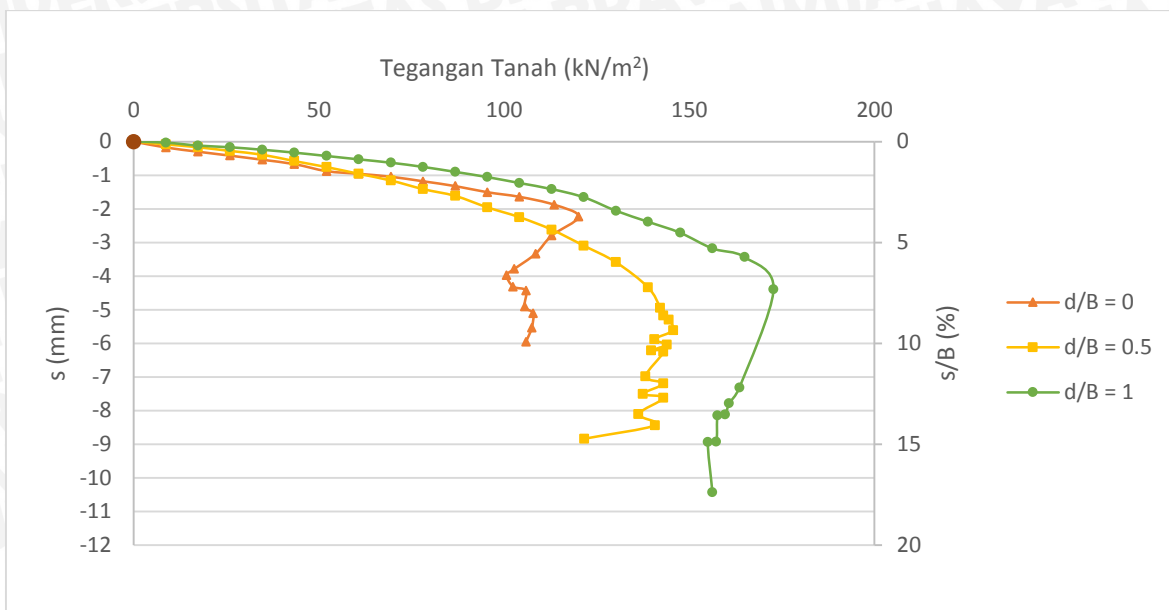
Dapat dilihat dari Tabel 21 dan 22, Gambar 4.7 dan 4.8 bahwa semakin besar rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (d/B) dan lebar pondasi, maka nilai daya dukung akan semakin besar. Nilai daya dukung terbesar pada saat $d/B = 1$ dan lebar pondasi 10 cm.

4.5. Analisis Penurunan Tanah Pasir RC 85%

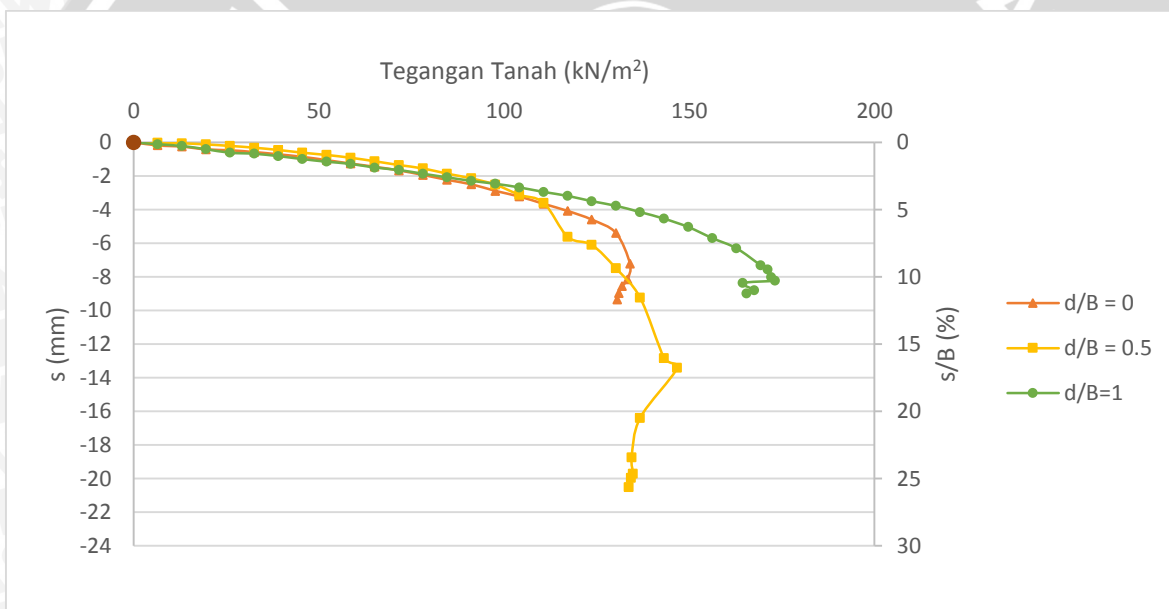
4.5.1. Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan Geogrid

4.5.1.1. Penurunan Tanah Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan Geogrid pada Variasi Rasio d/B

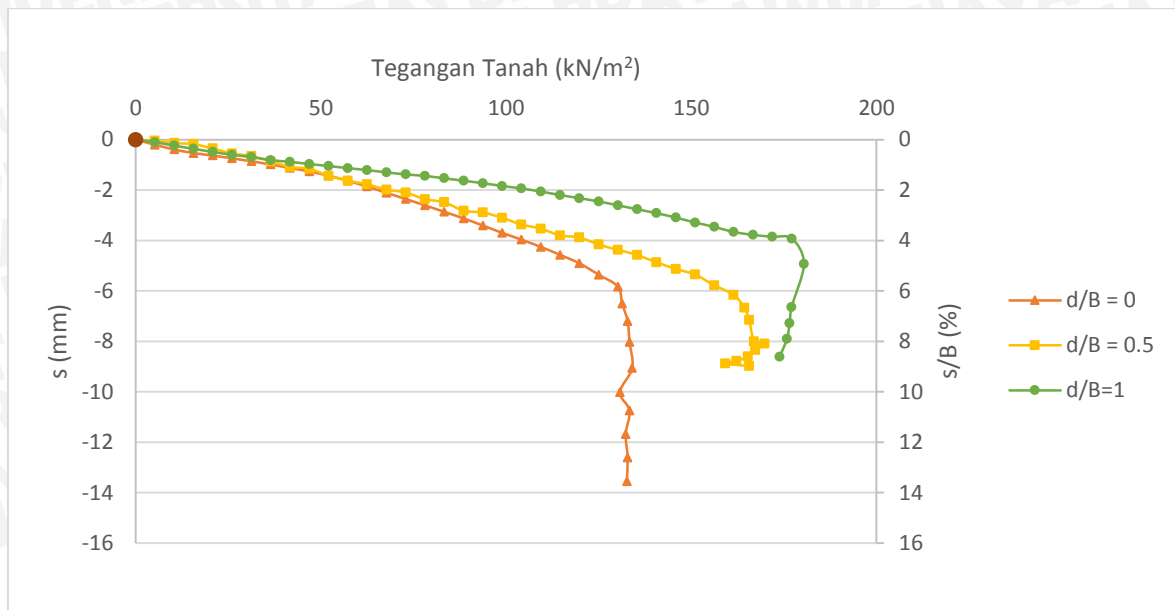
Berdasarkan percobaan pembebanan yang dilakukan di lapangan untuk pemodelan pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid didapatkan nilai pembacaan untuk daya dukung dan penurunan yang terjadi. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid disajikan dengan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut ini.



(a) B = 6 cm, d/B = 0; 0,5 dan 1



(b) B = 8 cm, d/B = 0; 0,5 dan 1



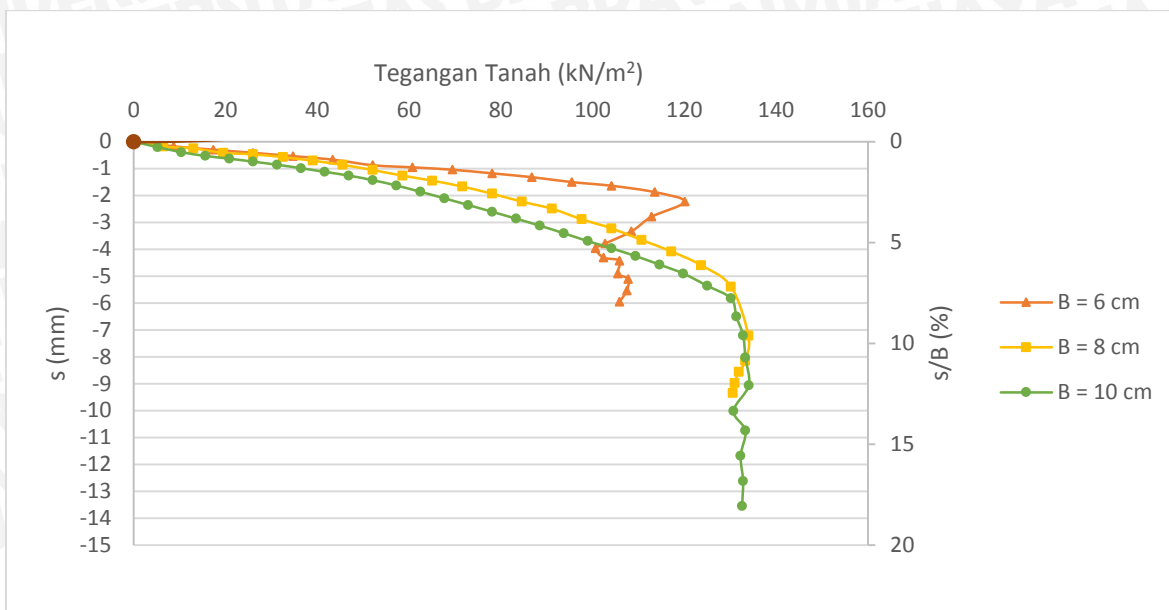
(c) $B = 10$ cm, $d/B = 0; 0,5$ dan 1

Gambar 4.9 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid pada variasi rasio d/B

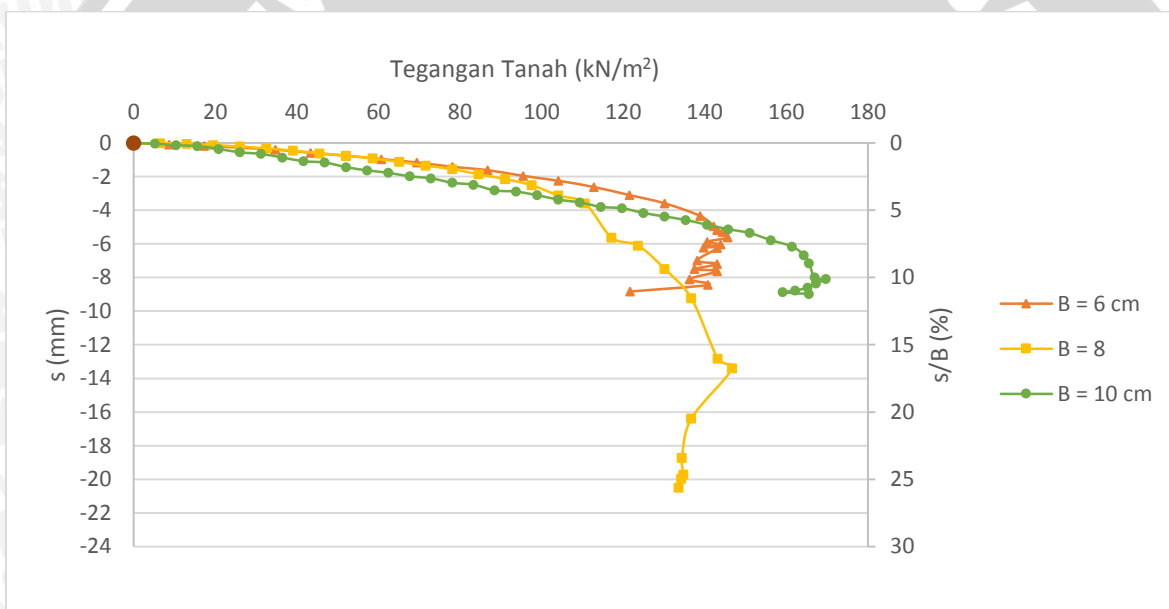
Pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dengan variasi rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (d/B) 0; 0,5; dan 1 terlihat bahwa pondasi dengan $d/B = 1$ memiliki nilai daya dukung terbesar.

4.5.1.2. Penurunan Tanah Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan Geogrid pada Variasi Lebar Pondasi

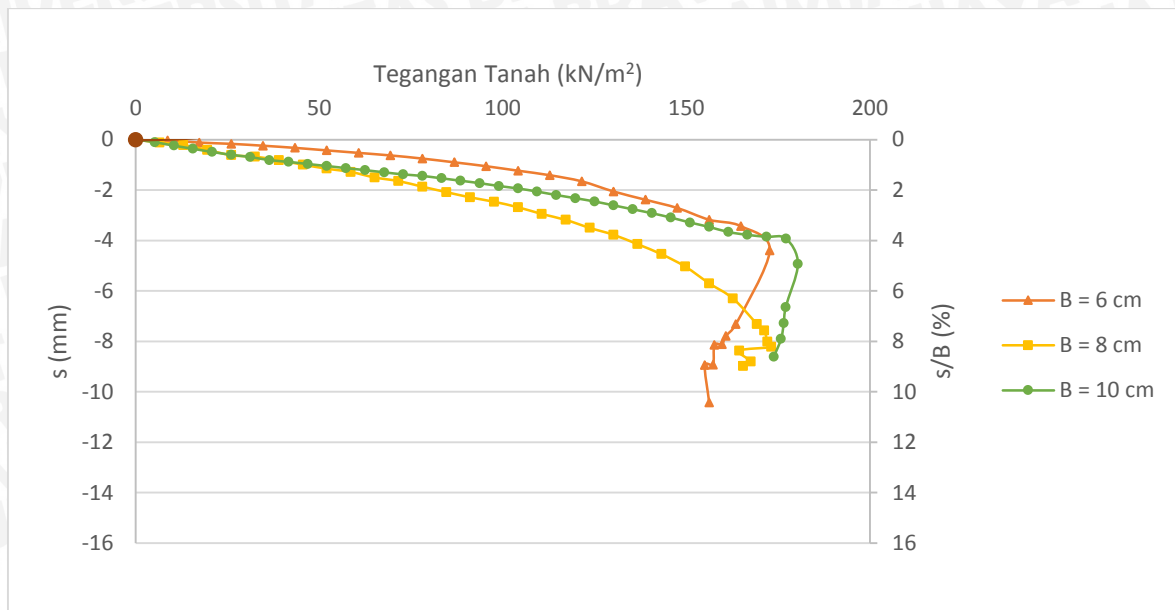
Berdasarkan percobaan pembebanan yang dilakukan di lapangan untuk pemodelan pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid didapatkan nilai pembacaan untuk daya dukung dan penurunan yang terjadi. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid disajikan dengan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut ini.



(a) $d/B = 0$, $B = 6; 8$ dan 10 cm



(b) $d/B = 0,5$; $B = 6; 8$ dan 10 cm



(c) $d/B = 1$; $B = 6$; 8 dan 10 cm

Gambar 4.10 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid pada variasi lebar pondasi

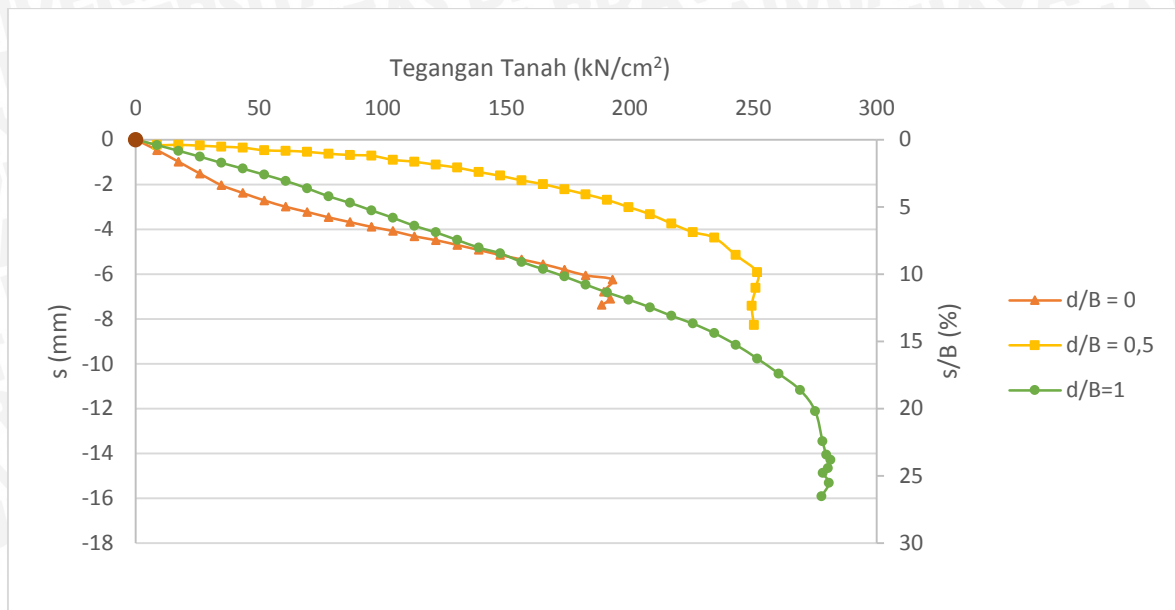
Pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dengan variasi lebar pondasi 6; 8; dan 10 cm terlihat bahwa pondasi dengan $B = 10$ memiliki nilai daya dukung terbesar.

4.5.2. Pondasi Menerus dengan Perkuatan Geogrid

4.5.2.1. Penurunan Tanah Pondasi Menerus dengan Perkuatan Geogrid pada Variasi d/B terhadap Lebar Pondasi

4.5.2.1.1. Lebar Pondasi 6 cm

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid di laboratorium dengan menggunakan lebar pondasi $B = 6$ cm, didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid menggunakan lebar pondasi $B = 6$ cm disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.

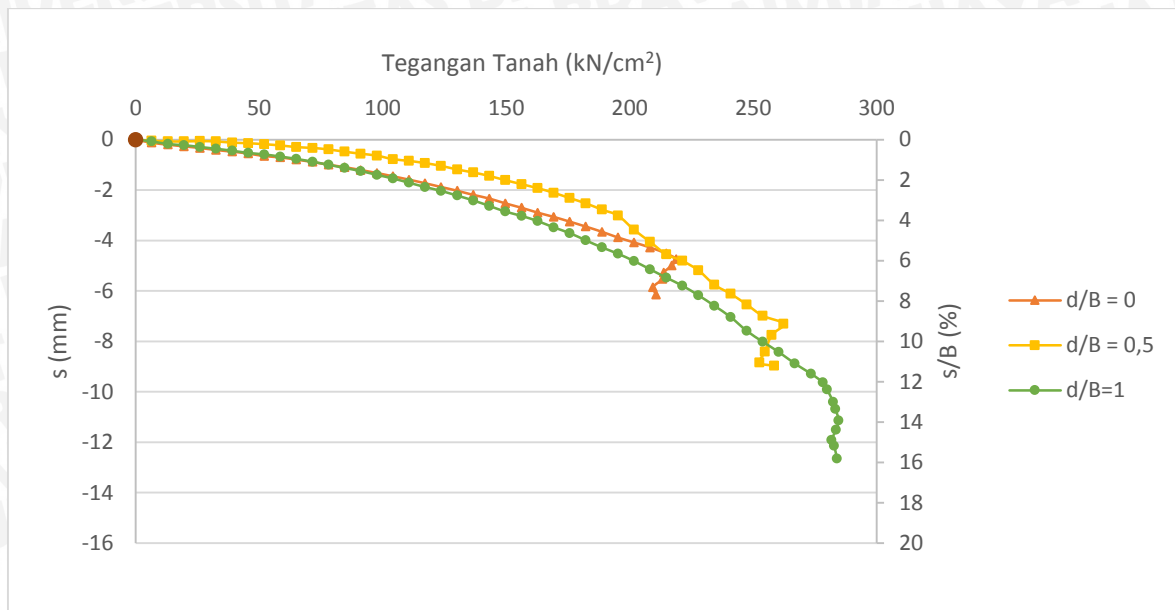


Gambar 4.11 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid saat lebar pondasi $B = 6$ cm, $d/B = 0$; $0,5$ dan 1

Dari Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai d/B , maka nilai daya dukung yang dihasilkan juga semakin besar. Untuk hasil pengujian model pondasi menerus dengan lebar pondasi 6 cm, pada $d/B = 0$ didapatkan penurunan sebesar 6,248 mm dengan nilai $q_u = 193,056$ kN/cm², pada $d/B = 0,5$ didapatkan penurunan sebesar 5,913 mm dengan nilai $q_u = 251,736$ kN/cm², dan pada $d/B = 1$ didapatkan penurunan sebesar 14,280 mm dengan nilai $q_u = 281,424$ kN/cm².

4.5.2.1.2. Lebar Pondasi 8 cm

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid di laboratorium dengan menggunakan lebar pondasi $B = 8$ cm, didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid dengan menggunakan lebar pondasi $B = 8$ cm disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.

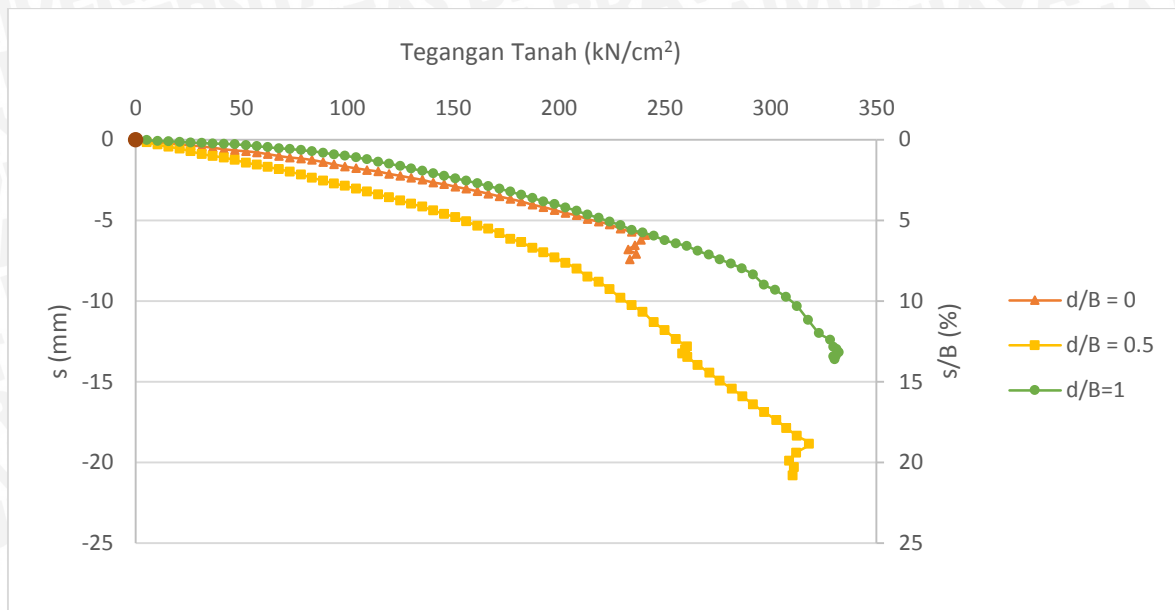


Gambar 4.12 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid saat lebar pondasi $B = 8$ cm, $d/B = 0$; $0,5$ dan 1

Dari Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai d/B , maka nilai daya dukung yang dihasilkan juga semakin besar.. Untuk hasil pengujian model pondasi menerus dengan lebar pondasi 8 cm, pada $d/B = 0$ didapatkan penurunan sebesar 4,745 mm dengan nilai $q_u = 218,880$ kN/cm², pada $d/B = 0,5$ didapatkan penurunan sebesar 7,308 mm dengan nilai $q_u = 262,370$ kN/cm², dan pada $d/B = 1$ didapatkan penurunan sebesar 11,133 mm dengan nilai $q_u = 284,635$ kN/cm².

4.5.2.1.3. Lebar Pondasi 10 cm

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid di laboratorium dengan menggunakan lebar pondasi $B = 10$ cm, didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid menggunakan lebar pondasi $B = 10$ cm disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



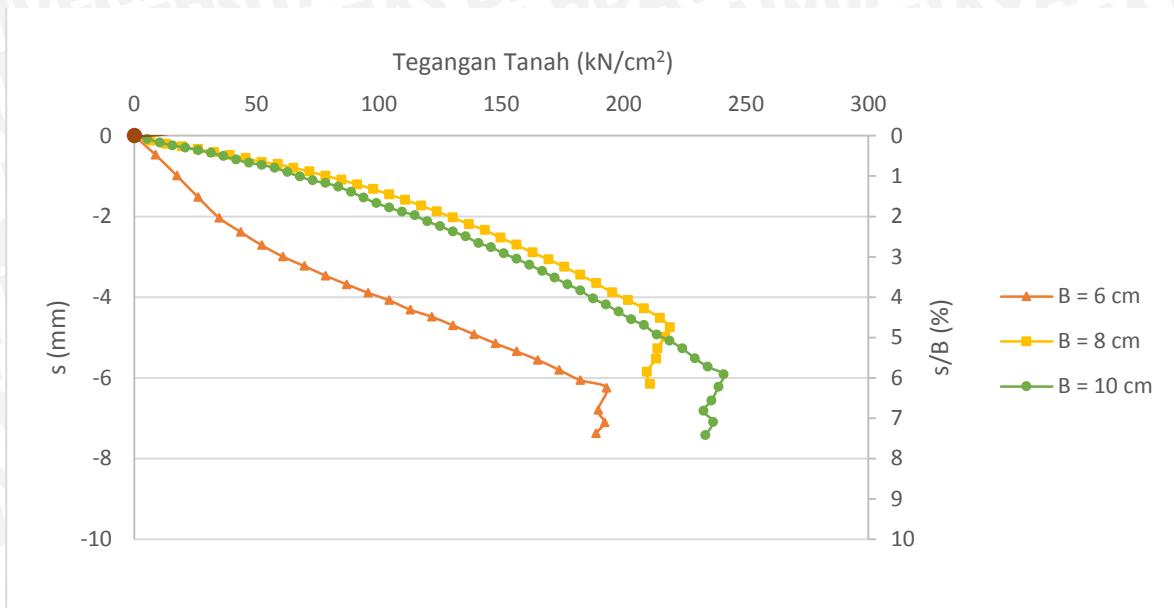
Gambar 4.13 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid saat lebar pondasi $B = 10$ cm, $d/B = 0; 0,5$ dan 1

Dari Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai d/B , maka nilai daya dukung *ultimate* yang dihasilkan juga semakin besar.. Untuk hasil pengujian model pondasi menerus dengan lebar pondasi 10 cm, pada $d/B = 0$ didapatkan penurunan sebesar 5,915 mm dengan nilai $q_u = 240,833 \text{ kN/cm}^2$, pada $d/B = 0,5$ didapatkan penurunan sebesar 18,845 mm dengan nilai $q_u = 318,125 \text{ kN/cm}^2$, dan pada $d/B = 1$ didapatkan penurunan sebesar 13,180 mm dengan nilai $q_u = 332,188 \text{ kN/cm}^2$.

4.5.2.2. Penurunan Tanah Pondasi Menerus dengan Perkuatan Geogrid pada Variasi Lebar Pondasi terhadap Rasio d/B

4.5.2.2.1. $d/B = 0$

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid di laboratorium dengan $d/B = 0$, didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid saat $d/B = 0$ disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.

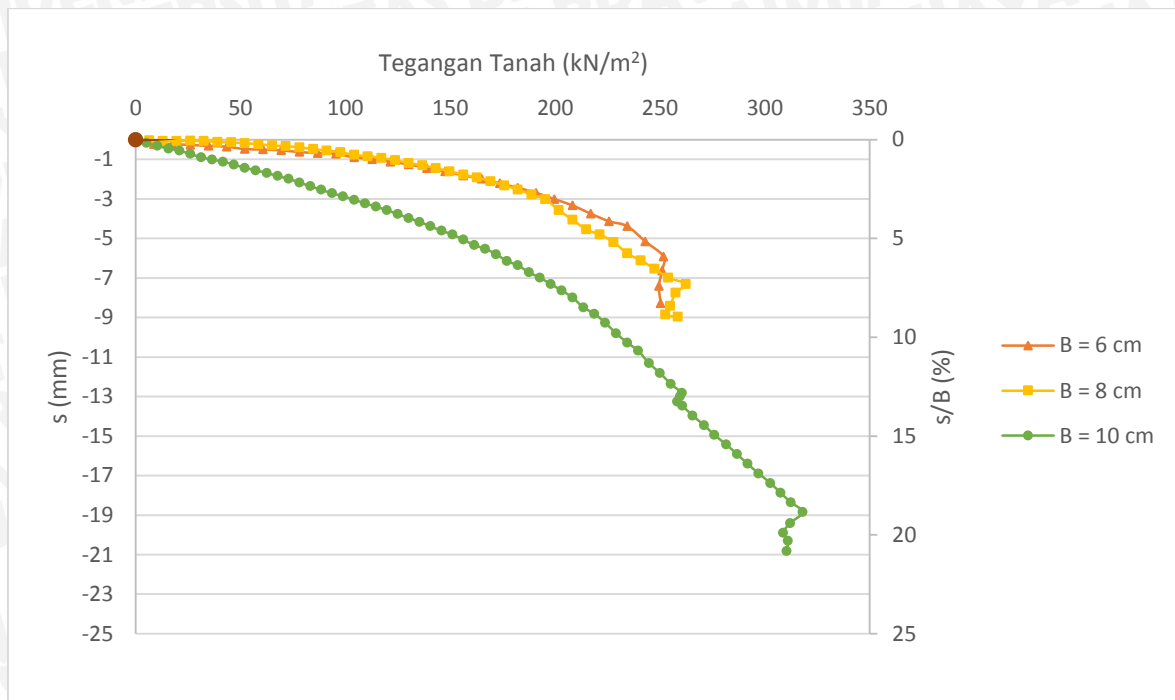


Gambar 4.14 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid saat $d/B = 0$, $B = 6, 8, \text{ dan } 10 \text{ cm}$

Dari Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa semakin besar lebar pondasi, maka nilai daya dukung yang dihasilkan juga semakin besar.. Untuk hasil pengujian model pondasi menerus dengan rasio $d/B = 0$, pada $B = 6 \text{ cm}$ didapatkan penurunan sebesar $6,248 \text{ mm}$ dengan nilai $q_u = 193,056 \text{ kN/cm}^2$, pada $B = 8 \text{ cm}$ didapatkan penurunan sebesar $4,745 \text{ mm}$ dengan nilai $q_u = 218,880 \text{ kN/cm}^2$, dan pada $B = 10 \text{ cm}$ didapatkan penurunan sebesar $5,915 \text{ mm}$ dengan nilai $q_u = 240,833 \text{ kN/cm}^2$.

4.5.2.2.2. $d/B = 0,5$

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid di laboratorium dengan $d/B = 0,5$, didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid saat $d/B = 0,5$ disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut.

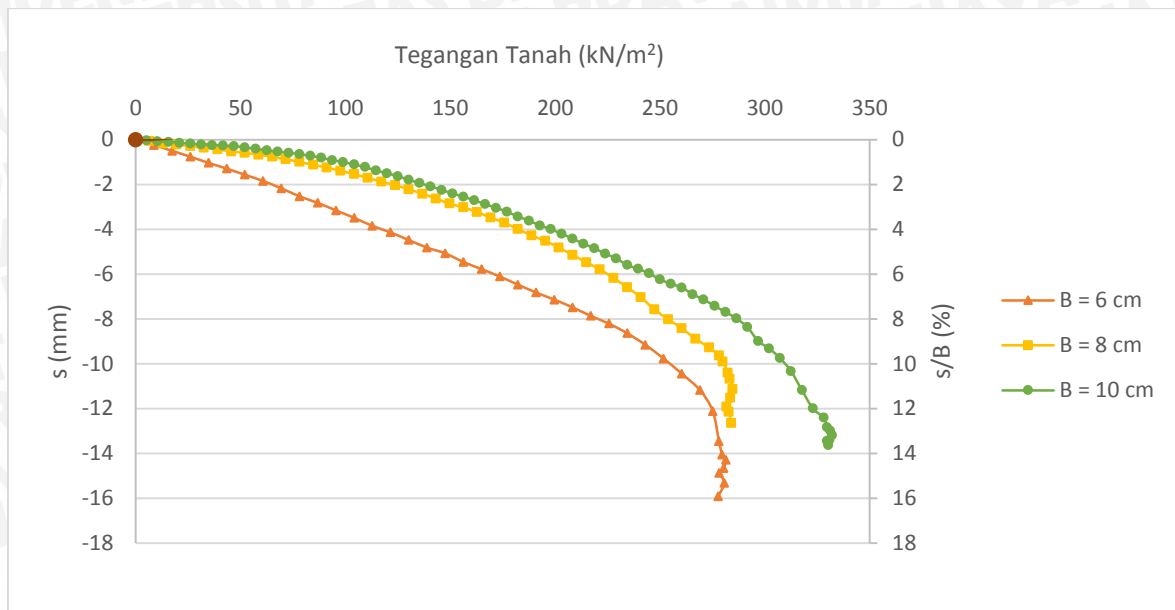


Gambar 4.15 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid saat $d/B = 0,5$; $B = 6, 8, \text{ dan } 10 \text{ cm}$

Dari Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa semakin besar lebar pondasi, maka nilai daya dukung yang dihasilkan juga semakin besar.. Untuk hasil pengujian model pondasi menerus dengan rasio $d/B = 0,5$; pada $B = 6 \text{ cm}$ didapatkan penurunan sebesar $5,913 \text{ mm}$ dengan nilai $q_u = 251,736 \text{ kN/cm}^2$, pada $B = 8 \text{ cm}$ didapatkan penurunan sebesar $7,308 \text{ mm}$ dengan nilai $q_u = 262,370 \text{ kN/cm}^2$, dan pada $B = 10 \text{ cm}$ didapatkan penurunan sebesar $18,845 \text{ mm}$ dengan nilai $q_u = 318,125 \text{ kN/cm}^2$.

4.5.2.2.3. $d/B = 1$

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid di laboratorium dengan $d/B = 1$, didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid dengan $d/B = 1$ disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.16 berikut.



Gambar 4.16 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus dengan perkuatan geogrid saat $d/B = 1$, $B = 6, 8, \text{ dan } 10 \text{ cm}$

Dari Gambar 4.16 dapat dilihat bahwa semakin besar lebar pondasi, maka nilai daya dukung yang dihasilkan juga semakin besar.. Untuk hasil pengujian model pondasi menerus dengan rasio $d/B = 1$, pada $B = 6 \text{ cm}$ didapatkan penurunan sebesar $14,280 \text{ mm}$ dengan nilai $q_u = 281,424 \text{ kN/cm}^2$, pada $B = 8 \text{ cm}$ didapatkan penurunan sebesar $11,133 \text{ mm}$ dengan nilai $q_u = 284,635 \text{ kN/cm}^2$, dan pada $B = 10 \text{ cm}$ didapatkan penurunan sebesar $13,180 \text{ mm}$ dengan nilai $q_u = 332,188 \text{ kN/cm}^2$.

4.6. Perbandingan Hubungan Daya Dukung dan Penurunan antara Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan Geogrid dengan Pondasi Menerus Perkuatan Geogrid

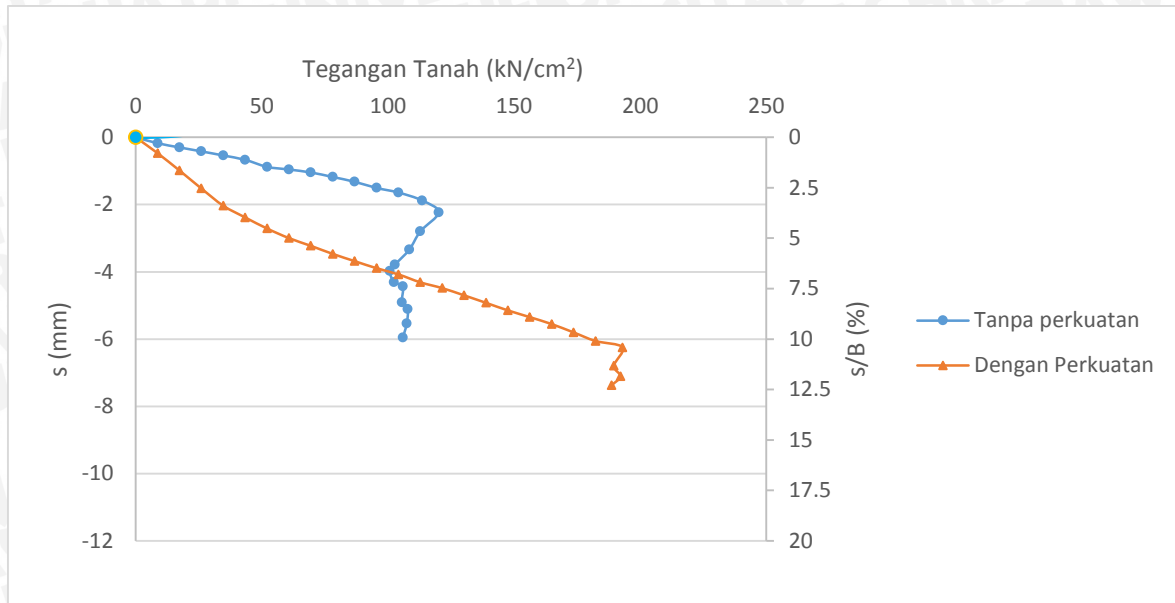
4.6.1. Perbandingan Hubungan Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan Geogrid dengan Pondasi Menerus Perkuatan Geogrid pada Variasi Lebar Pondasi

4.6.1.1. Lebar Pondasi 6 cm

4.6.1.1.1. $d/B = 0$

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model pondasi menerus di laboratorium dengan menggunakan lebar pondasi $B = 6 \text{ cm}$ dan $d/B = 0$, variabel tetap $n = 3$ dan $u/B = 0,75$ pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid. Maka didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi antara pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dengan pondasi menerus perkuatan geogrid. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi dengan menggunakan lebar pondasi $B = 6 \text{ cm}$ dan $d/B = 0$ disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar

4.17 berikut.



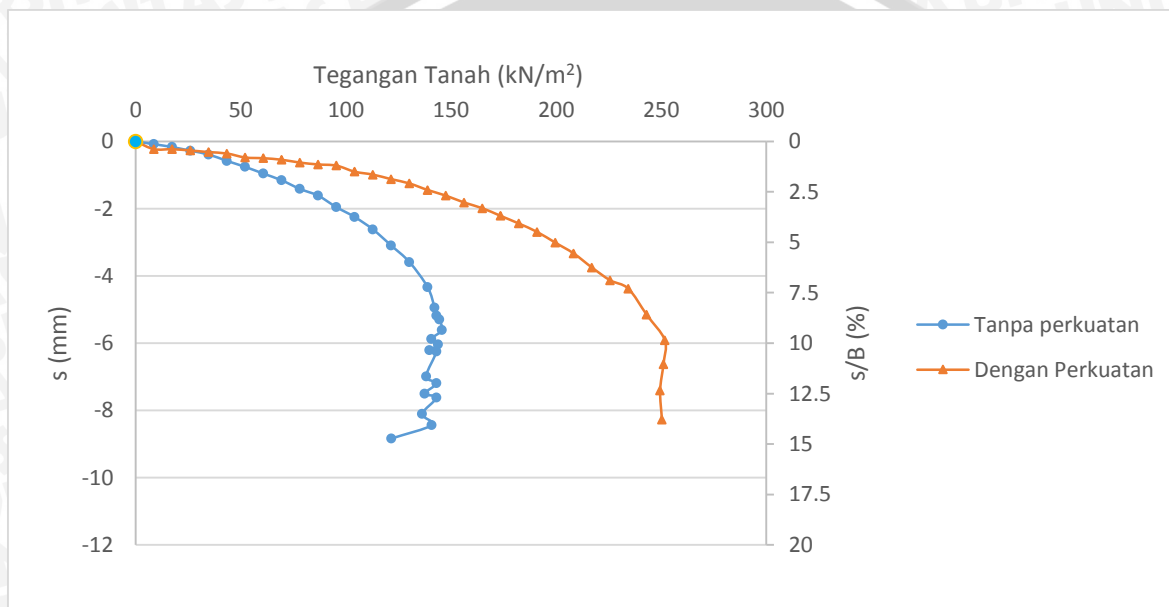
Gambar 4.17 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 6$ cm, $d/B = 0$

Dari Gambar 4.17 terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pada awal pembebanan lebih besar dari penurunan pondasi tanpa perkuatan geogrid, kemudian di akhir penurunannya menjadi lebih kecil daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid jika ditinjau dari beban yang sama. Akan tetapi jika ditinjau pada beban runtuhnya, penurunan untuk pondasi menerus dengan perkuatan geogrid lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hal ini dikarenakan beban yang mampu ditahan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid jauh lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid, sehingga nilai daya dukung *ultimate* yang dihasilkan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pun lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hasil dari penurunan untuk rasio $d/B = 0$ dan lebar pondasi 6 cm pada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid adalah 2.233 mm dengan $q_u = 120,139$ kN/cm², sedangkan penurunan pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid adalah 6,248 mm dengan $q_u = 193,056$ kN/cm².

4.6.1.1.2. $d/B = 0,5$

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model pondasi menerus di laboratorium dengan menggunakan lebar pondasi $B = 6$ cm dan $d/B = 0,5$; variabel tetap n

= 3 dan $u/B = 0,75$ pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid. Maka didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi antara pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dengan pondasi menerus perkuatan geogrid. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi dengan menggunakan lebar pondasi $B = 6$ cm dan $d/B = 0,5$ disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.18 berikut.



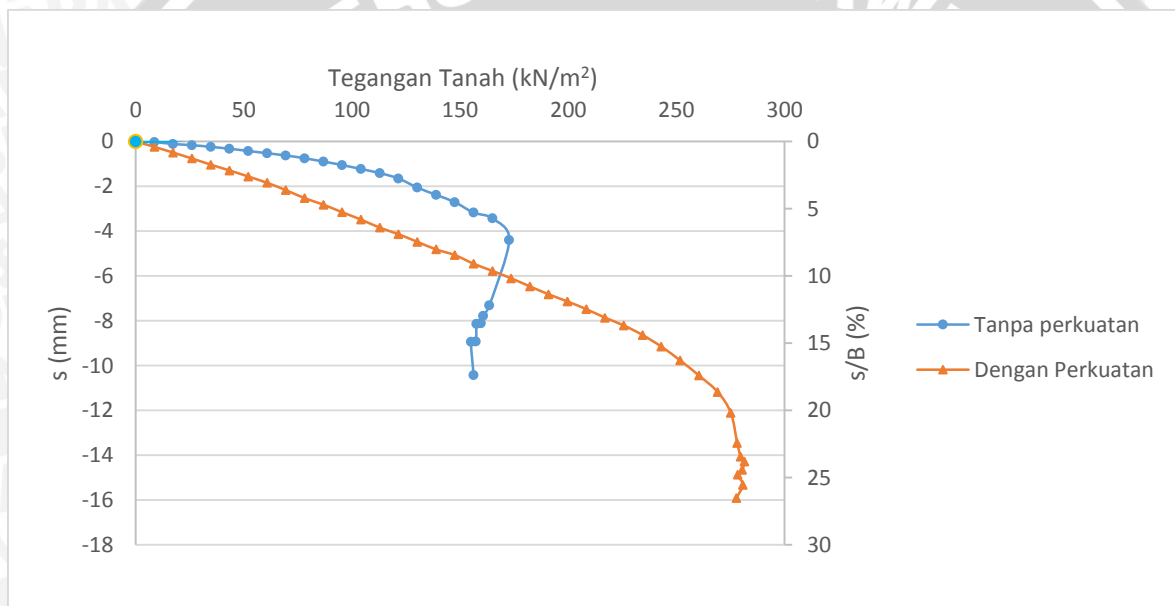
Gambar 4.18 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 6$ cm, $d/B = 0,5$

Dari Gambar 4.18 terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid cenderung lebih kecil dibandingkan pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid jika ditinjau pada beban yang sama. Akan tetapi jika ditinjau pada beban runtuhnya, penurunan untuk pondasi menerus dengan perkuatan geogrid lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hal ini dikarenakan beban yang mampu ditahan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid jauh lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid, sehingga nilai daya dukung *ultimate* yang dihasilkan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pun lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hasil dari penurunan untuk rasio $d/B = 0,5$ dan lebar pondasi 6 cm pada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid adalah 5,613 mm dengan $q_u = 145,660$ kN/cm^2 , sedangkan penurunan pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid adalah 5,913 mm

dengan beban runtuh 251,736 kN/cm².

4.6.1.1.3. $d/B = 1$

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model pondasi menerus di laboratorium dengan menggunakan lebar pondasi $B = 6$ cm dan $d/B = 1$, variabel tetap $n = 3$ dan $u/B = 0,75$ pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid. Maka didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi antara pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dengan pondasi menerus perkuatan geogrid. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi dengan menggunakan lebar pondasi $B = 6$ cm dan $d/B = 1$ disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.19 berikut.



Gambar 4.19 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 6$ cm, $d/B = 1$

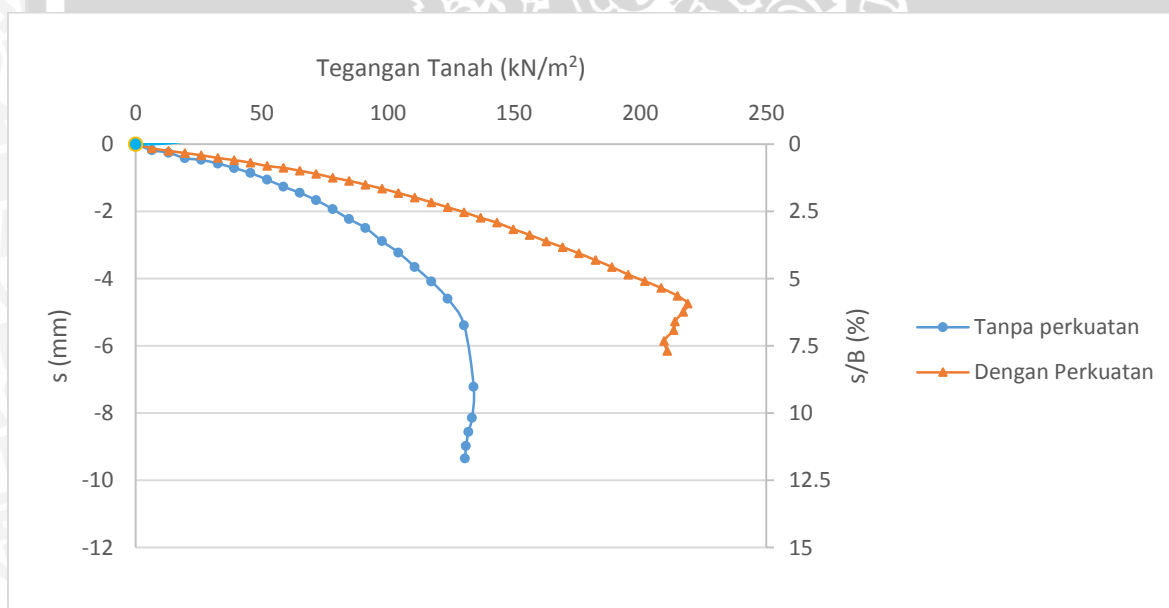
Dari Gambar 4.19 terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pada awal pembebanan lebih besar dari penurunan pondasi tanpa perkuatan geogrid, kemudian di akhir penurunannya menjadi lebih kecil daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid jika ditinjau dari beban yang sama. Akan tetapi jika ditinjau pada beban runtuhnya, penurunan untuk pondasi menerus dengan perkuatan geogrid lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hal ini dikarenakan beban yang mampu ditahan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid jauh lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid, sehingga nilai daya dukung *ultimate*

yang dihasilkan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pun lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hasil dari penurunan untuk rasio $d/B = 1$ dan lebar pondasi 6 cm pada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid adalah 4,398 mm dengan $q_u = 172,743 \text{ kN/cm}^2$, sedangkan penurunan pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid adalah 14,280 mm dengan beban runtuh $281,424 \text{ kN/cm}^2$.

4.6.1.2. Lebar Pondasi $B = 8 \text{ cm}$

4.6.1.2.1. $d/B = 0$

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model pondasi menerus di laboratorium dengan menggunakan lebar pondasi $B = 8 \text{ cm}$ dan $d/B = 0$, variabel tetap $n = 3$ dan $u/B = 0,75$ pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid. Maka didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi antara pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dengan pondasi menerus perkuatan geogrid. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi dengan menggunakan lebar pondasi $B = 8 \text{ cm}$ dan $d/B = 0$ disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.20 berikut.



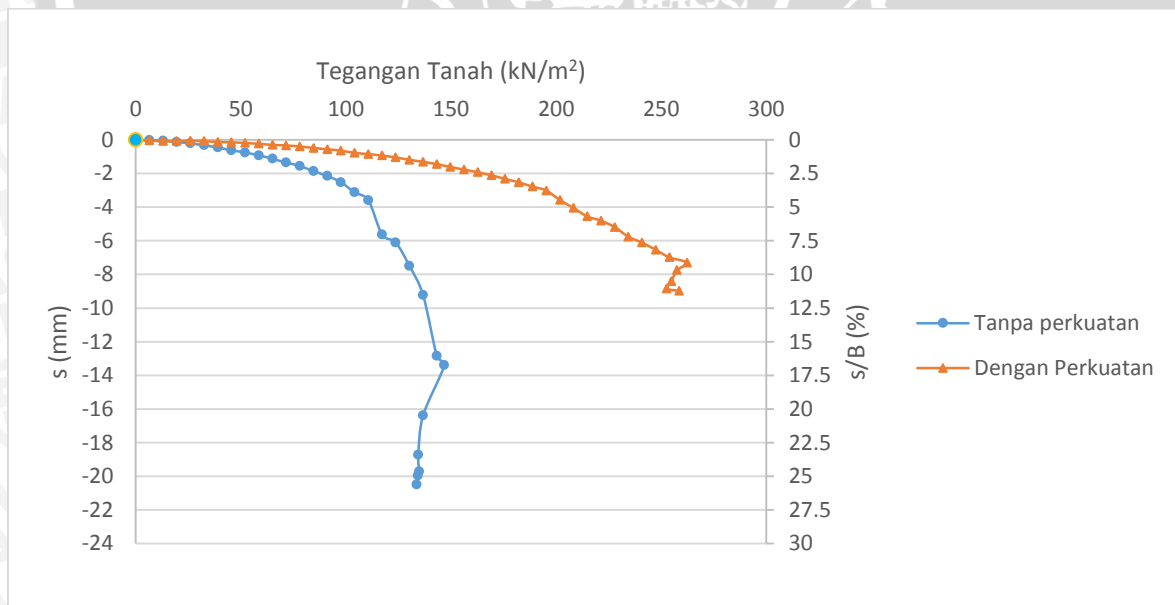
Gambar 4.20 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 8 \text{ cm}$, $d/B = 0$

Dari Gambar 4.20 terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid cenderung lebih kecil dibandingkan pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid jika ditinjau pada beban yang sama. Ditinjau pada beban runtuhnya, penurunan untuk pondasi menerus dengan perkuatan geogrid lebih kecil daripada pondasi menerus

tanpa perkuatan geogrid. Akan tetapi beban runtuh yang mampu ditahan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid jauh lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid, sehingga nilai daya dukung *ultimate* yang dihasilkan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pun lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hasil dari penurunan untuk rasio $d/B = 0,5$ dan lebar pondasi 6 cm pada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid adalah 5,613 mm dengan $q_u = 145,660 \text{ kN/cm}^2$, sedangkan penurunan pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid adalah 4,745 mm dengan beban runtuh $218,880 \text{ kN/cm}^2$.

4.6.1.2.2. $d/B = 0,5$

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model pondasi menerus di laboratorium dengan menggunakan lebar pondasi $B = 8 \text{ cm}$ dan $d/B = 0,5$; variabel tetap $n = 3$ dan $u/B = 0,75$ pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid. Maka didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi antara pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dengan pondasi menerus perkuatan geogrid. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi dengan menggunakan lebar pondasi $B = 8 \text{ cm}$ dan $d/B = 0,5$ disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.21 berikut.



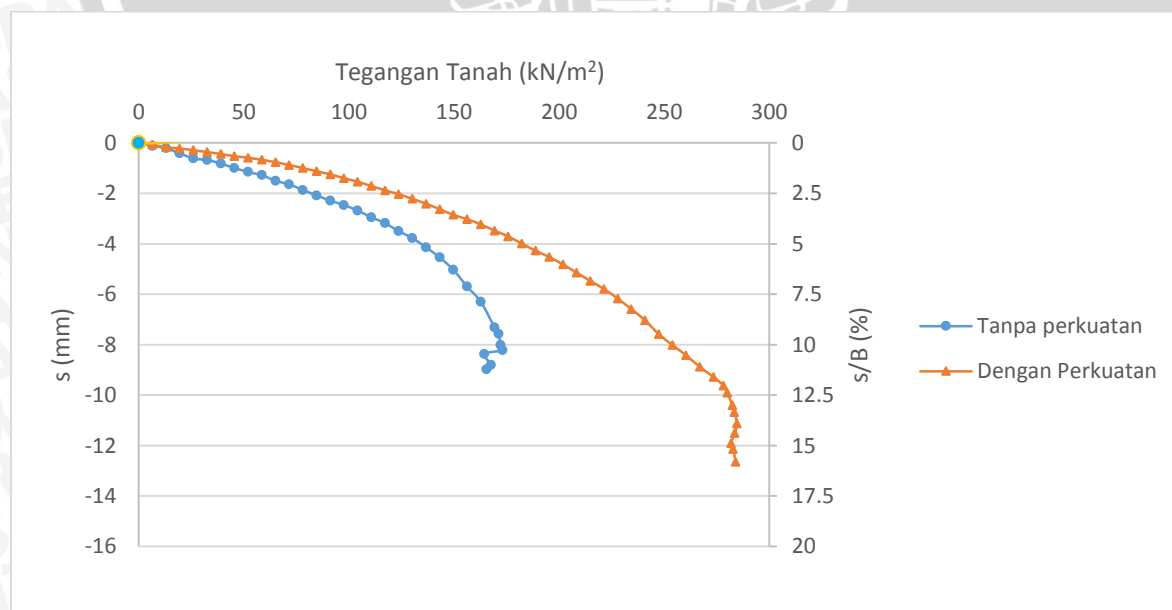
Gambar 4.21 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 8 \text{ cm}$, $d/B = 0,5$

Dari Gambar 4.21 terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada pondasi menerus dengan

perkuatan geogrid cenderung lebih kecil dibandingkan pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid jika ditinjau pada beban yang sama. Ditinjau pada beban runtuhnya, penurunan untuk pondasi menerus dengan perkuatan geogrid lebih kecil daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Akan tetapi beban runtuh yang mampu ditahan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid jauh lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid, sehingga nilai daya dukung *ultimate* yang dihasilkan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pun lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hasil dari penurunan untuk rasio $d/B = 0,5$ dan lebar pondasi 8 cm pada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid adalah 13,408 mm dengan $q_u = 146,745 \text{ kN/cm}^2$, sedangkan penurunan pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid adalah 7,308 mm dengan beban runtuh $262,370 \text{ kN/cm}^2$.

4.6.1.2.3. $d/B = 1$

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model pondasi menerus di laboratorium dengan menggunakan lebar pondasi $B = 8 \text{ cm}$ dan $d/B = 1$, variabel tetap $n = 3$ dan $u/B = 0,75$ pada pondasi dengan perkuatan. Maka didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi antara pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dengan pondasi menerus perkuatan geogrid. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi dengan menggunakan lebar pondasi $B = 8 \text{ cm}$ dan $d/B = 1$ disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.22 berikut.



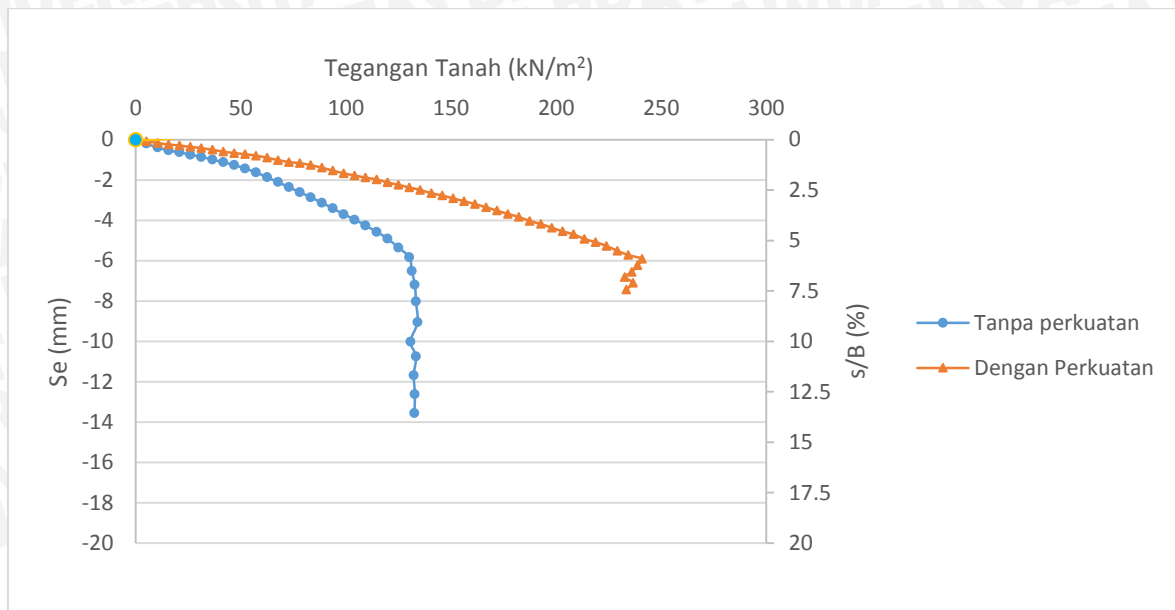
Gambar 4.22 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 8 \text{ cm}$, $d/B = 1$

Dari Gambar 4.22 terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid cenderung lebih kecil dibandingkan pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid jika ditinjau pada beban yang sama. Akan tetapi jika ditinjau pada beban runtuhnya, penurunan untuk pondasi menerus dengan perkuatan geogrid lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hal ini dikarenakan beban yang mampu ditahan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid jauh lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid, sehingga nilai daya dukung *ultimate* yang dihasilkan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pun lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hasil dari penurunan untuk rasio $d/B = 1$ dan lebar pondasi 8 cm pada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid adalah $8,220 \text{ mm}$ dengan $q_u = 173,177 \text{ kN/cm}^2$, sedangkan penurunan pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid adalah $11,133 \text{ mm}$ dengan beban runtuh $284,635 \text{ kN/cm}^2$.

4.6.1.3. Lebar Pondasi 10 cm

4.6.1.3.1. $d/B = 0$

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model pondasi menerus di laboratorium dengan menggunakan lebar pondasi $B = 10 \text{ cm}$ dan $d/B = 0$, variabel tetap $n = 3$ dan $u/B = 0,75$ pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid. Maka didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi antara pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dengan pondasi menerus perkuatan geogrid. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi dengan menggunakan lebar pondasi $B = 10 \text{ cm}$ dan $d/B = 0$ disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.23 berikut.



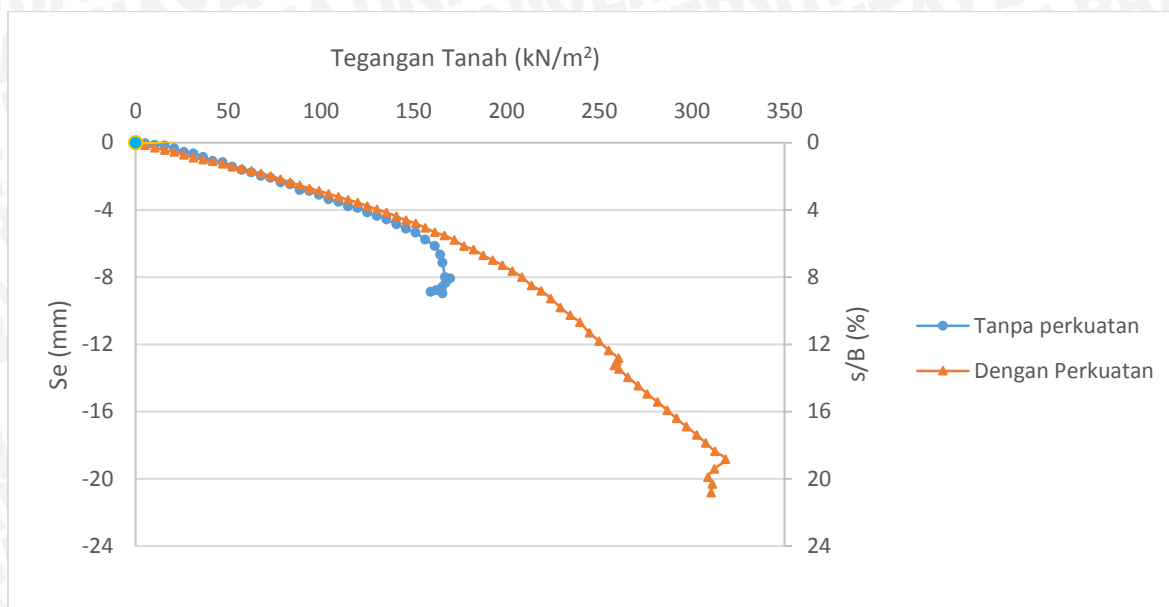
Gambar 4.23 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 10$ cm, $d/B = 0$

Dari Gambar 4.23 terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid cenderung lebih kecil dibandingkan pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid jika ditinjau pada beban yang sama. Ditinjau pada beban runtuhnya, penurunan untuk pondasi menerus dengan perkuatan geogrid lebih kecil daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Akan tetapi beban runtuh yang mampu ditahan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid jauh lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid, sehingga nilai daya dukung *ultimate* yang dihasilkan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pun lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hasil dari penurunan untuk rasio $d/B = 0$ dan lebar pondasi 10 cm pada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid adalah 9,058 mm dengan $q_u = 134,063$ kN/cm², sedangkan penurunan pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid adalah 5,915 mm dengan beban runtuh 240,833 kN/cm².

4.6.1.3.2. $d/B = 0,5$

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model pondasi menerus di laboratorium dengan menggunakan lebar pondasi $B = 10$ cm dan $d/B = 0,5$; variabel tetap $n = 3$ dan $u/B = 0,75$ pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid. Maka didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi antara pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dengan pondasi menerus perkuatan geogrid. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan

untuk model pondasi dengan menggunakan lebar pondasi $B = 10$ cm dan $d/B = 0,5$ disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.24 berikut.



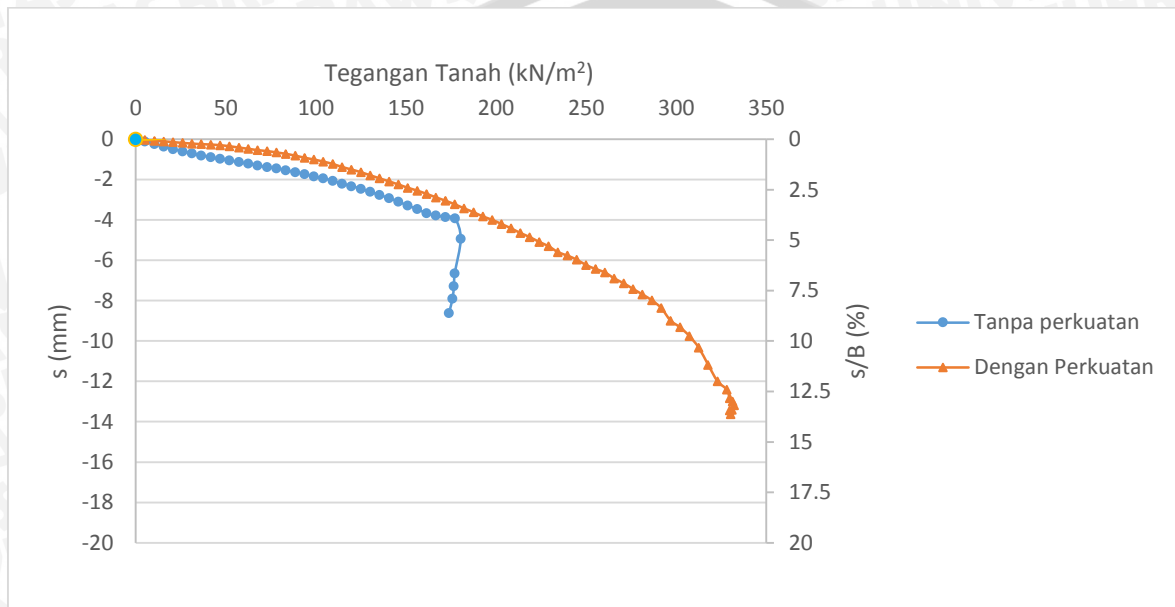
Gambar 4.24 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 10$ cm, $d/B = 0,5$

Dari Gambar 4.24 terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid cenderung lebih kecil dibandingkan pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid jika ditinjau pada beban yang sama. Akan tetapi jika ditinjau pada beban runtuhnya, penurunan untuk pondasi menerus dengan perkuatan geogrid lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hal ini dikarenakan beban yang mampu ditahan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid jauh lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid, sehingga nilai daya dukung *ultimate* yang dihasilkan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pun lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hasil dari penurunan untuk rasio $d/B = 0,5$ dan lebar pondasi 10 cm pada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid adalah 8,088 mm dengan $q_u = 169,792$ kN/cm², sedangkan penurunan pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid adalah 18,845 mm dengan beban runtuh 318,125 kN/cm².

4.6.1.3.3. $d/B = 1$

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model pondasi menerus di laboratorium dengan menggunakan lebar pondasi $B = 10$ cm dan $d/B = 1$, variabel tetap $n =$

3 dan $u/B = 0,75$ pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid. Maka didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi antara pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dengan pondasi menerus perkuatan geogrid. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan untuk model pondasi dengan menggunakan lebar pondasi $B = 10$ cm dan $d/B = 1$ disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.25 berikut.



Gambar 4.25 Hubungan tegangan tanah dan penurunan pada model pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dan pondasi menerus dengan perkuatan geogrid, $B = 10$ cm, $d/B = 1$

Dari Gambar 4.25 terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid cenderung lebih kecil dibandingkan pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid jika ditinjau pada beban yang sama. Akan tetapi jika ditinjau pada beban runtuhnya, penurunan untuk pondasi menerus dengan perkuatan geogrid lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hal ini dikarenakan beban yang mampu ditahan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid jauh lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid, sehingga nilai daya dukung *ultimate* yang dihasilkan oleh pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pun lebih besar daripada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Hasil dari penurunan untuk rasio $d/B = 1$ dan lebar pondasi 10 cm pada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid adalah 4,933 mm dengan $q_u = 180,417$ kN/cm², sedangkan penurunan pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid adalah 13,180 mm dengan beban runtuh 332,188 kN/cm².

4.7. Analisis *Bearing Capacity Improvement* berdasarkan Daya Dukung Ultimit (BCI_u)

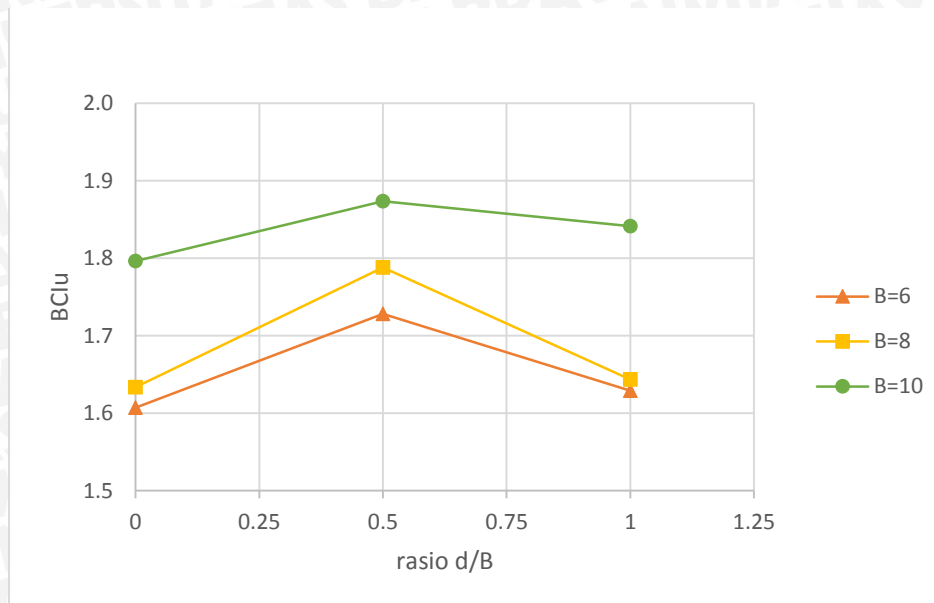
Analisis BCI_u merupakan analisis perbandingan nilai daya dukung maksimum pada saat beban runtuh antara pondasi menerus dengan perkuatan geogrid dan pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan terhadap nilai daya dukung yang terjadi ketika pondasi sudah diperkuat menggunakan geogrid. Sehingga dapat diketahui rasio d/B dan lebar pondasi yang menghasilkan peningkatan nilai daya dukung paling optimum.

4.7.1. Perbandingan BCI_u pada Variasi Rasio d/B terhadap Lebar Pondasi

Berdasarkan pengujian pembebanan yang telah dilakukan pada setiap variasi lebar pondasi, maka didapatkan nilai *Bearing Capacity Improvement* (BCI_u) seperti pada Tabel 21 berikut dan grafik perbandingan nilai BCI_u untuk variasi lebar pondasi ditunjukkan pada Gambar 4.26.

Tabel 23 Nilai BCI_u untuk Variasi Rasio d/B

Lebar Pondasi (cm)	d/B	q _u Tanpa Perkuatan Geogrid (kN/cm ²)	q _u dengan Perkuatan Geogrid (kN/cm ²)	BCI _u
6	0	120,056	193,056	1,607
	0.5	145,660	251,736	1,728
	1	172,743	281,424	1,629
8	0	133,984	218,880	1,634
	0.5	146,745	262,370	1,788
	1	173,177	284,635	1,644
10	0	134,063	240,833	1,796
	0.5	169,792	318,125	1,874
	1	180,417	332,188	1,841



Gambar 4.26 Perbandingan nilai BCIu untuk variasi rasio d/B

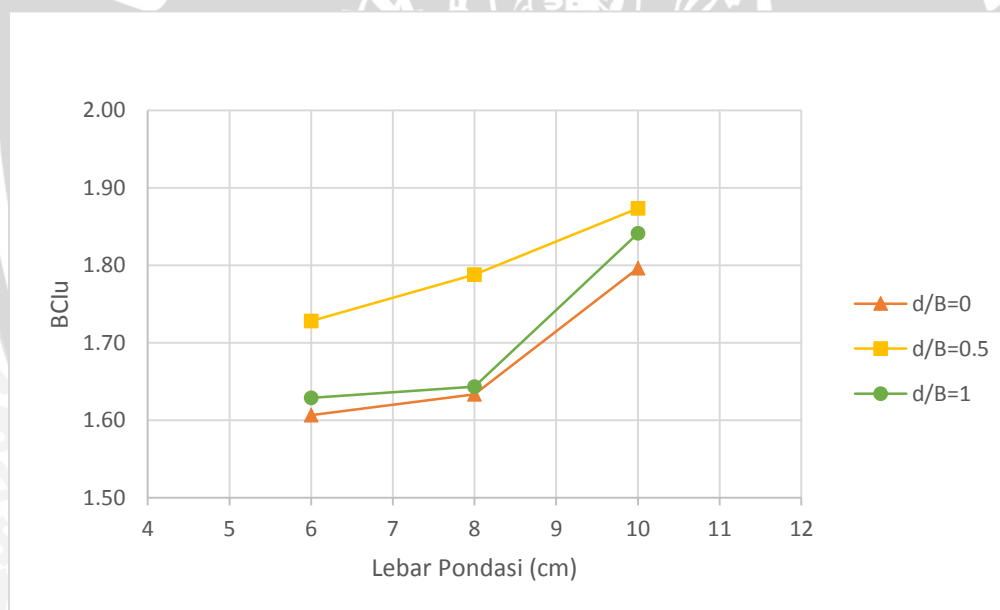
Dapat dilihat dari Tabel 23 dan Gambar 4.26 bahwa nilai daya dukung BCIu mengalami peningkatan dari $d/B = 0$ ke $d/B = 0,5$ kemudian pada $d/B = 1$ mengalami penurunan. Nilai BCIu optimum pada penelitian ini diperoleh saat pondasi dengan rasio $d/B = 0,5$ dan lebar pondasi 10 cm yaitu sebesar 1,874.

4.7.2. Perbandingan BCIu pada Variasi Lebar Pondasi terhadap Rasio d/B

Berdasarkan pengujian pembebanan yang telah dilakukan pada setiap variasi lebar pondasi, maka didapatkan nilai *Bearing Capacity Improvement* (BCI_u) seperti pada Tabel 24 berikut dan grafik perbandingan nilai BCIu untuk variasi lebar pondasi ditunjukkan pada Gambar 4.27.

Tabel 24 Nilai BC_{Iu} untuk Variasi Lebar Pondasi

d/B	Lebar Pondasi (cm)	qu Tanpa Perkuatan Geogrid (kN/cm ²)	qu dengan Perkuatan Geogrid (kN/cm ²)	BC _{Iu}
0	6	120,056	193,056	1,607
	8	133,984	218,880	1,634
	10	134,063	240,833	1,796
0,5	6	145,660	251,736	1,728
	8	146,745	262,370	1,788
	10	169,792	318,125	1,874
1	6	172,743	281,424	1,629
	8	173,177	284,635	1,644
	10	180,417	332,188	1,841

Gambar 4.27 Perbandingan nilai BC_{Iu} untuk variasi lebar pondasi

Dapat dilihat dari Tabel 24 dan Gambar 4.27 bahwa nilai daya dukung BC_{Iu} terus mengalami peningkatan. Nilai BC_{Iu} optimum pada penelitian ini diperoleh saat pondasi dengan rasio $d/B = 0,5$ dan lebar pondasi 10 cm yaitu sebesar 1,874.

4.8. Analisis Peningkatan Nilai Daya Dukung pada Pondasi Menerus Tanpa Perkuatan Geogrid dengan Pondasi Menerus Perkuatan Geogrid

Dari hasil analisis BCIu yang telah dilakukan, maka dapat dilihat peningkatan nilai daya dukung pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid dengan pondasi menerus perkuatan geogrid. Presentase peningkatan nilai daya dukung dapat dilihat pada Tabel 25 berikut. Sedangkan untuk peningkatan daya dukung antar variasi rasio d/B dan lebar pondasi menerus dengan perkuatan geogrid dapat dilihat pada Tabel 26 dan Tabel 27.

Tabel 25 Peningkatan Daya Dukung Pondasi Menerus

Lebar Pondasi (cm)	d/B	qu Tanpa Perkuatan Geogrid (kN/cm ²)	qu dengan Perkuatan Geogrid (kN/cm ²)	Peningkatan (%)
6	0	120,056	193,056	60,694
	0,5	145,660	251,736	72,825
	1	172,743	281,424	62,915
8	0	133,984	218,880	63,362
	0,5	146,745	262,370	78,793
	1	173,177	284,635	64,361
10	0	134,063	240,833	79,643
	0,5	169,792	318,125	87,362
	1	180,417	332,188	84,122
			Rata-rata Total Peningkatan	72,675%

Tabel 26 Peningkatan Daya Dukung antar Variasi d/B

Lebar Pondasi (cm)	d/B	qu dengan Perkuatan Geogrid (kN/cm ²)	Peningkatan qu antar Variasi d/B (%)	Rata-rata Peningkatan (%)
6	0	193,056	30,396	21,094
	0,5	251,736	11,793	
	1	281,424	-	
8	0	218,880	19,869	14,178
	0,5	262,370	8,486	
	1	284,635	-	
10	0	240,833	32,093	18,257
	0,5	318,125	4,420	
	1	332,188	-	
			Rata-rata Total Peningkatan	17,843%

Tabel 27 Peningkatan Daya Dukung antar Variasi Lebar Pondasi

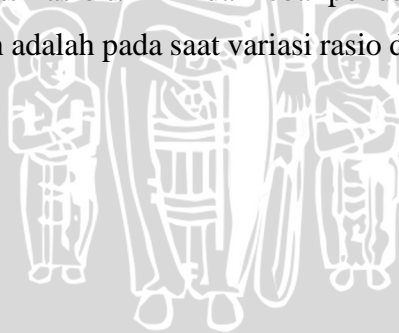
d/B	Lebar Pondasi (cm)	qu dengan Perkuatan Geogrid (kN/cm ²)	Peningkatan qu antar Variasi Lebar Pondasi (%)	Rata-rata Peningkatan (%)
0	6	193,056	13,377	11,703
	8	251,736	10,030	
	10	281,424	-	
0,5	6	218,880	4,224	12,737
	8	262,370	21,251	
	10	284,635	-	
1	6	240,833	1,141	8,924
	8	318,125	16,706	
	10	332,188	-	
			Rata-rata Total Peningkatan	11,121%

Dari Tabel 26 dan Tabel 27, dapat dilihat bahwa persentase rata-rata terhadap kontribusi peningkatan daya dukung untuk variabel rasio d/B adalah sebesar 17,843%, sedangkan untuk variabel lebar pondasi adalah sebesar 11,121%. Sehingga dapat dikatakan bahwa pada penelitian ini, variabel rasio d/B memiliki pengaruh yang lebih besar daripada variabel lebar pondasi dalam peningkatan nilai daya dukung pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pada tanah pasir.

4.9. Pengaruh Rasio Kedalaman Pondasi dengan Lebar Pondasi (d/B) dan Lebar Pondasi terhadap Nilai Daya Dukung

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap pemodelan fisik pondasi menerus tanah pasir $RC = 85\%$ dengan variabel tetap yaitu jumlah lapis perkuatan geogrid (n) 3 lapis dan $u/B = 0,75$, serta variabel bebas yaitu rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (d/B) dan lebar pondasi, diperoleh hasil bahwa variasi dari kedua variabel bebas tersebut memiliki pengaruh terhadap daya dukung tanah pada model pondasi menerus.

Dari hasil yang didapatkan dari pengujian, pada variasi rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (d/B) dan lebar pondasi apabila ditinjau dari beban ultimit yang bekerja didapatkan bahwa semakin besar rasio d/B dan lebar pondasi maka nilai daya dukungnya akan sama-sama semakin meningkat. Sehingga pada penelitian dihasilkan nilai daya dukung paling besar adalah pada saat variasi rasio $d/B = 1$ dan lebar pondasi 10 cm, sedangkan untuk nilai BCI_u paling optimum adalah pada saat variasi rasio $d/B = 0,5$ dan lebar pondasi 10 cm.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan variasi rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (d/B) 0; 0,5; dan 1 serta lebar pondasi 6, 8, dan 10 cm pada pemodelan fisik pondasi menerus tanah pasir dengan jumlah lapisan perkuatan (n) sejumlah 3 lapis dan kedalaman pondasi ke lapisan pertama geogrid (u/B) sebesar 0,75 dengan $RC = 85\%$, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

2. Daya dukung *ultimate* pada pondasi menerus tanpa perkuatan geogrid nilainya lebih kecil dibandingkan daya dukung *ultimate* pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid pada variasi rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (d/B) dan lebar pondasi, sehingga dengan adanya perkuatan geogrid terjadi peningkatan daya dukung pada pondasi menerus rata-rata sebesar 72,675%.
3. Semakin besar nilai rasio kedalaman pondasi dengan lebar pondasi (d/B), maka akan semakin besar nilai daya dukung *ultimate* pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid. Dengan rata-rata nilai peningkatan sebesar 17,843%.
4. Semakin besar nilai lebar pondasi, maka akan semakin besar nilai daya dukung *ultimate* pada pondasi menerus dengan perkuatan geogrid. Dengan rata-rata nilai peningkatan sebesar 11,121%.
5. Dapat dilihat dari hasil analisis BCIu bahwa nilai daya dukung dari pondasi menerus dengan perkuatan geogrid variasi rasio $d/B = 0$ dan 0,5 dan lebar pondasi 6, 8 dan 10 cm mengalami peningkatan, tetapi pada saat variasi rasio $d/B = 1$ mengalami penurunan. Apabila ditinjau dari nilai daya dukung *ultimate* variasi rasio $d/B = 0$; 0,5; dan 1 dan lebar pondasi 6, 8 dan 10 cm terus mengalami peningkatan. Sehingga pada penelitian ini didapatkan nilai optimum pada saat variasi rasio $d/B = 0,5$ pada lebar pondasi 10 cm.

5.2 Saran

Penelitian ini membutuhkan ketelitian, ketepatan, dan metode pelaksanaan yang baik untuk tercapainya hasil penelitian yang tetap berpedoman berdasarkan penelitian terdahulu. Karena itu ada beberapa saran untuk melanjutkan penelitian tentang pondasi menerus pada tanah pasir antara lain sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan pemadatan yang baik dan merata pada permukaan benda uji karena pemadatan yang kurang baik mengakibatkan perilaku pondasi yang ditunjukkan oleh grafik hubungan tegangan tanah dengan penurunan yang tidak konsisten antar variasi.
2. Untuk penelitian tentang pondasi pada tanah pasir sebaiknya selalu menjaga nilai kadar air pada benda uji pasir dengan cara melakukan penelitian didalam ruangan yang bebas dari sinar matahari langsung dan angin, mengingat bahwa pasir merupakan material lepas.



DAFTAR PUSTAKA

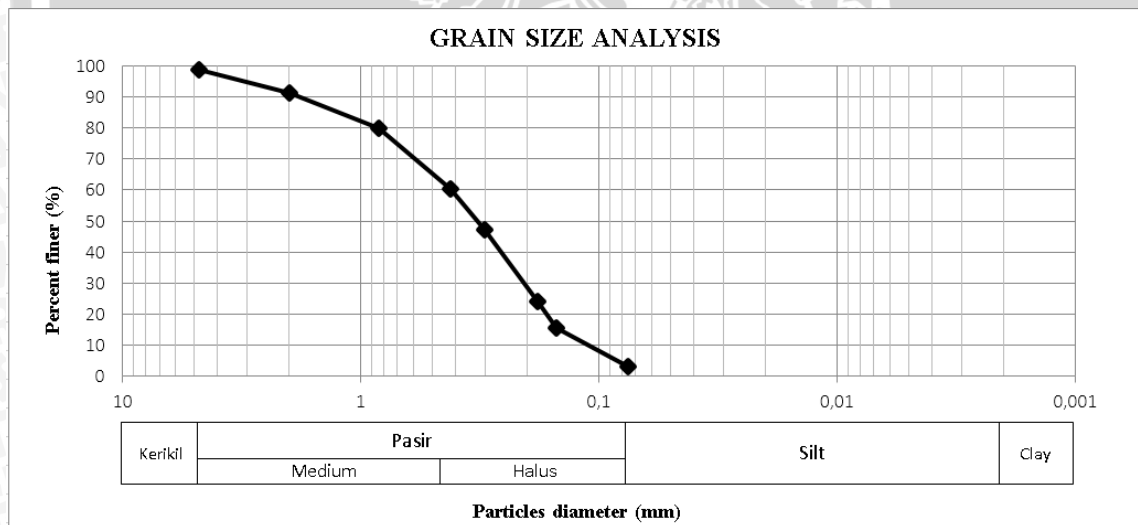
- A Fasakh, Murad et al .2013. "An experimental evaluation of the behavior of footings on geosynthetic-reinforced sand". *ELSEVIER*. USA: Universitas Louisiana
- Adam, Michael T. And Collin, James G. 1997. Large Model Spread Footing Load Test on Geosynthetic Reinforced Soil Foundations. *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, Vol. 123, No. 1, p 66-67.
- Atmatzidis, D.K., Athanasopoulos, G.A., and Papantonopoulos, C.I., 1994, Sand-geotextile Interaction by Triaxial Compression Testing, 5th inter. Conf. On Geotextiles, Geomembranes and Related products, Vol. 1, Singapore, pp.377-380.
- Bowles, J. E. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta : Erlangga
- Broms, B.B., 1988, Fabric Reinforced Retaining Walls, Proceeding of Inter. Geotech. Symp. On Theory and Practice of Earth Reinforcement, A.A Balkema, Rotterdam, pp. 3-31.
- Christady H., Hary. 1990. *Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada .
- Christianto, Victor. 1992. Penelitian tentang Pengaruh Dasar Pondasi Hypar di atas Tanah Pasir. *Skripsi*. Tidak diterbitkan, Malang : Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga
- Das, Braja M. 1984. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakarta : Erlangga
- Das, Braja M. 2009. *Shallow Foundations Second Edition*. New York : Taylor and Francis Group
- Das, Braja M. 2011. *Principles of Foundation Engineering Seventh Edition*. Stamford: Cengage Learning.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2009. Modul Pelatihan Geosintetik. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.

- Direktorat Jendral Bina Marga. 2009. Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah Dengan Geosintetik. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Hardiyatmo, H.C. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hausman, Manfred .1990. "Engineering Principles Of Ground Modification".Singapore: McGraw-Hill,Inc
- Isparmo. 2011. Geogrid, Definisi dan Fungsi. (<http://geotextile.web.id/geogrid-definisi-dan-fungsi.html>), diakses pada 11 februari 2016
- Koerner, R.M. 2005. *Designing With Geosynthetics, Fifth Edition*. New Jersey: Pearson/Prentice Hall.
- Munawir, A. et al. 2009. Alternatif Perkuatan Tanah Pasir Menggunakan Lapis Anyaman Bambu Dengan Variasi Jarak dan Jumlah Lapis. *Jurnal Rekaya Sipil*. 3 (1)
- Nurly Gofar dan Bakrie Oemar . 1990."Perencanaan reinforced retaining wall dengan menggunakan spreadsheet program".Bandung: HATTI
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. and Siever, R. 1973. Sand and Sandstone. New York : Springer-Verlag
- Saeed Alamshahi, Nader Hataf. 2009. Bearing Capacity of Strip Footings on Sand Slopes Reinforced with Geogrid and Grid-Anchor. *ELSEVIER*. Iran : Universitas Shiraz
- Silmi, Niken. 2012. Stabilisasi lereng dengan geotextile. Jogja : Joglo Semar.
- Surendro, Bambang. 2004. *Mekanika Tanah - Teori, Soal, dan Penyelesaian*. Magelang: Andi Yogyakarta.
- Utomo, Pontjo. 2004. Daya Dukung Ultimit Pondasi Dangkal diatas Tanah Pasir yang diperkuat Geogrid. *Civil Engginerring Dimension*, Vol. 6 No.1 ISSN 1410-9530.
- Vesic, A.S. (1975). Bearing Capacity of Shallow Foundation, Bab 3 dalam H.G Winterkorn dan H-Y Fang (eds), *Foundation Engineering Handbook*, New York : Van Nostrand Reinhold Co. hal 121-147.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Gradasi Butir Tanah

Saringan		Tertahan Saringan	Jumlah Tertahan	% Komulatif Tertahan	% Komulatif Lolos Saringan
Diameter (mm)	Nomor	(gram)	(gram)		
4,75	4	7,95	7,95	1	99
2	10	39,99	47,94	9	91
0,84	20	62,08	110,02	20,04	79,96
0,42	40	108,76	218,78	39,85	60,15
0,3	50	72,05	290,83	52,97	47,03
0,18	80	126,38	417,21	75,99	24,01
0,15	100	47,13	464,34	84,57	15,43
0,075	200	66,74	531,08	96,73	3,27
Pan		17,98	549,06	100	0,00

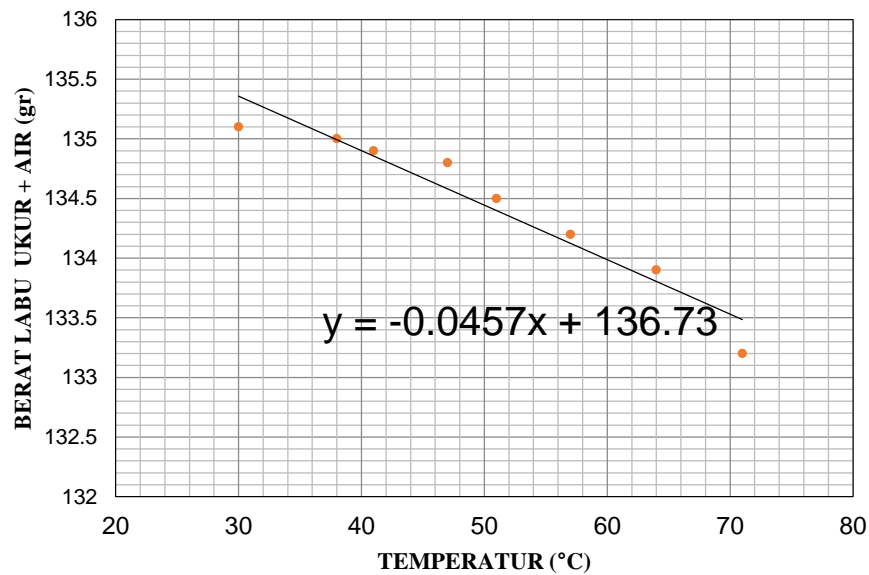


Lampiran 2. Analisis *Specific Gravity* Tanah

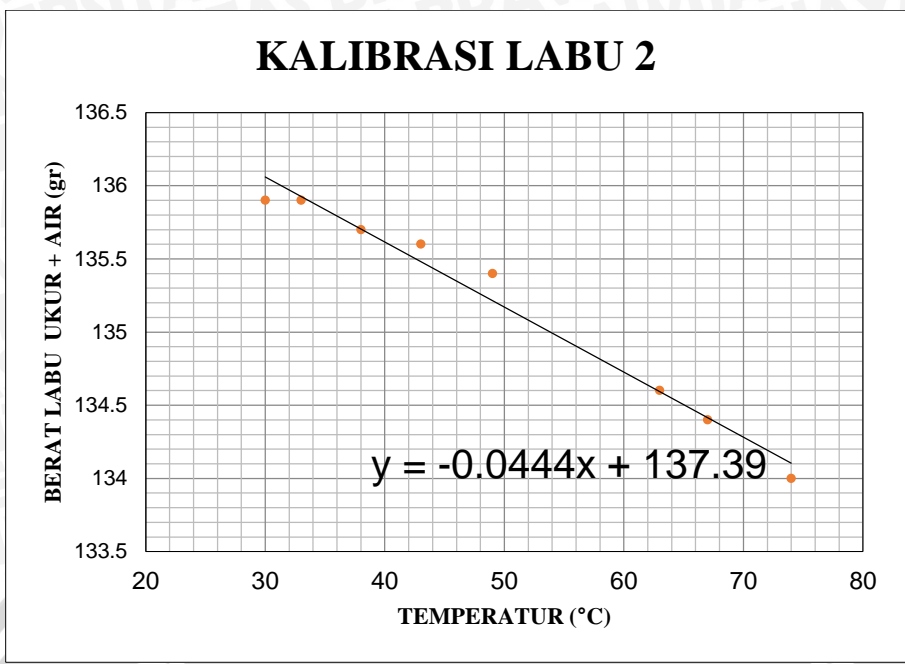
Data Percobaan Kalibrasi Labu Ukur

No	1		2		3	
	Berat Labu ukur +air	Temp. (°C)	Berat Labu ukur +air	Temp. (°C)	Berat Labu ukur +air	Temp. (°C)
1	133.2	71	134	74	148	72
2	133.9	64	134.4	67	148.2	68
3	134.2	57	134.6	63	148.8	60
4	134.5	51	135.4	49	149.3	51.5
5	134.8	47	135.6	43	149.6	45
6	134.9	41	135.7	38	149.7	42
7	135	38	135.9	33	149.8	38
8	135.1	30	135.9	30	150.1	30

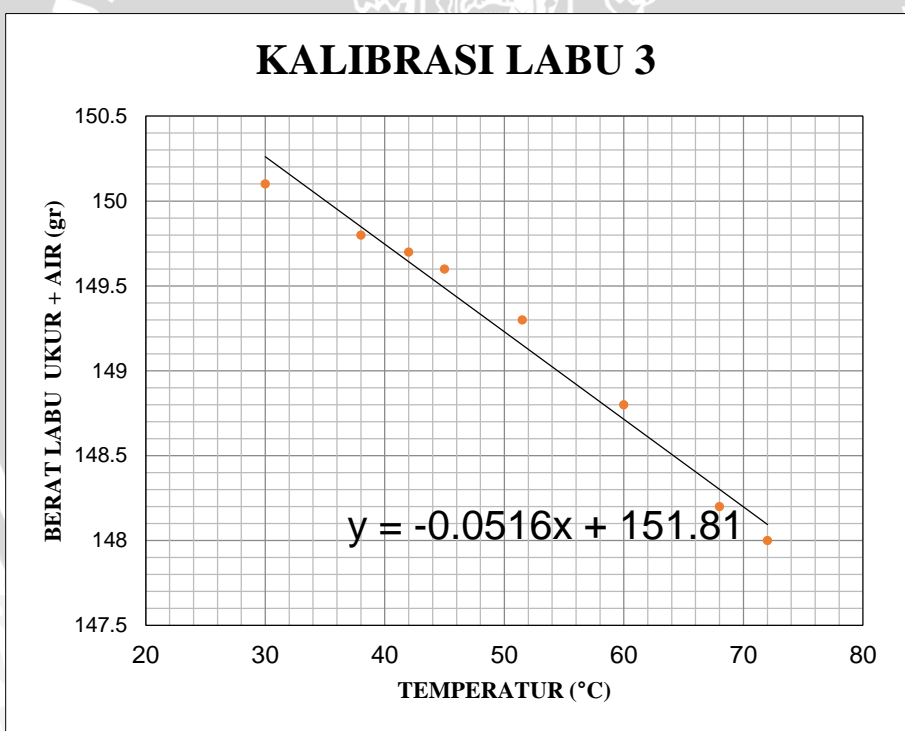
Kalibrasi Labu Ukur No. 1



KALIBRASI LABU 2



KALIBRASI LABU 3



LABU UKUR	SATUAN	1							
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20	20	20	20	20	20	20	20
Berat Labu Ukur + Air + Tanah Kering (W1)	gram	147,2	147,5	147,7	148,1	148,5	148,7	148,9	149,1
Suhu (°C)	°C	63	61	52	44	39	32	31	29
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	133,851	133,965	134,354	134,719	134,948	135,268	135,313	135,405
Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm ³	3,007	3,094	3,006	3,022	3,102	3,045	3,119	3,172
Rata-rata Berat Jenis	gram/cm ³	3,071							

LABU UKUR	SATUAN	2							
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20	20	20	20	20	20	20	20
Berat Labu Ukur + Air + Tanah Kering (W1)	gram	146,5	147,1	147,7	148	148,4	148,8	149,3	149,7
Suhu (°C)	°C	77	75	68	64	58	51	44	29
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	133,971	134,06	134,371	134,548	134,815	135,126	135,459	136,102
Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm ³	2,677	2,874	2,998	3,054	3,118	3,162	3,247	3,124
Rata-rata Berat Jenis	gram/cm ³	3,032							

LABU UKUR	SATUAN	3							
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20	20	20	20	20	20	20	20
Berat Labu Ukur + Air + Tanah Kering (W1)	gram	161	161,2	161,6	161,9	162,8	163,1	163,7	164,4
Suhu (°C)	°C	73	68	60	53	47	43	39	29
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	148,043	148,301	148,714	149,075	149,385	149,591	149,798	150,314
Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm ³	2,840	2,816	2,811	2,787	3,037	3,081	3,280	3,368
Rata-rata Berat Jenis	gram/cm ³	3,003							

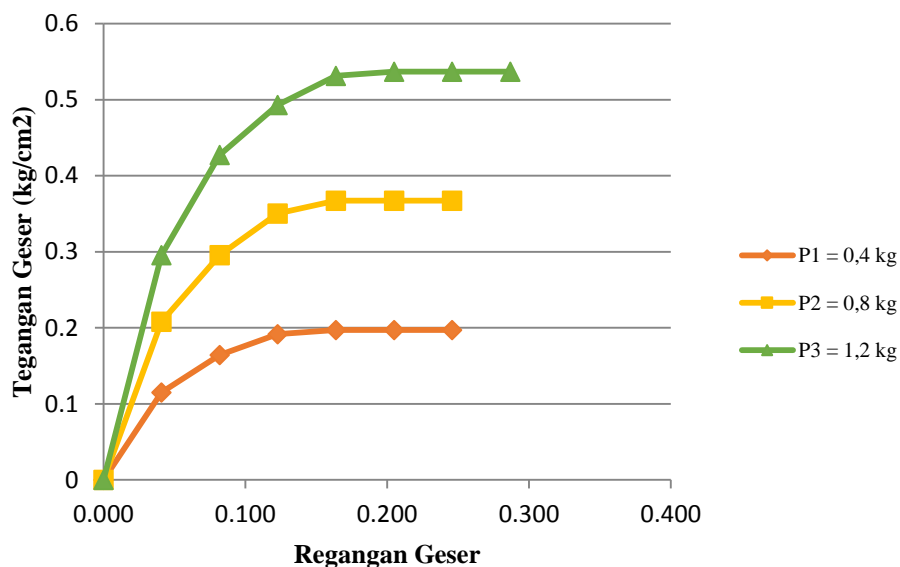
Rata-rata = 3,035

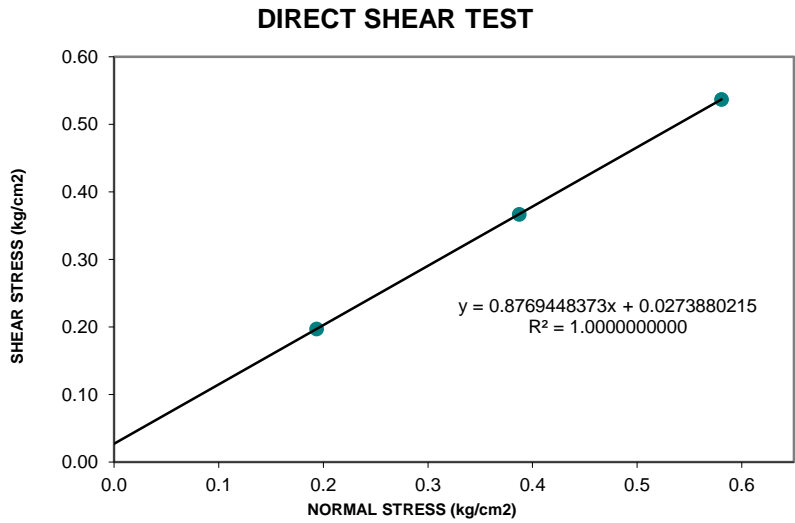
Lampiran 3. Analisis Uji Geser Langsung (*Direct Shear*)

Diameter : 6.1 cm
 Area : 29.21 cm²
 Height : 1.8 cm
 Lever Ratio : 14.14
 Volume Weight : 1.531 gr/cm³
 Calibration : 0.32

NORMAL FORCE	P1 = 0.4 kg			P2 = 0.8 kg			P3 = 1.2 kg			Regangan Geser
NORMAL STRESS	s1 = 0.2 kg/cm ²			s2 = 0.4 kg/cm ²			s3 = 0.6 kg/cm ²			
STRAIN	DIAL READING	SHEAR FORCE	SHEAR STRESS	DIAL READING	SHEAR FORCE	SHEAR STRESS	DIAL READING	SHEAR FORCE	SHEAR STRESS	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
25	10.5	3.3600	0.1150	19.0	6.0800	0.2081	27.0	8.6400	0.2958	0.041
50	15.0	4.8000	0.1643	27.0	8.6400	0.2958	39.0	12.4800	0.4273	0.082
75	17.5	5.6000	0.1917	32.0	10.2400	0.3506	45.0	14.4000	0.4930	0.123
100	18.0	5.7600	0.1972	33.5	10.7200	0.3670	48.5	15.5200	0.5313	0.164
125	18.0	5.7600	0.1972	33.5	10.7200	0.3670	49.0	15.6800	0.5368	0.205
150	18.0	5.7600	0.1972	33.5	10.7200	0.3670	49.0	15.6800	0.5368	0.246
175							49.0	15.6800	0.5368	0.287
200										

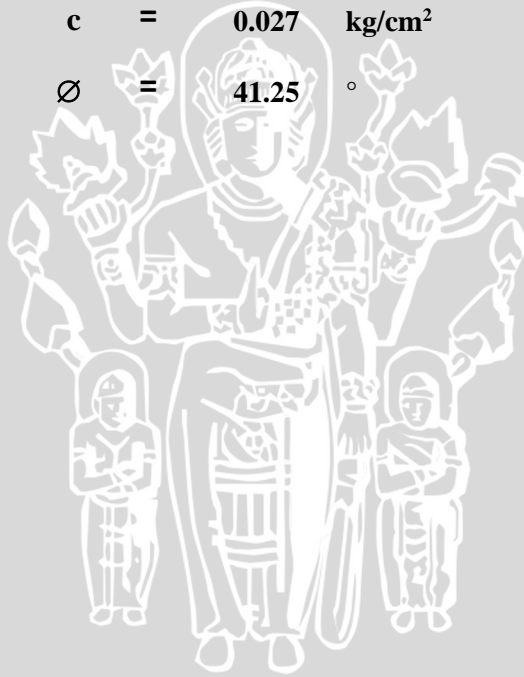
Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Geser





$$c = 0.027 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 41.25^\circ$$



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

Berat *Mold* = 6000 gr
 Tinggi *Mold* = 11,5 cm
 Diameter *Mold* = 15,5 cm

Kadar Air

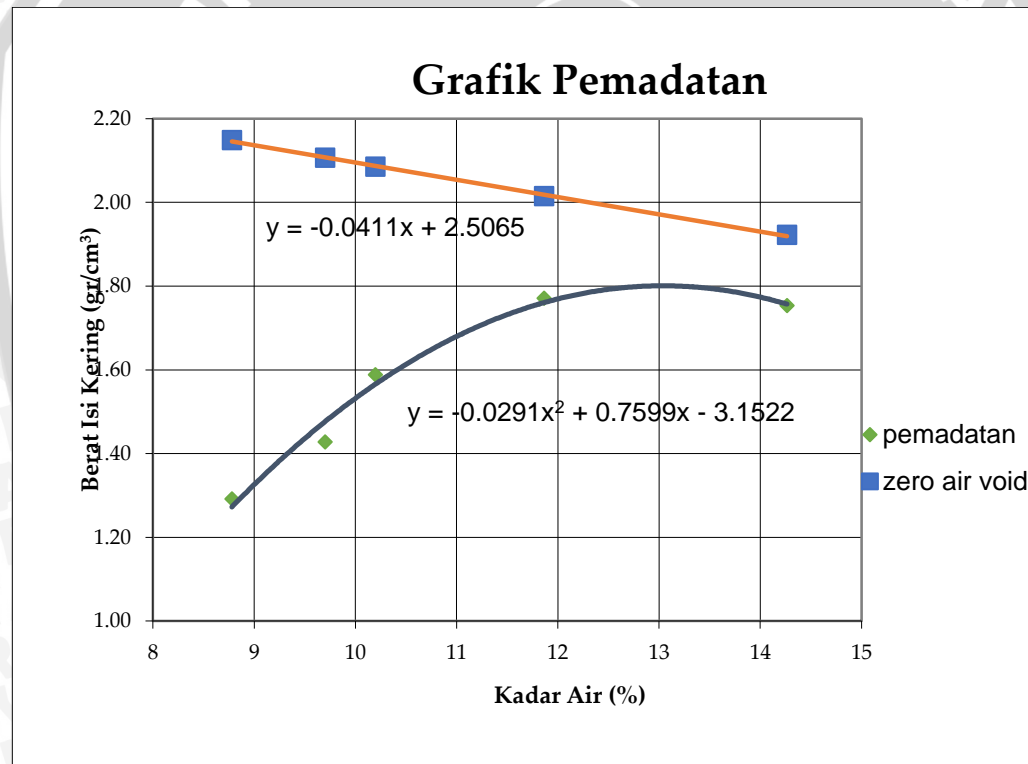
Penambahan Air	p1			p2			p3			p4			p5		
	atas	tengah	bawah	atas	tengah	bawah	atas	tengah	bawah	atas	tengah	bawah	atas	tengah	bawah
Berat Cawan	6.00	4.00	4.00	5.60	4.00	4.10	6.00	5.50	5.30	7.80	6.10	4.10	5.50	5.50	5.60
Berat Tanah Basah + Cawan	29.40	31.80	35.80	29.30	17.20	28.60	29.10	27.90	20.00	32.00	29.70	31.80	30.70	29.70	32.60
Berat Tanah Kering + Cawan	27.50	29.60	33.20	27.20	16.00	26.50	27.00	25.70	18.70	29.50	27.10	28.90	27.30	26.60	29.60
Berat Air	1.90	2.20	2.60	2.10	1.20	2.10	2.10	2.20	1.30	2.50	2.60	2.90	3.40	3.10	3.00
Berat Tanah Kering	21.50	25.60	29.20	21.60	12.00	22.40	21.00	20.20	13.40	21.70	21.00	24.80	21.80	21.10	24.00
Kadar Air (w) (%)	8.84	8.59	8.90	9.72	10.00	9.38	10.00	10.89	9.70	11.52	12.38	11.69	15.60	14.69	12.50
Kadar Air Rata-rata (%)	8.7784			9.6991			10.1975			11.8651			14.2628		

Density

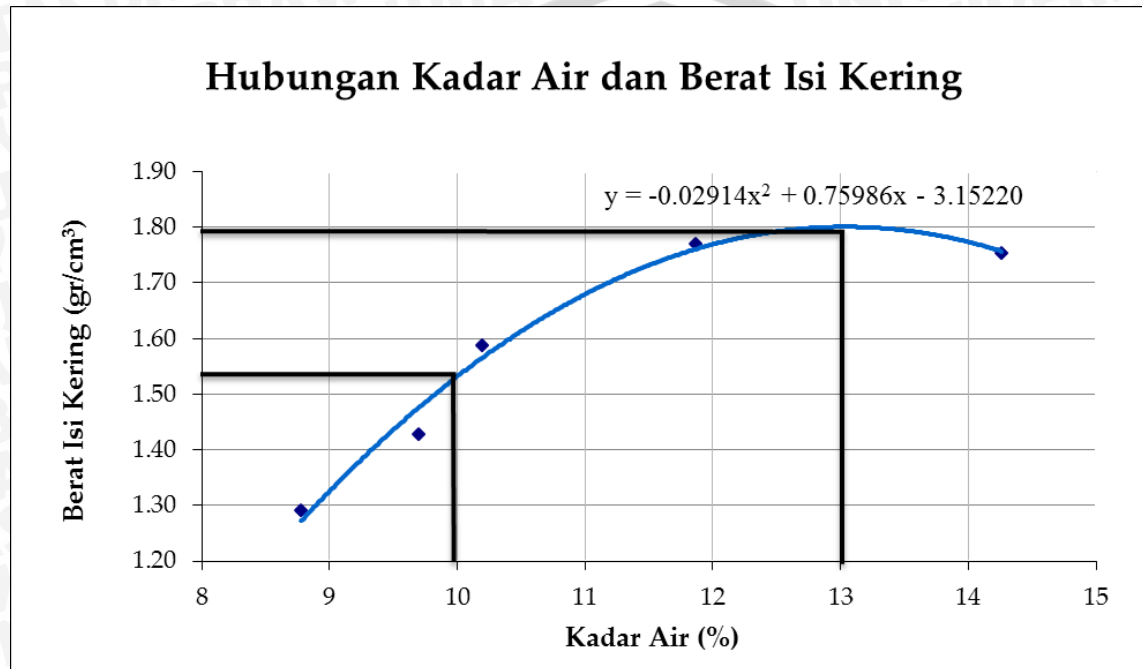
Penambahan Air	cc	p1	p2	p3	p4	p5
Berat Cetakan	gr	6000	6000	6000	6000	6000
Berat Tanah Basah + Cetakan	gr	9050	9400	9800	10300	10350
Berat Tanah Basah	gr	3050	3400	3800	4300	4350
Isi Cetakan	ml	2170.83	2170.83	2170.83	2170.83	2170.83
Berat Isi Basah	gr/cm ³	1.4050	1.5662	1.7505	1.9808	2.0038
Berat Isi Kering	gr/cm ³	1.2916	1.4277	1.5885	1.7707	1.7537

Zero Air Void

Kadar Air (%)	Gs	γ_w	Zero Air Void Line
8.778	2.648	1	2.149
9.699	2.648	1	2.107
10.198	2.648	1	2.085
11.865	2.648	1	2.015
14.263	2.648	1	1.922



Hubungan Kadar Air dan Berat Isi Kering



OMC	13.038%
γ_d max	1.801 gr/cm ³
85% γ_d	1.531 gr/cm ³
WC 85%	9.99%

Lampiran 1. Pengujian Kadar Air dan Kepadatan Pasir

- Tanpa perkuatan $B = 6 \text{ cm}$, $d/B = 0$

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	37.14	35.27	37.02	36.64	36.67	36.42	36.14	36.37	36.12	36.34	36.37	35.82	36.24	35.97	35.42	35.94	35.87	36.02	35.94	36.27	36.12
3. Berat Tanah Basah	gr	18.90	17.20	19.00	18.40	18.60	18.40	17.90	18.30	18.10	18.10	18.30	17.80	18.00	17.90	17.40	17.70	17.80	18.00	17.70	18.20	18.10
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.675	1.623	1.793	1.631	1.755	1.736	1.587	1.727	1.708	1.604	1.727	1.679	1.596	1.689	1.642	1.569	1.679	1.698	1.569	1.717	1.708
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.42	33.83	35.27	34.96	34.90	33.89	34.55	34.74	34.52	34.62	34.81	34.27	34.67	34.36	33.89	34.37	34.24	34.01	34.30	34.34	34.35
7. Berat Tanah Kering	gr	17.18	15.76	17.25	16.72	16.83	15.87	16.31	16.67	16.50	16.38	16.74	16.25	16.43	16.29	15.87	16.13	16.17	15.99	16.06	16.27	16.33
8. Berat Air	gr	1.72	1.44	1.75	1.68	1.77	2.53	1.59	1.63	1.60	1.72	1.56	1.55	1.57	1.61	1.53	1.57	1.63	2.01	1.64	1.93	1.77
9. Kadar Air	%	10.01	9.14	10.14	10.05	10.52	15.94	9.75	9.78	9.70	10.50	9.32	9.54	9.56	9.88	9.64	9.73	10.08	12.57	10.21	11.86	10.84
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.42																				
11. γ_d	gr/cm ³	1.523	1.487	1.628	1.482	1.588	1.497	1.446	1.573	1.557	1.452	1.579	1.533	1.456	1.537	1.497	1.430	1.526	1.509	1.424	1.535	1.541
12. γ_d rata-rata	gr	1.514																				

- Tanpa perkuatan $B = 6 \text{ cm}$, $d/B = 0,5$

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.34	36.57	36.12	36.24	36.67	36.82	35.84	35.87	36.42	36.14	36.27	36.22	36.44	35.67	36.62	37.14	36.17	35.82	35.44	36.37	35.72
3. Berat Tanah Basah	gr	18.10	18.50	18.10	18.00	18.60	18.80	17.60	17.80	18.40	17.90	18.20	18.20	18.20	17.60	18.60	18.90	18.10	17.80	17.20	18.30	17.70
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.604	1.745	1.708	1.596	1.755	1.774	1.560	1.679	1.736	1.587	1.717	1.717	1.613	1.661	1.755	1.675	1.708	1.679	1.525	1.727	1.670
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.84	35.02	34.61	34.78	35.18	35.17	34.36	34.34	34.82	34.53	34.67	34.57	34.72	34.04	34.91	35.31	34.40	34.15	33.83	34.57	34.12
7. Berat Tanah Kering	gr	16.60	16.95	16.59	16.54	17.11	17.15	16.12	16.27	16.80	16.29	16.60	16.55	16.48	15.97	16.89	17.07	16.33	16.13	15.59	16.50	16.10
8. Berat Air	gr	1.50	1.55	1.51	1.46	1.49	1.65	1.48	1.53	1.60	1.61	1.60	1.65	1.72	1.63	1.71	1.83	1.77	1.67	1.61	1.80	1.60
9. Kadar Air	%	9.04	9.14	9.10	8.83	8.71	9.62	9.18	9.40	9.52	9.88	9.64	9.97	10.44	10.21	10.12	10.72	10.84	10.35	10.33	10.91	9.94
10. Kadar Air Rata-Rata	%	9.80																				
11. γ_d	gr/cm ³	1.471	1.599	1.565	1.466	1.614	1.618	1.429	1.535	1.585	1.444	1.566	1.561	1.461	1.507	1.594	1.513	1.541	1.522	1.382	1.557	1.519
12. γ_d rata-rata	gr	1.526																				

- Tanpa perkuatan B = 6 cm, d/B = 1

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.94	35.47	35.42	36.24	36.07	36.12	35.94	35.87	36.62	36.64	36.97	36.32	36.24	36.97	36.62	36.54	36.87	36.32	36.64	36.59	34.82
3. Berat Tanah Basah	gr	18.70	17.40	17.40	18.00	18.00	18.10	17.70	17.80	18.60	18.40	18.90	18.30	18.00	18.90	18.60	18.30	18.80	18.30	18.40	18.52	16.80
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.658	1.642	1.642	1.596	1.698	1.708	1.569	1.679	1.755	1.631	1.783	1.727	1.596	1.783	1.755	1.622	1.774	1.727	1.631	1.747	1.585
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.29	33.91	33.88	34.67	34.48	34.57	34.35	34.39	34.95	35.08	35.19	34.59	34.54	35.36	34.99	34.99	35.11	34.73	34.92	34.85	33.38
7. Berat Tanah Kering	gr	17.05	15.84	15.86	16.43	16.41	16.55	16.11	16.32	16.93	16.84	17.12	16.57	16.30	17.29	16.97	16.75	17.04	16.71	16.68	16.78	15.36
8. Berat Air	gr	1.65	1.56	1.54	1.57	1.59	1.55	1.59	1.48	1.67	1.56	1.78	1.73	1.70	1.61	1.63	1.55	1.76	1.59	1.72	1.74	1.44
9. Kadar Air	%	9.68	9.85	9.71	9.56	9.69	9.37	9.87	9.07	9.86	9.26	10.40	10.44	10.43	9.31	9.61	9.25	10.33	9.52	10.31	10.37	9.38
10. Kadar Air Rata-Rata	%	9.77																				
11. γ_d	gr/cm ³	1.511	1.494	1.496	1.456	1.548	1.561	1.428	1.540	1.597	1.493	1.615	1.563	1.445	1.631	1.601	1.485	1.608	1.577	1.479	1.583	1.449
12. γ_d rata-rata	gr	1.532																				

- Tanpa perkuatan B = 8 cm, d/B = 0

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	37.74	36.60	37.12	35.50	36.36	35.82	35.42	35.90	35.58	36.21	35.97	35.76	35.55	36.00	35.00	35.25	36.16	35.14	35.84	35.27	35.72
3. Berat Tanah Basah	gr	19.50	18.53	19.10	17.26	18.29	17.80	17.18	17.83	17.56	17.97	17.90	17.74	17.31	17.93	16.98	17.01	18.09	17.12	17.60	17.20	17.70
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.728	1.748	1.802	1.530	1.726	1.679	1.523	1.682	1.657	1.593	1.689	1.674	1.534	1.692	1.602	1.508	1.707	1.615	1.560	1.623	1.670
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	36.34	35.03	36.32	34.22	34.96	34.53	34.20	34.46	34.23	34.98	34.73	34.60	34.28	34.68	33.86	33.81	34.50	33.70	34.36	33.69	34.21
7. Berat Tanah Kering	gr	18.10	16.96	18.30	15.98	16.89	16.51	15.96	16.39	16.21	16.74	16.66	16.58	16.04	16.61	15.84	15.57	16.43	15.68	16.12	15.62	16.19
8. Berat Air	gr	1.40	1.57	0.80	1.28	1.40	1.29	1.22	1.44	1.35	1.23	1.24	1.16	1.27	1.32	1.14	1.44	1.66	1.44	1.48	1.58	1.51
9. Kadar Air	%	7.73	9.26	4.37	8.01	8.29	7.81	7.64	8.79	8.33	7.35	7.44	7.00	7.92	7.95	7.20	9.25	10.10	9.18	9.18	10.12	9.33
10. Kadar Air Rata-Rata	%	8.20																				
11. γ_d	gr/cm ³	1.604	1.600	1.727	1.416	1.594	1.558	1.415	1.546	1.529	1.484	1.572	1.564	1.422	1.567	1.494	1.380	1.550	1.479	1.429	1.474	1.528
12. γ_d rata-rata	gr	1.521																				

- Tanpa perkuatan $B = 8 \text{ cm}$, $d/B = 0,5$

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.09	36.41	37.34	35.63	35.76	35.50	35.62	35.87	35.49	36.62	36.97	36.27	36.06	36.79	36.42	35.63	36.41	35.48	36.87	36.69	36.52
3. Berat Tanah Basah	gr	17.85	18.34	19.32	17.39	17.69	17.48	17.38	17.80	17.47	18.38	18.90	18.25	17.82	18.72	18.40	17.39	18.34	17.46	18.63	18.62	18.50
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.582	1.730	1.823	1.541	1.669	1.649	1.541	1.679	1.648	1.629	1.783	1.722	1.580	1.766	1.736	1.541	1.730	1.647	1.651	1.757	1.745
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.35	34.26	35.47	34.05	34.30	33.95	34.09	34.44	33.99	34.97	35.30	34.58	34.38	35.06	34.69	33.94	34.70	33.90	34.96	34.92	34.64
7. Berat Tanah Kering	gr	16.11	16.19	17.45	15.81	16.23	15.93	15.85	16.37	15.97	16.73	17.23	16.56	16.14	16.99	16.67	15.70	16.63	15.88	16.72	16.85	16.62
8. Berat Air	gr	1.74	2.15	1.87	1.58	1.46	1.55	1.53	1.43	1.50	1.65	1.67	1.69	1.68	1.73	1.73	1.69	1.71	1.58	1.91	1.77	1.88
9. Kadar Air	%	10.80	13.28	10.72	9.99	9.00	9.73	9.65	8.74	9.39	9.86	9.69	10.21	10.41	10.18	10.38	10.76	10.28	9.95	11.42	10.50	11.31
10. Kadar Air Rata-Rata	%												10.30									
11. γ_d	gr/cm ³	1.428	1.528	1.646	1.401	1.531	1.503	1.405	1.545	1.507	1.483	1.626	1.562	1.431	1.603	1.573	1.392	1.569	1.498	1.482	1.590	1.568
12. γ_d rata-rata	gr												1.518									

- Tanpa perkuatan $B = 8 \text{ cm}$, $d/B = 1$

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.64	36.67	37.12	36.24	36.07	36.82	36.64	37.17	36.62	36.34	36.57	35.82	35.84	36.17	36.22	36.64	36.67	37.02	36.54	36.47	35.42
3. Berat Tanah Basah	gr	18.40	18.60	19.10	18.00	18.00	18.80	18.40	19.10	18.60	18.10	18.50	17.80	17.60	18.10	18.20	18.40	18.60	19.00	18.30	18.40	17.40
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.631	1.755	1.802	1.596	1.698	1.774	1.631	1.802	1.755	1.604	1.745	1.679	1.560	1.708	1.717	1.631	1.755	1.793	1.622	1.736	1.642
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.89	34.92	35.34	34.33	35.17	34.05	34.80	35.24	34.73	34.33	34.53	33.83	33.93	34.38	34.33	34.58	34.49	34.79	34.43	34.42	33.58
7. Berat Tanah Kering	gr	16.65	16.85	17.32	16.09	17.10	16.03	16.56	17.17	16.71	16.09	16.46	15.81	15.69	16.31	16.31	16.34	16.42	16.77	16.19	16.35	15.56
8. Berat Air	gr	1.75	1.75	1.78	1.91	0.90	2.77	1.84	1.93	1.89	2.01	2.04	1.99	1.91	1.79	1.89	2.06	2.18	2.23	2.11	2.05	1.84
9. Kadar Air	%	10.51	10.39	10.28	11.87	5.26	17.28	11.11	11.24	11.31	12.49	12.39	12.59	12.17	10.97	11.59	12.61	13.28	13.30	13.03	12.54	11.83
10. Kadar Air Rata-Rata	%												11.81									
11. γ_d	gr/cm ³	1.476	1.590	1.634	1.426	1.613	1.512	1.468	1.620	1.577	1.426	1.553	1.492	1.391	1.539	1.539	1.448	1.549	1.582	1.435	1.543	1.468
12. γ_d rata-rata	gr												1.518									

- Tanpa perkuatan B = 10 cm, d/B = 0

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	35.02	34.05	32.30	34.76	34.88	34.34	35.26	35.79	35.63	37.34	37.31	36.92	36.78	36.71	35.34	36.75	35.38	36.23	36.40	35.52	35.44
3. Berat Tanah Basah	gr	16.78	15.98	14.28	16.52	16.81	16.32	17.02	17.72	17.61	19.10	19.24	18.90	18.54	18.64	17.32	18.51	17.31	18.21	18.16	17.45	17.42
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.487	1.508	1.347	1.464	1.586	1.540	1.509	1.672	1.661	1.693	1.815	1.783	1.643	1.759	1.634	1.641	1.633	1.718	1.610	1.646	1.644
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	33.74	32.80	31.21	33.61	33.67	33.19	34.22	34.73	34.52	36.09	36.08	35.79	35.52	35.39	34.06	35.44	33.98	34.76	34.73	33.96	33.81
7. Berat Tanah Kering	gr	15.50	14.73	13.19	15.37	15.60	15.17	15.98	16.66	16.50	17.85	18.01	17.77	17.28	17.32	16.04	17.20	15.91	16.74	16.49	15.89	15.79
8. Berat Air	gr	1.28	1.25	1.09	1.15	1.21	1.15	1.04	1.06	1.11	1.25	1.23	1.13	1.26	1.32	1.28	1.31	1.40	1.47	1.67	1.56	1.63
9. Kadar Air	%	8.26	8.49	8.26	7.48	7.76	7.58	6.51	6.36	6.73	7.00	6.83	6.36	7.29	7.62	7.98	7.62	8.80	8.78	10.13	9.82	10.32
10. Kadar Air Rata-Rata	%	7.90																				
11. γ_d	gr/cm ³	1.374	1.390	1.244	1.362	1.472	1.431	1.416	1.572	1.557	1.582	1.699	1.677	1.532	1.634	1.513	1.525	1.501	1.579	1.462	1.499	1.490
12. γ_d rata-rata	gr	1.501																				

- Tanpa perkuatan B = 10 cm, d/B = 0,5

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.94	36.57	36.22	36.44	35.77	35.72	36.34	35.87	37.12	36.34	36.67	36.32	36.24	36.97	36.42	36.64	36.57	36.72	36.24	36.17	35.32
3. Berat Tanah Basah	gr	18.70	18.50	18.20	18.20	17.70	17.70	18.10	17.80	19.10	18.10	18.60	18.30	18.00	18.90	18.40	18.40	18.50	18.70	18.00	18.10	17.30
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.658	1.745	1.717	1.613	1.670	1.670	1.604	1.679	1.802	1.604	1.755	1.727	1.596	1.783	1.736	1.631	1.745	1.764	1.596	1.708	1.632
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.14	34.87	34.52	34.74	34.07	34.02	34.84	34.37	35.42	34.74	34.97	34.72	34.64	35.27	34.82	34.94	34.77	34.92	34.54	34.57	33.72
7. Berat Tanah Kering	gr	16.90	16.80	16.50	16.50	16.00	16.00	16.60	16.30	17.40	16.50	16.90	16.70	16.40	17.20	16.80	16.70	16.70	16.90	16.30	16.50	15.70
8. Berat Air	gr	1.80	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.50	1.50	1.70	1.60	1.70	1.60	1.60	1.70	1.60	1.70	1.80	1.80	1.70	1.60	1.60
9. Kadar Air	%	10.65	10.12	10.30	10.30	10.63	10.63	9.04	9.20	9.77	9.70	10.06	9.58	9.76	9.88	9.52	10.18	10.78	10.65	10.43	9.70	10.19
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.05																				
11. γ_d	gr/cm ³		1.585	1.557	1.463	1.510	1.510	1.471	1.538	1.642	1.463	1.595	1.576	1.454	1.623	1.585	1.480	1.576	1.595	1.445	1.557	1.481
12. γ_d rata-rata	gr	1.535																				

- Tanpa perkuatan B = 10 cm, d/B = 1

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.94	36.37	35.72	35.84	36.07	36.22	37.54	35.77	35.52	36.24	36.27	36.82	35.74	36.17	35.52	36.94	35.97	36.32	35.64	36.47	36.42
3. Berat Tanah Basah	gr	18.70	18.30	17.70	17.60	18.00	18.20	19.30	17.70	17.50	18.00	18.20	18.80	17.50	18.10	17.50	18.70	17.90	18.30	17.40	18.40	18.40
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.658	1.727	1.670	1.560	1.698	1.717	1.711	1.670	1.651	1.596	1.717	1.774	1.551	1.708	1.651	1.658	1.689	1.727	1.542	1.736	1.736
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.07	34.41	34.01	34.14	34.27	34.32	35.73	34.08	33.88	34.38	34.49	34.74	33.76	34.31	33.68	34.93	34.09	34.29	33.73	34.60	34.51
7. Berat Tanah Kering	gr	16.83	16.34	15.99	15.90	16.20	16.30	17.49	16.01	15.86	16.14	16.42	16.72	15.52	16.24	15.66	16.69	16.02	16.27	15.49	16.53	16.49
8. Berat Air	gr	1.87	1.96	1.71	1.70	1.80	1.90	1.81	1.69	1.64	1.86	1.78	2.08	1.98	1.86	1.84	2.01	1.88	2.03	1.91	1.87	1.91
9. Kadar Air	%	11.11	12.00	10.69	10.69	11.11	11.66	10.35	10.56	10.34	11.52	10.84	12.44	12.76	11.45	11.75	12.04	11.74	12.48	12.33	11.31	11.58
10. Kadar Air Rata-Rata	%	11.46																				
11. γ_d	gr/cm ³	1.492	1.542	1.509	1.409	1.528	1.538	1.550	1.511	1.496	1.431	1.549	1.578	1.376	1.532	1.478	1.479	1.511	1.535	1.373	1.560	1.556
12. γ_d rata-rata	gr	1.502																				

- Dengan perkuatan $B = 6 \text{ cm}$, $d/B = 0$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	37.54	35.57	35.72	36.04	37.47	36.12	36.84	35.97	36.22	36.24	36.57	35.52	36.04	36.17	35.22	36.14	36.67	35.32	36.14	35.47	36.72
3. Berat Tanah Basah	gr	19.30	17.50	17.70	17.80	19.40	18.10	18.60	17.90	18.20	18.00	18.50	17.50	17.80	18.10	17.20	17.90	18.60	17.30	17.90	17.40	18.70
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.711	1.651	1.670	1.578	1.830	1.708	1.649	1.689	1.717	1.596	1.745	1.651	1.578	1.708	1.623	1.587	1.755	1.632	1.587	1.642	1.764
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.63	33.93	34.07	34.31	35.76	34.39	35.08	34.40	34.31	34.68	34.94	33.86	34.44	34.59	33.64	34.65	34.91	33.70	34.70	34.05	35.05
7. Berat Tanah Kering	gr	17.39	15.86	16.05	16.07	17.69	16.37	16.84	16.33	16.29	16.44	16.87	15.84	16.20	16.52	15.62	16.41	16.84	15.68	16.46	15.98	17.03
8. Berat Air	gr	1.91	1.64	1.65	1.73	1.71	1.73	1.76	1.57	1.91	1.56	1.63	1.66	1.60	1.58	1.58	1.49	1.76	1.62	1.44	1.42	1.67
9. Kadar Air	%	10.98	10.34	10.28	10.77	9.67	10.57	10.45	9.61	11.72	9.49	9.66	10.48	9.88	9.56	10.12	9.08	10.45	10.33	8.75	8.89	9.81
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.04																				
11. γ_d	gr/cm ³	1.541	1.496	1.514	1.424	1.669	1.545	1.493	1.541	1.537	1.457	1.592	1.494	1.436	1.559	1.474	1.455	1.589	1.479	1.459	1.508	1.607
12. γ_d rata-rata	gr	1.518																				

- Dengan perkuatan $B = 6 \text{ cm}$, $d/B = 0,5$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	35.74	36.87	35.82	36.84	35.57	36.12	36.94	35.77	36.42	37.24	35.47	35.42	36.84	36.27	36.62	36.34	36.37	36.82	36.54	35.77	36.12
3. Berat Tanah Basah	gr	17.50	18.80	17.80	18.60	17.50	18.10	18.70	17.70	18.40	19.00	17.40	17.40	18.60	18.20	18.60	18.10	18.30	18.80	18.30	17.70	18.10
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.551	1.774	1.679	1.649	1.651	1.708	1.658	1.670	1.736	1.684	1.642	1.642	1.649	1.717	1.755	1.604	1.727	1.774	1.622	1.670	1.708
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.10	35.15	34.20	35.18	34.01	34.40	35.19	34.13	34.75	35.54	33.98	33.97	35.20	34.66	35.00	34.72	34.69	35.14	34.88	34.14	34.42
7. Berat Tanah Kering	gr	15.86	17.08	16.18	16.94	15.94	16.38	16.95	16.06	16.73	17.30	15.91	15.95	16.96	16.59	16.98	16.48	16.62	17.12	16.64	16.07	16.40
8. Berat Air	gr	1.64	1.72	1.62	1.66	1.56	1.72	1.75	1.64	1.67	1.70	1.49	1.45	1.64	1.61	1.62	1.62	1.68	1.68	1.66	1.63	1.70
9. Kadar Air	%	10.34	10.07	10.01	9.80	9.79	10.50	10.32	10.21	9.98	9.83	9.37	9.09	9.67	9.70	9.54	9.83	10.11	9.81	9.98	10.14	10.37
10. Kadar Air Rata-Rata	%	9.93																				
11. γ_d	gr/cm ³	1.406	1.611	1.527	1.502	1.504	1.545	1.502	1.515	1.578	1.533	1.501	1.505	1.503	1.565	1.602	1.461	1.568	1.615	1.475	1.516	1.547
12. γ_d rata-rata	gr	1.528																				

- Dengan perkuatan $B = 6 \text{ cm}$, $d/B = 1$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.54	35.37	36.42	36.84	34.67	36.42	36.14	35.77	36.02	36.54	37.07	35.72	36.74	35.57	35.42	37.14	36.37	35.12	36.14	36.47	35.82
3. Berat Tanah Basah	gr	18.30	17.30	18.40	18.60	16.60	18.40	17.90	17.70	18.00	18.30	19.00	17.70	18.50	17.50	17.40	18.90	18.30	17.10	17.90	18.40	17.80
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.622	1.632	1.736	1.649	1.566	1.736	1.587	1.670	1.698	1.622	1.793	1.670	1.640	1.651	1.642	1.675	1.727	1.613	1.587	1.736	1.679
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.73	33.77	34.57	35.08	33.27	34.70	34.51	34.26	34.35	34.90	35.39	34.19	35.14	34.13	33.86	35.47	34.72	33.62	34.57	34.80	34.35
7. Berat Tanah Kering	gr	16.49	15.70	16.55	16.84	15.20	16.68	16.27	16.19	16.33	16.66	17.32	16.17	16.90	16.06	15.84	17.23	16.65	15.60	16.33	16.73	16.33
8. Berat Air	gr	1.81	1.60	1.85	1.76	1.40	1.72	1.63	1.51	1.67	1.64	1.68	1.53	1.60	1.44	1.56	1.67	1.65	1.50	1.57	1.67	1.47
9. Kadar Air	%	10.98	10.19	11.18	10.45	9.21	10.31	10.02	9.33	10.23	9.84	9.70	9.46	9.47	8.97	9.85	9.69	9.91	9.62	9.61	9.98	9.00
10. Kadar Air Rata-Rata	%												9.86									
11. γ_d	gr/cm ³	1.462	1.481	1.561	1.493	1.434	1.574	1.442	1.528	1.541	1.477	1.634	1.526	1.498	1.515	1.494	1.527	1.571	1.472	1.447	1.578	1.541
12. γ_d rata-rata	gr												1.514									

- Dengan perkuatan $B = 8 \text{ cm}$, $d/B = 0$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	35.54	36.57	36.32	36.64	36.57	36.72	36.64	36.87	35.72	37.14	35.77	36.42	36.04	36.47	35.22	35.84	36.17	36.62	36.54	36.17	36.32
3. Berat Tanah Basah	gr	17.30	18.50	18.30	18.40	18.50	18.70	18.40	18.80	17.70	18.90	17.70	18.40	17.80	18.40	17.20	17.60	18.10	18.60	18.30	18.10	18.30
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.533	1.745	1.727	1.631	1.745	1.764	1.631	1.774	1.670	1.675	1.670	1.736	1.578	1.736	1.623	1.560	1.708	1.755	1.622	1.708	1.727
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.56	34.64	34.75	34.82	34.79	34.98	34.91	35.20	34.15	35.51	34.21	34.79	34.46	34.82	33.71	34.21	34.53	34.95	34.88	34.59	34.65
7. Berat Tanah Kering	gr	16.32	16.57	16.73	16.58	16.72	16.96	16.67	17.13	16.13	17.27	16.14	16.77	16.22	16.75	15.69	15.97	16.46	16.93	16.64	16.52	16.63
8. Berat Air	gr	0.98	1.93	1.57	1.82	1.78	1.74	1.73	1.67	1.57	1.63	1.56	1.63	1.58	1.65	1.51	1.63	1.64	1.67	1.66	1.58	1.67
9. Kadar Air	%	6.00	11.65	9.38	10.98	10.65	10.26	10.38	9.75	9.73	9.44	9.67	9.72	9.74	9.85	9.62	10.21	9.96	9.86	9.98	9.56	10.04
10. Kadar Air Rata-Rata	%												9.83									
11. γ_d	gr/cm ³	1.447	1.563	1.578	1.470	1.578	1.600	1.478	1.616	1.522	1.531	1.523	1.582	1.438	1.580	1.480	1.416	1.553	1.597	1.475	1.559	1.569
12. γ_d rata-rata	gr												1.531									

- Dengan perkuatan $B = 8 \text{ cm}$, $d/B = 0,5$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.74	37.37	35.92	35.84	35.67	36.02	36.64	36.67	36.12	38.14	35.37	35.82	36.14	36.07	35.82	36.44	36.67	36.12	36.64	35.97	35.22
3. Berat Tanah Basah	gr	18.50	19.30	17.90	17.60	17.60	18.00	18.40	18.60	18.10	19.90	17.30	17.80	17.90	18.00	17.80	18.20	18.60	18.10	18.40	17.90	17.20
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.640	1.821	1.689	1.560	1.661	1.698	1.631	1.755	1.708	1.764	1.632	1.679	1.587	1.698	1.679	1.613	1.755	1.708	1.631	1.689	1.623
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.96	35.48	34.15	34.20	34.12	34.44	34.86	34.98	34.54	36.39	33.86	34.27	34.59	34.47	34.24	34.89	35.09	34.56	35.07	34.36	33.66
7. Berat Tanah Kering	gr	16.72	17.41	16.13	15.96	16.05	16.42	16.62	16.91	16.52	18.15	15.79	16.25	16.35	16.40	16.22	16.65	17.02	16.54	16.83	16.29	15.64
8. Berat Air	gr	1.78	1.89	1.77	1.64	1.55	1.58	1.78	1.69	1.58	1.75	1.51	1.55	1.55	1.60	1.58	1.55	1.58	1.56	1.57	1.61	1.56
9. Kadar Air	%	10.65	10.86	10.97	10.28	9.66	9.62	10.71	9.99	9.56	9.64	9.56	9.54	9.48	9.76	9.74	9.31	9.28	9.43	9.33	9.88	9.97
10. Kadar Air Rata-Rata	%												9.87									
11. γ_d	gr/cm ³	1.482	1.643	1.522	1.415	1.514	1.549	1.473	1.595	1.559	1.609	1.490	1.533	1.449	1.547	1.530	1.476	1.606	1.561	1.492	1.537	1.476
12. γ_d rata-rata	gr												1.527									

- Dengan perkuatan $B = 8 \text{ cm}$, $d/B = 1$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.84	36.87	36.22	36.34	36.27	36.72	36.04	35.87	35.92	36.44	36.37	36.62	36.34	36.77	36.02	36.94	34.57	36.02	36.74	36.47	36.32
3. Berat Tanah Basah	gr	18.60	18.80	18.20	18.10	18.20	18.70	17.80	17.80	17.90	18.20	18.30	18.60	18.10	18.70	18.00	18.70	16.50	18.00	18.50	18.40	18.30
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.649	1.774	1.717	1.604	1.717	1.764	1.578	1.679	1.689	1.613	1.727	1.755	1.604	1.764	1.698	1.658	1.557	1.698	1.640	1.736	1.727
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.05	35.02	34.38	34.68	34.52	34.89	34.36	34.18	34.28	34.82	34.83	35.04	34.65	35.16	34.47	35.25	33.13	34.53	35.14	34.82	34.70
7. Berat Tanah Kering	gr	16.81	16.95	16.36	16.44	16.45	16.87	16.12	16.11	16.26	16.58	16.76	17.02	16.41	17.09	16.45	17.01	15.06	16.51	16.90	16.75	16.68
8. Berat Air	gr	1.79	1.85	1.84	1.66	1.75	1.83	1.68	1.69	1.64	1.62	1.54	1.58	1.69	1.61	1.55	1.69	1.44	1.49	1.60	1.65	1.62
9. Kadar Air	%	10.65	10.91	11.25	10.10	10.64	10.85	10.42	10.49	10.09	9.77	9.19	9.28	10.30	9.42	9.42	9.94	9.56	9.02	9.47	9.85	9.71
10. Kadar Air Rata-Rata	%												10.02									
11. γ_d	gr/cm ³	1.490	1.599	1.544	1.457	1.552	1.592	1.429	1.520	1.534	1.470	1.581	1.606	1.455	1.612	1.552	1.508	1.421	1.558	1.498	1.580	1.574
12. γ_d rata-rata	gr												1.530									

- Dengan perkuatan $B = 10 \text{ cm}$, $d/B = 0$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.94	36.97	36.02	36.44	36.67	36.32	36.74	36.57	36.42	36.24	36.37	35.82	36.24	36.47	35.42	35.94	35.97	35.72	36.94	36.57	36.52
3. Berat Tanah Basah	gr	18.70	18.90	18.00	18.20	18.60	18.30	18.50	18.50	18.40	18.00	18.30	17.80	18.00	18.40	17.40	17.70	17.90	17.70	18.70	18.50	18.50
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.658	1.783	1.698	1.613	1.755	1.727	1.640	1.745	1.736	1.596	1.727	1.679	1.596	1.736	1.642	1.569	1.689	1.670	1.658	1.745	1.745
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.12	35.13	34.34	34.67	34.94	34.48	35.06	34.82	34.64	34.60	34.78	34.03	34.63	35.04	34.12	34.37	34.39	34.19	35.35	34.85	34.78
7. Berat Tanah Kering	gr	16.88	17.06	16.32	16.43	16.87	16.46	16.82	16.75	16.62	16.36	16.71	16.01	16.39	16.97	16.10	16.13	16.32	16.17	17.11	16.78	16.76
8. Berat Air	gr	1.82	1.84	1.68	1.77	1.73	1.84	1.68	1.75	1.78	1.64	1.59	1.79	1.61	1.43	1.30	1.57	1.58	1.53	1.59	1.72	1.74
9. Kadar Air	%	10.78	10.79	10.29	10.77	10.25	11.18	9.99	10.45	10.71	10.02	9.52	11.18	9.82	8.43	8.07	9.73	9.68	9.46	9.29	10.25	10.38
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.05																				
11. γ_d	gr/cm ³	1.496	1.610	1.540	1.456	1.592	1.553	1.491	1.580	1.568	1.450	1.577	1.511	1.453	1.601	1.519	1.430	1.540	1.526	1.517	1.583	1.581
12. γ_d rata-rata	gr	1.532																				

- Dengan perkuatan $B = 10 \text{ cm}$, $d/B = 0,5$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.24	36.37	35.82	36.14	36.37	35.72	36.84	36.07	35.62	36.14	36.37	36.12	35.64	36.07	36.72	36.24	36.07	35.92	37.34	35.67	35.32
3. Berat Tanah Basah	gr	18.00	18.30	17.80	17.90	18.30	17.70	18.60	18.00	17.60	17.90	18.30	18.10	17.40	18.00	18.70	18.00	18.00	17.90	19.10	17.60	17.30
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.596	1.727	1.679	1.587	1.727	1.670	1.649	1.698	1.661	1.587	1.727	1.708	1.542	1.698	1.764	1.596	1.698	1.689	1.693	1.661	1.632
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.56	34.56	34.20	34.53	34.76	34.18	35.21	34.33	34.09	34.50	34.77	34.20	34.13	34.48	34.97	34.71	34.55	34.37	35.74	34.25	33.97
7. Berat Tanah Kering	gr	16.32	16.49	16.18	16.29	16.69	16.16	16.97	16.26	16.07	16.26	16.70	16.18	15.89	16.41	16.95	16.47	16.48	16.35	17.50	16.18	15.95
8. Berat Air	gr	1.68	1.81	1.62	1.61	1.61	1.54	1.63	1.74	1.53	1.64	1.60	1.92	1.51	1.59	1.75	1.53	1.52	1.55	1.60	1.42	1.35
9. Kadar Air	%	10.29	10.98	10.01	9.88	9.65	9.53	9.61	10.70	9.52	10.09	9.58	11.87	9.50	9.69	10.32	9.29	9.22	9.48	9.14	8.78	8.46
10. Kadar Air Rata-Rata	%	9.79																				
11. γ_d	gr/cm ³	1.447	1.556	1.527	1.444	1.575	1.525	1.504	1.534	1.516	1.441	1.576	1.527	1.408	1.548	1.599	1.460	1.555	1.543	1.551	1.527	1.505
12. γ_d rata-rata	gr	1.517																				

- Dengan perkuatan $B = 10 \text{ cm}$, $d/B = 1$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02	18.24	18.07	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.84	36.87	36.22	37.34	36.27	36.02	37.14	36.27	36.72	37.04	35.37	36.52	37.54	36.47	35.22	37.24	35.57	35.62	36.04	37.37	36.12
3. Berat Tanah Basah	gr	18.60	18.80	18.20	19.10	18.20	18.00	18.90	18.20	18.70	18.80	17.30	18.50	19.30	18.40	17.20	19.00	17.50	17.60	17.80	19.30	18.10
4. Volume Tanah	cm ³	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60	11.28	10.60	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.649	1.774	1.717	1.693	1.717	1.698	1.675	1.717	1.764	1.666	1.632	1.745	1.711	1.736	1.623	1.684	1.651	1.661	1.578	1.821	1.708
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.25	35.09	34.51	35.40	34.51	34.28	35.25	34.64	35.04	35.32	33.77	34.89	35.85	34.82	33.68	35.62	34.12	34.06	34.54	35.57	34.38
7. Berat Tanah Kering	gr	17.01	17.02	16.49	17.16	16.44	16.26	17.01	16.57	17.02	17.08	15.70	16.87	17.61	16.75	15.66	17.38	16.05	16.04	16.30	17.50	16.36
8. Berat Air	gr	1.59	1.78	1.71	1.94	1.76	1.74	1.89	1.63	1.68	1.72	1.60	1.63	1.69	1.65	1.54	1.62	1.45	1.56	1.50	1.80	1.74
9. Kadar Air	%	9.35	10.46	10.37	11.31	10.71	10.70	11.11	9.84	9.87	10.07	10.19	9.66	9.60	9.85	9.83	9.32	9.03	9.73	9.20	10.29	10.64
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.05																				
11. γ_d	gr/cm ³	1.508	1.606	1.556	1.521	1.551	1.534	1.508	1.563	1.606	1.514	1.481	1.592	1.561	1.580	1.478	1.541	1.514	1.513	1.445	1.651	1.544
12. γ_d rata-rata	gr	1.541																				

Lampiran 2. Rekapitulasi Data Daya Dukung dan Penurunan Berdasarkan Eksperimen

Pondasi menerus tanpa perkuatan

1. $B = 6 \text{ cm}$, $d/B = 0$

BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-3048	-3255	-30.480	-16.275	0	0	0	0	0	0
50	-3015	-3251	-30.150	-16.255	0.330	0.020	0.175	0.292	0.087	8.681
100	-2995	-3241	-29.950	-16.205	0.530	0.070	0.300	0.500	0.174	17.361
150	-2980	-3224	-29.800	-16.120	0.680	0.155	0.417	0.696	0.260	26.042
200	-2965	-3205	-29.650	-16.025	0.830	0.250	0.540	0.900	0.347	34.722
250	-2953	-3177	-29.530	-15.885	0.950	0.390	0.670	1.117	0.434	43.403
300	-2937	-3126	-29.370	-15.630	1.110	0.645	0.877	1.463	0.521	52.083
350	-2926	-3116	-29.260	-15.580	1.220	0.695	0.957	1.596	0.608	60.764
400	-2918	-3097	-29.180	-15.485	1.300	0.790	1.045	1.742	0.694	69.444
450	-2904	-3071	-29.040	-15.355	1.440	0.920	1.180	1.967	0.781	78.125
500	-2889	-3044	-28.890	-15.220	1.590	1.055	1.323	2.204	0.868	86.806
550	-2871	-3007	-28.710	-15.035	1.770	1.240	1.505	2.508	0.955	95.486
600	-2854	-2986	-28.540	-14.930	1.940	1.345	1.643	2.738	1.042	104.167
654	-2829	-2942	-28.290	-14.710	2.190	1.565	1.878	3.129	1.135	113.542
692	-2786	-2886	-27.860	-14.430	2.620	1.845	2.233	3.721	1.201	120.139
650	-2715	-2803	-27.150	-14.015	3.330	2.260	2.795	4.658	1.128	112.847
625	-2645	-2727	-26.450	-13.635	4.030	2.640	3.335	5.558	1.085	108.507
592	-2577	-2683	-25.770	-13.415	4.710	2.860	3.785	6.308	1.028	102.778
580	-2552	-2658	-25.520	-13.290	4.960	2.985	3.973	6.621	1.007	100.694
590	-2498	-2630	-24.980	-13.150	5.500	3.125	4.313	7.188	1.024	102.431
610	-2480	-2619	-24.800	-13.095	5.680	3.180	4.430	7.383	1.059	105.903
608	-2404	-2579	-24.040	-12.895	6.440	3.380	4.910	8.183	1.056	105.556
621	-2374	-2561	-23.740	-12.805	6.740	3.470	5.105	8.508	1.078	107.813
619	-2308	-2520	-23.080	-12.600	7.400	3.675	5.538	9.229	1.075	107.465
610	-2242	-2484	-22.420	-12.420	8.060	3.855	5.958	9.929	1.059	105.903

qu maks = 120.139

2. $B = 6 \text{ cm}$, $d/B = 0,5$

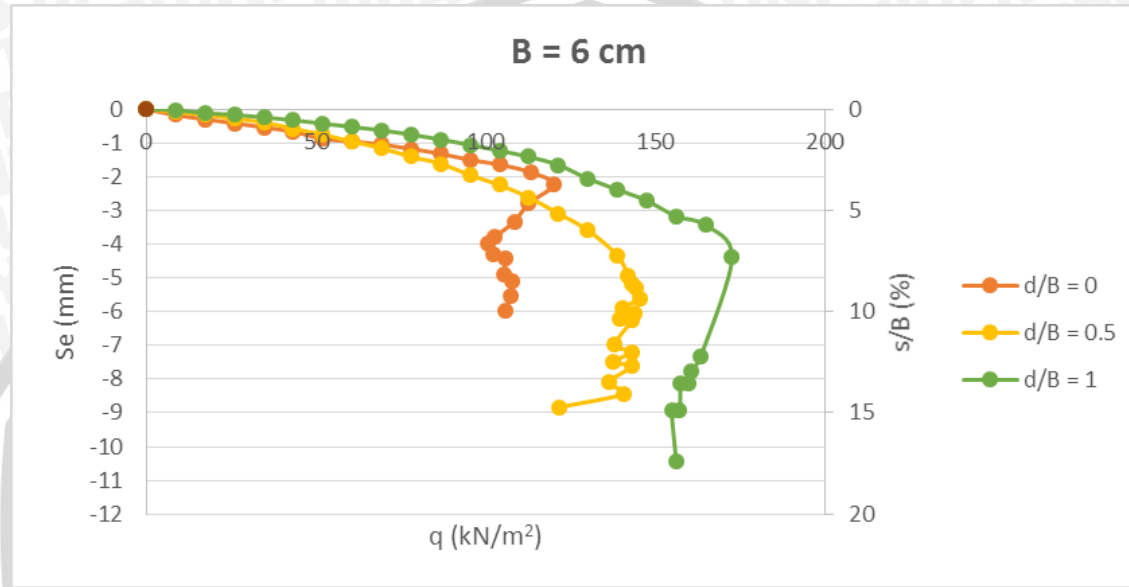
BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-1739	-4431	-17.390	-22.155	0	0	0	0	0.000	0
50	-1729	-4418	-17.290	-22.090	0.100	0.065	0.083	0.138	0.087	8.681
100	-1721	-4400	-17.210	-22.000	0.180	0.155	0.168	0.279	0.174	17.361
150	-1708	-4382	-17.080	-21.910	0.310	0.245	0.278	0.463	0.260	26.042
200	-1696	-4361	-16.960	-21.805	0.430	0.350	0.390	0.650	0.347	34.722
250	-1672	-4333	-16.720	-21.665	0.670	0.490	0.580	0.967	0.434	43.403
300	-1647	-4312	-16.470	-21.560	0.920	0.595	0.758	1.263	0.521	52.083
350	-1621	-4284	-16.210	-21.420	1.180	0.735	0.958	1.596	0.608	60.764
400	-1596	-4254	-15.960	-21.270	1.430	0.885	1.158	1.929	0.694	69.444
450	-1566	-4212	-15.660	-21.060	1.730	1.095	1.413	2.354	0.781	78.125
500	-1543	-4177	-15.430	-20.885	1.960	1.270	1.615	2.692	0.868	86.806
550	-1499	-4129	-14.990	-20.645	2.400	1.510	1.955	3.258	0.955	95.486
600	-1469	-4072	-14.690	-20.360	2.700	1.795	2.248	3.746	1.042	104.167
650	-1430	-4002	-14.300	-20.010	3.090	2.145	2.618	4.363	1.128	112.847
700	-1378	-3915	-13.780	-19.575	3.610	2.580	3.095	5.158	1.215	121.528
750	-1328	-3818	-13.280	-19.090	4.110	3.065	3.588	5.979	1.302	130.208
800	-1251	-3673	-12.510	-18.365	4.880	3.790	4.335	7.225	1.389	138.889
819	-1202	-3527	-12.020	-17.635	5.370	4.520	4.945	8.242	1.422	142.188
824	-1173	-3492	-11.730	-17.460	5.660	4.695	5.178	8.629	1.431	143.056
832	-1160	-3470	-11.600	-17.350	5.790	4.805	5.298	8.829	1.444	144.444
839	-1134	-3396	-11.340	-16.980	6.050	5.175	5.613	9.354	1.457	145.660
810	-1112	-3334	-11.120	-16.670	6.270	5.485	5.878	9.796	1.406	140.625
829	-1097	-3299	-10.970	-16.495	6.420	5.660	6.040	10.067	1.439	143.924
805	-1087	-3250	-10.870	-16.250	6.520	5.905	6.213	10.354	1.398	139.757
824	-1086	-3237	-10.860	-16.185	6.530	5.970	6.250	10.417	1.431	143.056
796	-1029	-3057	-10.290	-15.285	7.100	6.870	6.985	11.642	1.382	138.194
824	-1022	-2988	-10.220	-14.940	7.170	7.215	7.193	11.988	1.431	143.056
792	-997	-2914	-9.970	-14.570	7.420	7.585	7.503	12.504	1.375	137.500
824	-997	-2866	-9.970	-14.330	7.420	7.825	7.623	12.704	1.431	143.056
785	-955	-2757	-9.550	-13.785	7.840	8.370	8.105	13.508	1.363	136.285
811	-939	-2657	-9.390	-13.285	8.000	8.870	8.435	14.058	1.408	140.799
701	-920	-2535	-9.200	-12.675	8.190	9.480	8.835	14.725	1.217	121.701

qu maks = 145.660

3. $B = 6 \text{ cm}$, $d/B = 1$

BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-2777	-1651	-27.770	-8.255	0	0	0	0	0	0
50	-2775	-1643	-27.750	-8.215	0.020	0.040	0.030	0.050	0.087	8.681
100	-2769	-1620	-27.690	-8.100	0.080	0.155	0.118	0.196	0.174	17.361
150	-2762	-1614	-27.620	-8.070	0.150	0.185	0.168	0.279	0.260	26.042
200	-2754	-1600	-27.540	-8.000	0.230	0.255	0.243	0.404	0.347	34.722
250	-2746	-1582	-27.460	-7.910	0.310	0.345	0.328	0.546	0.434	43.403
300	-2736	-1562	-27.360	-7.810	0.410	0.445	0.428	0.713	0.521	52.083
350	-2727	-1540	-27.270	-7.700	0.500	0.555	0.528	0.879	0.608	60.764
400	-2718	-1518	-27.180	-7.590	0.590	0.665	0.628	1.046	0.694	69.444
450	-2707	-1490	-27.070	-7.450	0.700	0.805	0.753	1.254	0.781	78.125
500	-2695	-1455	-26.950	-7.275	0.820	0.980	0.900	1.500	0.868	86.806
550	-2682	-1419	-26.820	-7.095	0.950	1.160	1.055	1.758	0.955	95.486
600	-2666	-1380	-26.660	-6.900	1.110	1.355	1.233	2.054	1.042	104.167
650	-2650	-1340	-26.500	-6.700	1.270	1.555	1.413	2.354	1.128	112.847
700	-2630	-1283	-26.300	-6.415	1.470	1.840	1.655	2.758	1.215	121.528
750	-2597	-1188	-25.970	-5.940	1.800	2.315	2.058	3.429	1.302	130.208
800	-2571	-1109	-25.710	-5.545	2.060	2.710	2.385	3.975	1.389	138.889
850	-2545	-1030	-25.450	-5.150	2.320	3.105	2.713	4.521	1.476	147.569
900	-2506	-922	-25.060	-4.610	2.710	3.645	3.178	5.296	1.563	156.250
950	-2485	-861	-24.850	-4.305	2.920	3.950	3.435	5.725	1.649	164.931
995	-2413	-620	-24.130	-3.100	3.640	5.155	4.398	7.329	1.727	172.743
942	-2157	35	-21.570	0.175	6.200	8.430	7.315	12.192	1.635	163.542
926	-2109	126	-21.090	0.630	6.680	8.885	7.783	12.971	1.608	160.764
920	-2078	196	-20.780	0.980	6.990	9.235	8.113	13.521	1.597	159.722
908	-2077	207	-20.770	1.035	7.000	9.290	8.145	13.575	1.576	157.639
906	-2000	366	-20.000	1.830	7.770	10.085	8.928	14.879	1.573	157.292
893	-1999	368	-19.990	1.840	7.780	10.095	8.938	14.896	1.550	155.035
900	-1863	694	-18.630	3.470	9.140	11.725	10.433	17.388	1.563	156.250

qu maks = 172.743



4. $B = 8 \text{ cm}$, $d/B = 0$

BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-3484	-2213	-34.840	-11.065	0	0	0	0	0	0
50	-3467	-2174	-34.670	-10.870	0.170	0.195	0.183	0.228	0.065	6.510
100	-3463	-2153	-34.630	-10.765	0.210	0.300	0.255	0.319	0.130	13.021
150	-3445	-2124	-34.450	-10.620	0.390	0.445	0.418	0.522	0.195	19.531
200	-3440	-2112	-34.400	-10.560	0.440	0.505	0.473	0.591	0.260	26.042
250	-3429	-2092	-34.290	-10.460	0.550	0.605	0.578	0.722	0.326	32.552
300	-3415	-2066	-34.150	-10.330	0.690	0.735	0.713	0.891	0.391	39.063
350	-3401	-2034	-34.010	-10.170	0.830	0.895	0.863	1.078	0.456	45.573
400	-3383	-1992	-33.830	-9.960	1.010	1.105	1.058	1.322	0.521	52.083
450	-3362	-1951	-33.620	-9.755	1.220	1.310	1.265	1.581	0.586	58.594
500	-3343	-1914	-33.430	-9.570	1.410	1.495	1.453	1.816	0.651	65.104
550	-3321	-1871	-33.210	-9.355	1.630	1.710	1.670	2.088	0.716	71.615
600	-3291	-1824	-32.910	-9.120	1.930	1.945	1.938	2.422	0.781	78.125
650	-3260	-1768	-32.600	-8.840	2.240	2.225	2.233	2.791	0.846	84.635
700	-3233	-1717	-32.330	-8.585	2.510	2.480	2.495	3.119	0.911	91.146
750	-3194	-1638	-31.940	-8.190	2.900	2.875	2.888	3.609	0.977	97.656
800	-3158	-1575	-31.580	-7.875	3.260	3.190	3.225	4.031	1.042	104.167
850	-3111	-1496	-31.110	-7.480	3.730	3.585	3.658	4.572	1.107	110.677
900	-3067	-1414	-30.670	-7.070	4.170	3.995	4.083	5.103	1.172	117.188
950	-3012	-1318	-30.120	-6.590	4.720	4.475	4.598	5.747	1.237	123.698
1000	-2922	-1180	-29.220	-5.900	5.620	5.165	5.393	6.741	1.302	130.208
1029	-2723	-848	-27.230	-4.240	7.610	6.825	7.218	9.022	1.340	133.984
1024	-2623	-678	-26.230	-3.390	8.610	7.675	8.143	10.178	1.333	133.333
1013	-2575	-607	-25.750	-3.035	9.090	8.030	8.560	10.700	1.319	131.901
1006	-2532	-527	-25.320	-2.635	9.520	8.430	8.975	11.219	1.310	130.990
1003	-2493	-456	-24.930	-2.280	9.910	8.785	9.348	11.684	1.306	130.599

qu maks = 133.984

5. $B = 8 \text{ cm}$, $d/B = 0,5$

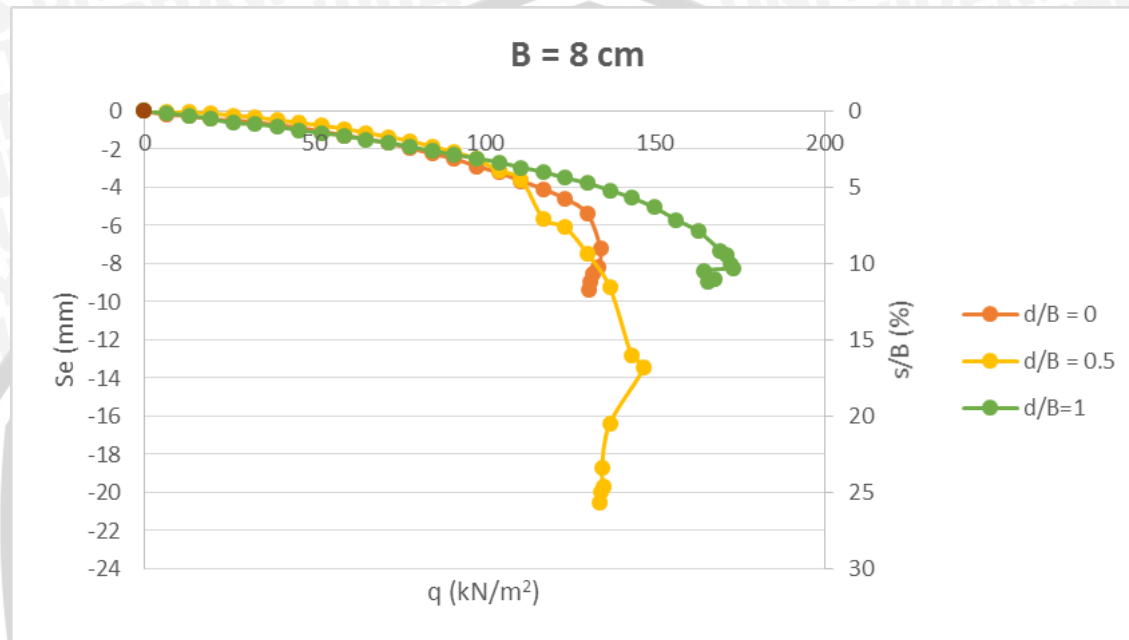
BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-4979	-1006	-49.790	-5.030	0	0	0	0	0	0
50	-4977	-1002	-49.770	-5.010	0.020	0.020	0.020	0.025	0.065	6.510
100	-4977	-988	-49.770	-4.940	0.020	0.090	0.055	0.069	0.130	13.021
150	-4976	-963	-49.760	-4.815	0.030	0.215	0.123	0.153	0.195	19.531
200	-4971	-937	-49.710	-4.685	0.080	0.345	0.212	0.266	0.260	26.042
250	-4966	-905	-49.660	-4.525	0.130	0.505	0.317	0.397	0.326	32.552
300	-4958	-866	-49.580	-4.330	0.210	0.700	0.455	0.569	0.391	39.063
350	-4949	-820	-49.490	-4.100	0.300	0.930	0.615	0.769	0.456	45.573
400	-4941	-782	-49.410	-3.910	0.380	1.120	0.750	0.937	0.521	52.083
450	-4931	-735	-49.310	-3.675	0.480	1.355	0.917	1.147	0.586	58.594
500	-4917	-680	-49.170	-3.400	0.620	1.630	1.125	1.406	0.651	65.104
550	-4901	-622	-49.010	-3.110	0.780	1.920	1.350	1.688	0.716	71.615
600	-4885	-573	-48.850	-2.865	0.940	2.165	1.553	1.941	0.781	78.125
650	-4862	-494	-48.620	-2.470	1.170	2.560	1.865	2.331	0.846	84.635
700	-4840	-427	-48.400	-2.135	1.390	2.895	2.143	2.678	0.911	91.146
750	-4812	-333	-48.120	-1.665	1.670	3.365	2.518	3.147	0.977	97.656
800	-4765	-185	-47.650	-0.925	2.140	4.105	3.123	3.903	1.042	104.167
850	-4728	-71	-47.280	-0.355	2.510	4.675	3.593	4.491	1.107	110.677
900	-4530	345	-45.300	1.725	4.490	6.755	5.623	7.028	1.172	117.188
950	-4475	427	-44.750	2.135	5.040	7.165	6.103	7.628	1.237	123.698
1000	-4333	699	-43.330	3.495	6.460	8.525	7.493	9.366	1.302	130.208
1050	-4160	1050	-41.600	5.250	8.190	10.280	9.235	11.544	1.367	136.719
1100	-3803	1777	-38.030	8.885	11.760	13.915	12.838	16.047	1.432	143.229
1127	-3750	1899	-37.500	9.495	12.290	14.525	13.408	16.759	1.467	146.745
1050	-3420	2432	-34.200	12.160	15.590	17.190	16.390	20.488	1.367	136.719
1032.5	-3154	2836	-31.540	14.180	18.250	19.210	18.730	23.413	1.344	134.440
1035.5	-3051	3023	-30.510	15.115	19.280	20.145	19.713	24.641	1.348	134.831
1031.5	-3026	3072	-30.260	15.360	19.530	20.390	19.960	24.950	1.343	134.310
1026.5	-2968	3174	-29.680	15.870	20.110	20.900	20.505	25.631	1.337	133.659

qu maks = 146.745

6. $B = 8 \text{ cm}$, $d/B = 1$

BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-2597	-3760	-25.970	-18.800	0	0	0	0	0	0
50	-2585	-3738	-25.850	-18.690	0.120	0.110	0.115	0.144	0.065	6.510
100	-2577	-3714	-25.770	-18.570	0.200	0.230	0.215	0.269	0.130	13.021
150	-2550	-3690	-25.500	-18.450	0.470	0.350	0.410	0.513	0.195	19.531
200	-2525	-3657	-25.250	-18.285	0.720	0.515	0.618	0.772	0.260	26.042
250	-2523	-3637	-25.230	-18.185	0.740	0.615	0.678	0.847	0.326	32.552
300	-2509	-3608	-25.090	-18.040	0.880	0.760	0.820	1.025	0.391	39.063
350	-2490	-3576	-24.900	-17.880	1.070	0.920	0.995	1.244	0.456	45.573
400	-2475	-3543	-24.750	-17.715	1.220	1.085	1.153	1.441	0.521	52.083
450	-2466	-3509	-24.660	-17.545	1.310	1.255	1.283	1.603	0.586	58.594
500	-2440	-3474	-24.400	-17.370	1.570	1.430	1.500	1.875	0.651	65.104
550	-2428	-3440	-24.280	-17.200	1.690	1.600	1.645	2.056	0.716	71.615
600	-2401	-3405	-24.010	-17.025	1.960	1.775	1.868	2.334	0.781	78.125
650	-2375	-3371	-23.750	-16.855	2.220	1.945	2.083	2.603	0.846	84.635
700	-2352	-3334	-23.520	-16.670	2.450	2.130	2.290	2.863	0.911	91.146
750	-2337	-3294	-23.370	-16.470	2.600	2.330	2.465	3.081	0.977	97.656
800	-2314	-3253	-23.140	-16.265	2.830	2.535	2.683	3.353	1.042	104.167
850	-2282	-3210	-22.820	-16.050	3.150	2.750	2.950	3.688	1.107	110.677
900	-2255	-3170	-22.550	-15.850	3.420	2.950	3.185	3.981	1.172	117.188
950	-2217	-3120	-22.170	-15.600	3.800	3.200	3.500	4.375	1.237	123.698
1000	-2188	-3068	-21.880	-15.340	4.090	3.460	3.775	4.719	1.302	130.208
1050	-2142	-3011	-21.420	-15.055	4.550	3.745	4.148	5.184	1.367	136.719
1100	-2097	-2943	-20.970	-14.715	5.000	4.085	4.543	5.678	1.432	143.229
1150	-2040	-2859	-20.400	-14.295	5.570	4.505	5.038	6.297	1.497	149.740
1200	-1956	-2762	-19.560	-13.810	6.410	4.990	5.700	7.125	1.563	156.250
1250	-1879	-2675	-18.790	-13.375	7.180	5.425	6.303	7.878	1.628	162.760
1300	-1750	-2529	-17.500	-12.645	8.470	6.155	7.313	9.141	1.693	169.271
1315	-1716	-2494	-17.160	-12.470	8.810	6.330	7.570	9.463	1.712	171.224
1322	-1673	-2402	-16.730	-12.010	9.240	6.790	8.015	10.019	1.721	172.135
1330	-1650	-2366	-16.500	-11.830	9.470	6.970	8.220	10.275	1.732	173.177
1263	-1636	-2334	-16.360	-11.670	9.610	7.130	8.370	10.463	1.645	164.453
1287	-1600	-2234	-16.000	-11.170	9.970	7.630	8.800	11.000	1.676	167.578
1271	-1563	-2236	-15.630	-11.180	10.340	7.620	8.980	11.225	1.655	165.495

qu maks = 173.177



7. $B = 10 \text{ cm}$, $d/B = 0$

BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-3544	-899	-35.440	-4.495	0	0	0	0	0	0
50	-3542	-821	-35.420	-4.105	0.020	0.390	0.205	0.205	0.052	5.208
100	-3542	-746	-35.420	-3.730	0.020	0.765	0.392	0.392	0.104	10.417
150	-3548	-678	-35.480	-3.390	-0.040	1.105	0.532	0.532	0.156	15.625
200	-3563	-608	-35.630	-3.040	-0.190	1.455	0.632	0.632	0.208	20.833
250	-3576	-537	-35.760	-2.685	-0.320	1.810	0.745	0.745	0.260	26.042
300	-3590	-463	-35.900	-2.315	-0.460	2.180	0.860	0.860	0.313	31.250
350	-3602	-388	-36.020	-1.940	-0.580	2.555	0.987	0.987	0.365	36.458
400	-3614	-309	-36.140	-1.545	-0.700	2.950	1.125	1.125	0.417	41.667
450	-3624	-234	-36.240	-1.170	-0.800	3.325	1.263	1.263	0.469	46.875
500	-3629	-156	-36.290	-0.780	-0.850	3.715	1.433	1.433	0.521	52.083
550	-3630	-74	-36.300	-0.370	-0.860	4.125	1.633	1.633	0.573	57.292
600	-3625	9	-36.250	0.045	-0.810	4.540	1.865	1.865	0.625	62.500
650	-3619	94	-36.190	0.470	-0.750	4.965	2.108	2.108	0.677	67.708
700	-3612	180	-36.120	0.900	-0.680	5.395	2.358	2.358	0.729	72.917
750	-3607	270	-36.070	1.350	-0.630	5.845	2.608	2.608	0.781	78.125
800	-3599	357	-35.990	1.785	-0.550	6.280	2.865	2.865	0.833	83.333
850	-3589	441	-35.890	2.205	-0.450	6.700	3.125	3.125	0.885	88.542
900	-3576	528	-35.760	2.640	-0.320	7.135	3.408	3.408	0.938	93.750
950	-3559	610	-35.590	3.050	-0.150	7.545	3.698	3.698	0.990	98.958
1000	-3547	694	-35.470	3.470	-0.030	7.965	3.968	3.968	1.042	104.167
1050	-3530	775	-35.300	3.875	0.140	8.370	4.255	4.255	1.094	109.375
1100	-3509	859	-35.090	4.295	0.350	8.790	4.570	4.570	1.146	114.583
1150	-3485	945	-34.850	4.725	0.590	9.220	4.905	4.905	1.198	119.792
1200	-3436	1028	-34.360	5.140	1.080	9.635	5.358	5.358	1.250	125.000
1250	-3384	1113	-33.840	5.565	1.600	10.060	5.830	5.830	1.302	130.208
1261	-3292	1200	-32.920	6.000	2.520	10.495	6.508	6.508	1.314	131.354
1275	-3197	1287	-31.970	6.435	3.470	10.930	7.200	7.200	1.328	132.813
1280	-3106	1434	-31.060	7.170	4.380	11.665	8.023	8.023	1.333	133.333
1287	-2958	1552	-29.580	7.760	5.860	12.255	9.058	9.058	1.341	134.063
1255	-2816	1651	-28.160	8.255	7.280	12.750	10.015	10.015	1.307	130.729
1280	-2710	1731	-27.100	8.655	8.340	13.150	10.745	10.745	1.333	133.333
1270	-2569	1823	-25.690	9.115	9.750	13.610	11.680	11.680	1.323	132.292
1275	-2428	1915	-24.280	9.575	11.160	14.070	12.615	12.615	1.328	132.813
1273	-2287	2007	-22.870	10.035	12.570	14.530	13.550	13.550	1.326	132.604

qu maks = 134.063

8. $B = 10 \text{ cm}$, $d/B = 0,5$

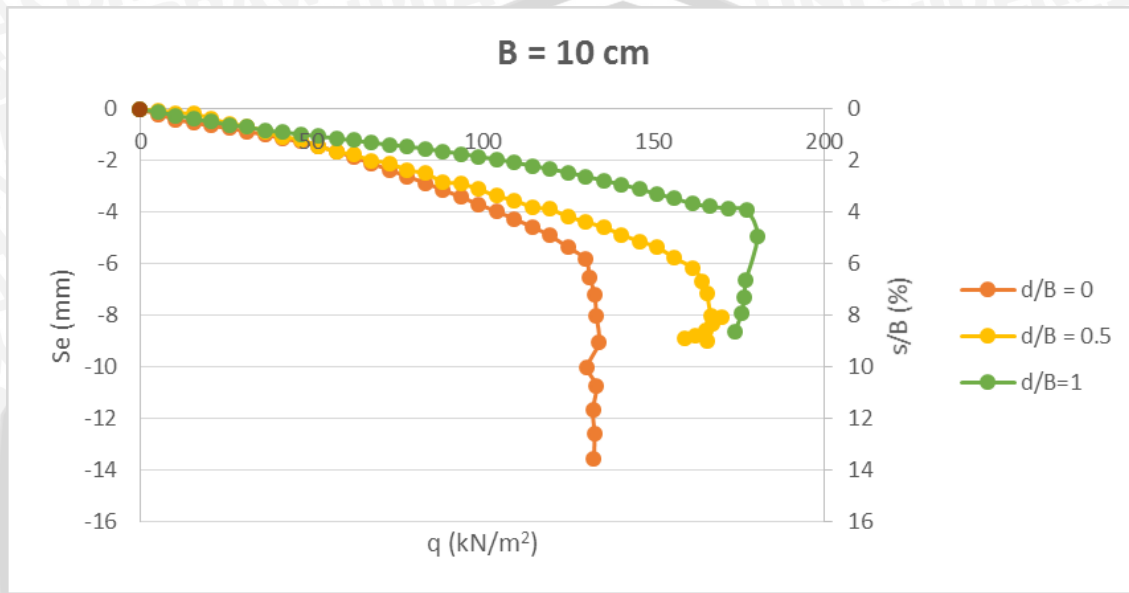
BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-4326	-270	-43.260	-1.350	0	0	0	0	0	0
50	-4324	-258	-43.240	-1.290	0.020	0.060	0.040	0.040	0.052	5.208
100	-4312	-244	-43.120	-1.220	0.140	0.130	0.135	0.135	0.104	10.417
150	-4309	-232	-43.090	-1.160	0.170	0.190	0.180	0.180	0.156	15.625
200	-4287	-207	-42.870	-1.035	0.390	0.315	0.353	0.353	0.208	20.833
250	-4268	-164	-42.680	-0.820	0.580	0.530	0.555	0.555	0.260	26.042
300	-4259	-144	-42.590	-0.720	0.670	0.630	0.650	0.650	0.313	31.250
350	-4233	-111	-42.330	-0.555	0.930	0.795	0.863	0.863	0.365	36.458
400	-4207	-75	-42.070	-0.375	1.190	0.975	1.083	1.083	0.417	41.667
450	-4205	-48	-42.050	-0.240	1.210	1.110	1.160	1.160	0.469	46.875
500	-4168	-12	-41.680	-0.060	1.580	1.290	1.435	1.435	0.521	52.083
550	-4146	22	-41.460	0.110	1.800	1.460	1.630	1.630	0.573	57.292
600	-4134	55	-41.340	0.275	1.920	1.625	1.773	1.773	0.625	62.500
650	-4107	85	-41.070	0.425	2.190	1.775	1.983	1.983	0.677	67.708
700	-4101	120	-41.010	0.600	2.250	1.950	2.100	2.100	0.729	72.917
750	-4062	147	-40.620	0.735	2.640	2.085	2.363	2.363	0.781	78.125
800	-4057	186	-40.570	0.930	2.690	2.280	2.485	2.485	0.833	83.333
850	-4018	242	-40.180	1.210	3.080	2.560	2.820	2.820	0.885	88.542
900	-4014	262	-40.140	1.310	3.120	2.660	2.890	2.890	0.938	93.750
950	-3991	301	-39.910	1.505	3.350	2.855	3.103	3.103	0.990	99.958
1000	-3957	339	-39.570	1.695	3.690	3.045	3.368	3.368	1.042	104.167
1050	-3944	379	-39.440	1.895	3.820	3.245	3.533	3.533	1.094	109.375
1100	-3913	423	-39.130	2.115	4.130	3.465	3.798	3.798	1.146	114.583
1150	-3915	461	-39.150	2.305	4.110	3.655	3.883	3.883	1.198	119.792
1200	-3883	508	-38.830	2.540	4.430	3.890	4.160	4.160	1.250	125.000
1250	-3862	551	-38.620	2.755	4.640	4.105	4.373	4.373	1.302	130.208
1300	-3848	605	-38.480	3.025	4.780	4.375	4.578	4.578	1.354	135.417
1350	-3814	653	-38.140	3.265	5.120	4.615	4.868	4.868	1.406	140.625
1400	-3792	713	-37.920	3.565	5.340	4.915	5.128	5.128	1.458	145.833
1450	-3773	766	-37.730	3.830	5.530	5.180	5.355	5.355	1.510	151.042
1500	-3743	875	-37.430	4.375	5.830	5.725	5.778	5.778	1.563	156.250
1550	-3706	953	-37.060	4.765	6.200	6.115	6.158	6.158	1.615	161.458
1578	-3662	1072	-36.620	5.360	6.640	6.710	6.675	6.675	1.644	164.375
1590	-3624	1187	-36.240	5.935	7.020	7.285	7.153	7.153	1.656	165.625
1603	-3556	1390	-35.560	6.950	7.700	8.300	8.000	8.000	1.670	166.979
1630	-3548	1409	-35.480	7.045	7.780	8.395	8.088	8.088	1.698	169.792
1606	-3528	1472	-35.280	7.360	7.980	8.710	8.345	8.345	1.673	167.292
1587	-3511	1541	-35.110	7.705	8.150	9.055	8.603	8.603	1.653	165.313
1557	-3488	1564	-34.880	7.820	8.380	9.170	8.775	8.775	1.622	162.188
1528	-3482	1593	-34.820	7.965	8.440	9.315	8.878	8.878	1.592	159.167
1590	-3476	1622	-34.760	8.110	8.500	9.460	8.980	8.980	1.656	165.625

qu maks = 169.792

9. $B = 10 \text{ cm}$, $d/B = 1$

BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-3907	-1852	-39.070	-9.260	0	0	0	0	0	0
50	-3899	-1827	-38.990	-9.135	0.080	0.125	0.102	0.102	0.052	5.208
100	-3888	-1794	-38.880	-8.970	0.190	0.290	0.240	0.240	0.104	10.417
150	-3879	-1762	-38.790	-8.810	0.280	0.450	0.365	0.365	0.156	15.625
200	-3869	-1732	-38.690	-8.660	0.380	0.600	0.490	0.490	0.208	20.833
250	-3859	-1707	-38.590	-8.535	0.480	0.725	0.602	0.602	0.260	26.042
300	-3851	-1687	-38.510	-8.435	0.560	0.825	0.693	0.693	0.313	31.250
350	-3840	-1661	-38.400	-8.305	0.670	0.955	0.813	0.813	0.365	36.458
400	-3834	-1645	-38.340	-8.225	0.730	1.035	0.882	0.882	0.417	41.667
450	-3827	-1625	-38.270	-8.125	0.800	1.135	0.967	0.967	0.469	46.875
500	-3820	-1607	-38.200	-8.035	0.870	1.225	1.048	1.048	0.521	52.083
550	-3813	-1588	-38.130	-7.940	0.940	1.320	1.130	1.130	0.573	57.292
600	-3806	-1570	-38.060	-7.850	1.010	1.410	1.210	1.210	0.625	62.500
650	-3799	-1549	-37.990	-7.745	1.080	1.515	1.298	1.298	0.677	67.708
700	-3792	-1530	-37.920	-7.650	1.150	1.610	1.380	1.380	0.729	72.917
750	-3785	-1520	-37.850	-7.600	1.220	1.660	1.440	1.440	0.781	78.125
800	-3777	-1498	-37.770	-7.490	1.300	1.770	1.535	1.535	0.833	83.333
850	-3769	-1476	-37.690	-7.380	1.380	1.880	1.630	1.630	0.885	88.542
900	-3760	-1455	-37.600	-7.275	1.470	1.985	1.728	1.728	0.938	93.750
950	-3750	-1430	-37.500	-7.150	1.570	2.110	1.840	1.840	0.990	98.958
1000	-3741	-1409	-37.410	-7.045	1.660	2.215	1.938	1.938	1.042	104.167
1050	-3730	-1382	-37.300	-6.910	1.770	2.350	2.060	2.060	1.094	109.375
1100	-3718	-1351	-37.180	-6.755	1.890	2.505	2.198	2.198	1.146	114.583
1150	-3706	-1325	-37.060	-6.625	2.010	2.635	2.323	2.323	1.198	119.792
1200	-3695	-1295	-36.950	-6.475	2.120	2.785	2.453	2.453	1.250	125.000
1250	-3681	-1261	-36.810	-6.305	2.260	2.955	2.608	2.608	1.302	130.208
1300	-3667	-1227	-36.670	-6.135	2.400	3.125	2.763	2.763	1.354	135.417
1350	-3653	-1193	-36.530	-5.965	2.540	3.295	2.918	2.918	1.406	140.625
1400	-3637	-1155	-36.370	-5.775	2.700	3.485	3.093	3.093	1.458	145.833
1450	-3619	-1113	-36.190	-5.565	2.880	3.695	3.288	3.288	1.510	151.042
1500	-3603	-1075	-36.030	-5.375	3.040	3.885	3.463	3.463	1.563	156.250
1550	-3585	-1031	-35.850	-5.155	3.220	4.105	3.663	3.663	1.615	161.458
1600	-3575	-1005	-35.750	-5.025	3.320	4.235	3.778	3.778	1.667	166.667
1650	-3568	-988	-35.680	-4.940	3.390	4.320	3.855	3.855	1.719	171.875
1701	-3562	-973	-35.620	-4.865	3.450	4.395	3.923	3.923	1.772	177.188
1732	-3472	-749	-34.720	-3.745	4.350	5.515	4.933	4.933	1.804	180.417
1700	-3319	-371	-33.190	-1.855	5.880	7.405	6.643	6.643	1.771	177.083
1695	-3263	-227	-32.630	-1.135	6.440	8.125	7.283	7.283	1.766	176.563
1688	-3211	-84	-32.110	-0.420	6.960	8.840	7.900	7.900	1.758	175.833
1669	-3146	72	-31.460	0.360	7.610	9.620	8.615	8.615	1.739	173.854

qu maks = 180.417



Pondasi menerus dengan perkuatan

1. $B = 6 \text{ cm}$, $d/B = 0$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-3794	-2597	-37.940	-12.985	0	0	0	0	0	0
50	-3743	-2510	-37.430	-12.550	0.510	0.435	0.472	0.787	0.087	8.681
100	-3692	-2406	-36.920	-12.030	1.020	0.955	0.987	1.646	0.174	17.361
150	-3636	-2304	-36.360	-11.520	1.580	1.465	1.523	2.538	0.260	26.042
200	-3582	-2207	-35.820	-11.035	2.120	1.950	2.035	3.392	0.347	34.722
250	-3547	-2138	-35.470	-10.690	2.470	2.295	2.383	3.971	0.434	43.403
300	-3511	-2078	-35.110	-10.390	2.830	2.595	2.713	4.521	0.521	52.083
350	-3477	-2032	-34.770	-10.160	3.170	2.825	2.998	4.996	0.608	60.764
400	-3452	-1990	-34.520	-9.950	3.420	3.035	3.228	5.379	0.694	69.444
450	-3423	-1952	-34.230	-9.760	3.710	3.225	3.468	5.779	0.781	78.125
500	-3398	-1916	-33.980	-9.580	3.960	3.405	3.683	6.137	0.868	86.806
550	-3373	-1882	-33.730	-9.410	4.210	3.575	3.893	6.487	0.955	95.486
600	-3351	-1852	-33.510	-9.260	4.430	3.725	4.078	6.796	1.042	104.167
650	-3321	-1818	-33.210	-9.090	4.730	3.895	4.313	7.188	1.128	112.847
700	-3302	-1787	-33.020	-8.935	4.920	4.050	4.485	7.475	1.215	121.528
750	-3276	-1753	-32.760	-8.765	5.180	4.220	4.700	7.833	1.302	130.208
800	-3252	-1712	-32.520	-8.560	5.420	4.425	4.923	8.204	1.389	138.889
850	-3225	-1676	-32.250	-8.380	5.690	4.605	5.148	8.579	1.476	147.569
900	-3208	-1630	-32.080	-8.150	5.860	4.835	5.348	8.913	1.563	156.250
950	-3180	-1603	-31.800	-8.015	6.140	4.970	5.555	9.258	1.649	164.931
1000	-3152	-1560	-31.520	-7.800	6.420	5.185	5.803	9.671	1.736	173.611
1050	-3123	-1516	-31.230	-7.580	6.710	5.405	6.058	10.096	1.823	182.292
1112	-3104	-1478	-31.040	-7.390	6.900	5.595	6.248	10.413	1.931	193.056
1092	-3041	-1385	-30.410	-6.925	7.530	6.060	6.795	11.325	1.896	189.583
1107	-3005	-1332	-30.050	-6.660	7.890	6.325	7.108	11.846	1.922	192.188
1087	-2973	-1290	-29.730	-6.450	8.210	6.535	7.373	12.288	1.887	188.715

qu maks = 193.056

2. $B = 6 \text{ cm}$, $d/B = 0,5$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

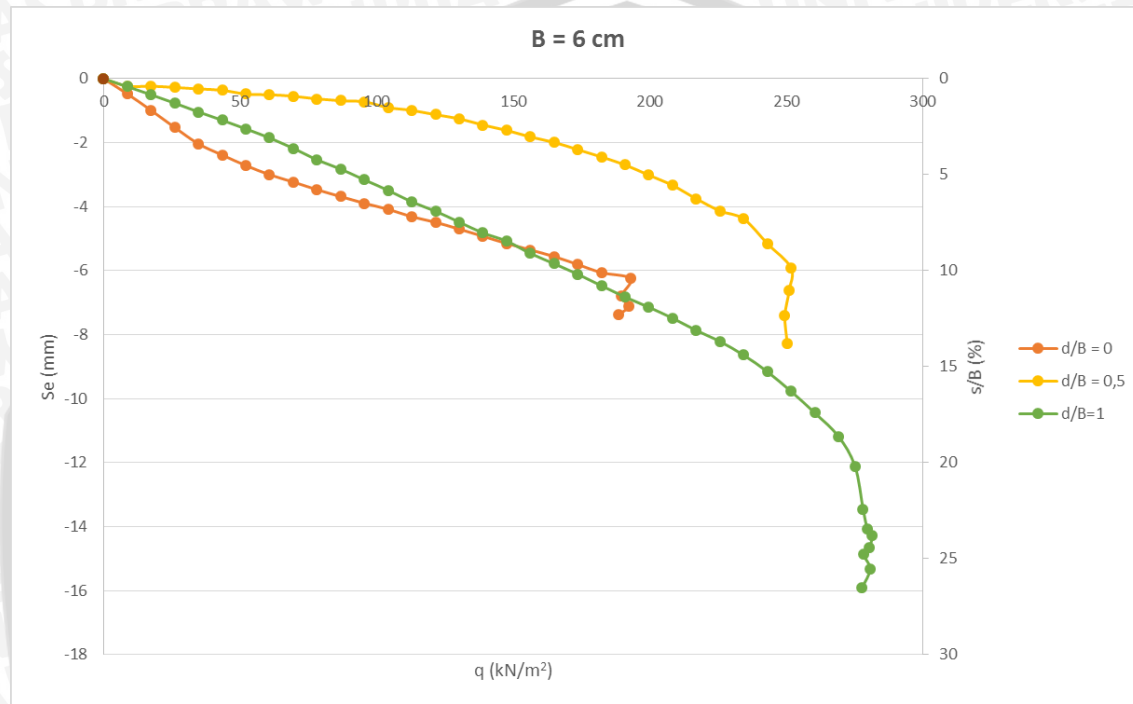
BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-2891	-3812	-28.910	-19.060	0	0	0	0	0	0
50	-2858	-3786	-28.580	-18.930	0.330	0.130	0.230	0.383	0.087	8.681
100	-2851	-3773	-28.510	-18.865	0.400	0.065	0.232	0.387	0.174	17.361
150	-2847	-3753	-28.470	-18.765	0.440	0.100	0.270	0.450	0.260	26.042
200	-2834	-3740	-28.340	-18.700	0.570	0.065	0.318	0.529	0.347	34.722
250	-2829	-3720	-28.290	-18.600	0.620	0.100	0.360	0.600	0.434	43.403
300	-2806	-3699	-28.060	-18.495	0.850	0.105	0.477	0.796	0.521	52.083
350	-2800	-3681	-28.000	-18.405	0.910	0.090	0.500	0.833	0.608	60.764
400	-2794	-3657	-27.940	-18.285	0.970	0.120	0.545	0.908	0.694	69.444
450	-2780	-3627	-27.800	-18.135	1.110	0.150	0.630	1.050	0.781	78.125
500	-2767	-3601	-27.670	-18.005	1.240	0.130	0.685	1.142	0.868	86.806
550	-2764	-3567	-27.640	-17.835	1.270	0.170	0.720	1.200	0.955	95.486
600	-2729	-3531	-27.290	-17.655	1.620	0.180	0.900	1.500	1.042	104.167
650	-2711	-3496	-27.110	-17.480	1.800	0.175	0.988	1.646	1.128	112.847
700	-2684	-3461	-26.840	-17.305	2.070	0.175	1.123	1.871	1.215	121.528
750	-2664	-3415	-26.640	-17.075	2.270	0.230	1.250	2.083	1.302	130.208
800	-2625	-3369	-26.250	-16.845	2.660	0.230	1.445	2.408	1.389	138.889
850	-2595	-3316	-25.950	-16.580	2.960	0.265	1.613	2.688	1.476	147.569
900	-2557	-3257	-25.570	-16.285	3.340	0.295	1.818	3.029	1.563	156.250
950	-2522	-3200	-25.220	-16.000	3.690	0.285	1.988	3.313	1.649	164.931
1000	-2479	-3138	-24.790	-15.690	4.120	0.310	2.215	3.692	1.736	173.611
1050	-2437	-3069	-24.370	-15.345	4.540	0.345	2.443	4.071	1.823	182.292
1100	-2390	-2994	-23.900	-14.970	5.010	0.375	2.693	4.488	1.910	190.972
1150	-2332	-2907	-23.320	-14.535	5.590	0.435	3.013	5.021	1.997	199.653
1200	-2273	-2811	-22.730	-14.055	6.180	0.480	3.330	5.550	2.083	208.333
1250	-2198	-2697	-21.980	-13.485	6.930	0.570	3.750	6.250	2.170	217.014
1300	-2122	-2583	-21.220	-12.915	7.690	0.570	4.130	6.883	2.257	225.694
1350	-2086	-2441	-20.860	-12.205	8.050	0.710	4.380	7.300	2.344	234.375
1400	-1938	-2286	-19.380	-11.430	9.530	0.775	5.153	8.588	2.431	243.056
1450	-1808	-2087	-18.080	-10.435	10.830	0.995	5.913	9.854	2.517	251.736
1446	-1671	-1877	-16.710	-9.385	12.200	1.050	6.625	11.042	2.510	251.042
1437	-1524	-1646	-15.240	-8.230	13.670	1.155	7.413	12.354	2.495	249.479
1442	-1359	-1399	-13.590	-6.995	15.320	1.235	8.278	13.796	2.503	250.347

qu maks = 251.736

3. $B = 6 \text{ cm}$, $d/B = 1$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-4208	-3574	-42.080	-17.870	0	0	0	0	0	0
50	-4178	-3536	-41.780	-17.680	0.300	0.190	0.245	0.408	0.087	8.681
100	-4147	-3496	-41.470	-17.480	0.610	0.390	0.500	0.833	0.174	17.361
150	-4117	-3451	-41.170	-17.255	0.910	0.615	0.762	1.271	0.260	26.042
200	-4083	-3409	-40.830	-17.045	1.250	0.825	1.038	1.729	0.347	34.722
250	-4054	-3364	-40.540	-16.820	1.540	1.050	1.295	2.158	0.434	43.403
300	-4020	-3323	-40.200	-16.615	1.880	1.255	1.568	2.613	0.521	52.083
350	-3989	-3273	-39.890	-16.365	2.190	1.505	1.848	3.079	0.608	60.764
400	-3954	-3213	-39.540	-16.065	2.540	1.805	2.173	3.621	0.694	69.444
450	-3916	-3145	-39.160	-15.725	2.920	2.145	2.533	4.221	0.781	78.125
500	-3885	-3091	-38.850	-15.455	3.230	2.415	2.823	4.704	0.868	86.806
550	-3850	-3026	-38.500	-15.130	3.580	2.740	3.160	5.267	0.955	95.486
600	-3820	-2955	-38.200	-14.775	3.880	3.095	3.488	5.813	1.042	104.167
650	-3780	-2891	-37.800	-14.455	4.280	3.415	3.848	6.413	1.128	112.847
700	-3749	-2836	-37.490	-14.180	4.590	3.690	4.140	6.900	1.215	121.528
750	-3719	-2760	-37.190	-13.800	4.890	4.070	4.480	7.467	1.302	130.208
800	-3684	-2695	-36.840	-13.475	5.240	4.395	4.818	8.029	1.389	138.889
850	-3659	-2643	-36.590	-13.215	5.490	4.655	5.073	8.454	1.476	147.569
900	-3620	-2567	-36.200	-12.835	5.880	5.035	5.458	9.096	1.563	156.250
950	-3590	-2499	-35.900	-12.495	6.180	5.375	5.778	9.629	1.649	164.931
1000	-3560	-2427	-35.600	-12.135	6.480	5.735	6.108	10.179	1.736	173.611
1050	-3528	-2346	-35.280	-11.730	6.800	6.140	6.470	10.783	1.823	182.292
1100	-3492	-2277	-34.920	-11.385	7.160	6.485	6.823	11.371	1.910	190.972
1150	-3461	-2212	-34.610	-11.060	7.470	6.810	7.140	11.900	1.997	199.653
1200	-3431	-2135	-34.310	-10.675	7.770	7.195	7.483	12.471	2.083	208.333
1250	-3396	-2052	-33.960	-10.260	8.120	7.610	7.865	13.108	2.170	217.014
1300	-3367	-1972	-33.670	-9.860	8.410	8.010	8.210	13.683	2.257	225.694
1350	-3322	-1891	-33.220	-9.455	8.860	8.415	8.638	14.396	2.344	234.375
1400	-3266	-1796	-32.660	-8.980	9.420	8.890	9.155	15.258	2.431	243.056
1450	-3192	-1698	-31.920	-8.490	10.160	9.380	9.770	16.283	2.517	251.736
1500	-3109	-1595	-31.090	-7.975	10.990	9.895	10.443	17.404	2.604	260.417
1550	-3017	-1485	-30.170	-7.425	11.910	10.445	11.178	18.629	2.691	269.097
1585	-2916	-1314	-29.160	-6.570	12.920	11.300	12.110	20.183	2.752	275.174
1602	-2764	-1080	-27.640	-5.400	14.440	12.470	13.455	22.425	2.781	278.125
1611	-2721	-922	-27.210	-4.610	14.870	13.260	14.065	23.442	2.797	279.688
1621	-2700	-878	-27.000	-4.390	15.080	13.480	14.280	23.800	2.814	281.424
1615	-2661	-805	-26.610	-4.025	15.470	13.845	14.658	24.429	2.804	280.382
1603	-2641	-760	-26.410	-3.800	15.670	14.070	14.870	24.783	2.783	278.299
1617	-2604	-654	-26.040	-3.270	16.040	14.600	15.320	25.533	2.807	280.729
1600	-2542	-543	-25.420	-2.715	16.660	15.155	15.908	26.513	2.778	277.778

qu maks = 281.424



4. $B = 8 \text{ cm}$, $d/B = 0$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-3648	-2727	-36.480	-13.635	0	0	0	0	0	0
50	-3639	-2695	-36.390	-13.475	0.090	0.160	0.125	0.156	0.065	6.510
100	-3632	-2679	-36.320	-13.395	0.160	0.240	0.200	0.250	0.130	13.021
150	-3625	-2666	-36.250	-13.330	0.230	0.305	0.268	0.334	0.195	19.531
200	-3618	-2654	-36.180	-13.270	0.300	0.365	0.333	0.416	0.260	26.042
250	-3608	-2642	-36.080	-13.210	0.400	0.425	0.413	0.516	0.326	32.552
300	-3600	-2632	-36.000	-13.160	0.480	0.475	0.478	0.597	0.391	39.063
350	-3591	-2620	-35.910	-13.100	0.570	0.535	0.553	0.691	0.456	45.573
400	-3581	-2600	-35.810	-13.000	0.670	0.635	0.653	0.816	0.521	52.083
450	-3573	-2595	-35.730	-12.975	0.750	0.660	0.705	0.881	0.586	58.594
500	-3562	-2581	-35.620	-12.905	0.860	0.730	0.795	0.994	0.651	65.104
550	-3551	-2566	-35.510	-12.830	0.970	0.805	0.888	1.109	0.716	71.615
600	-3539	-2546	-35.390	-12.730	1.090	0.905	0.998	1.247	0.781	78.125
650	-3528	-2530	-35.280	-12.650	1.200	0.985	1.093	1.366	0.846	84.635
700	-3515	-2510	-35.150	-12.550	1.330	1.085	1.208	1.509	0.911	91.146
750	-3502	-2489	-35.020	-12.445	1.460	1.190	1.325	1.656	0.977	97.656
800	-3488	-2465	-34.880	-12.325	1.600	1.310	1.455	1.819	1.042	104.167
850	-3473	-2442	-34.730	-12.210	1.750	1.425	1.588	1.984	1.107	110.677
900	-3457	-2417	-34.570	-12.085	1.910	1.550	1.730	2.163	1.172	117.188
950	-3441	-2389	-34.410	-11.945	2.070	1.690	1.880	2.350	1.237	123.698
1000	-3425	-2362	-34.250	-11.810	2.230	1.825	2.028	2.534	1.302	130.208
1050	-3407	-2332	-34.070	-11.660	2.410	1.975	2.193	2.741	1.367	136.719
1100	-3393	-2302	-33.930	-11.510	2.550	2.125	2.338	2.922	1.432	143.229
1150	-3373	-2265	-33.730	-11.325	2.750	2.310	2.530	3.163	1.497	149.740
1200	-3354	-2234	-33.540	-11.170	2.940	2.465	2.703	3.378	1.563	156.250
1250	-3333	-2199	-33.330	-10.995	3.150	2.640	2.895	3.619	1.628	162.760
1300	-3315	-2167	-33.150	-10.835	3.330	2.800	3.065	3.831	1.693	169.271
1350	-3295	-2132	-32.950	-10.660	3.530	2.975	3.253	4.066	1.758	175.781
1400	-3275	-2093	-32.750	-10.465	3.730	3.170	3.450	4.313	1.823	182.292
1450	-3253	-2055	-32.530	-10.275	3.950	3.360	3.655	4.569	1.888	188.802
1500	-3229	-2012	-32.290	-10.060	4.190	3.575	3.883	4.853	1.953	195.313
1550	-3209	-1974	-32.090	-9.870	4.390	3.765	4.078	5.097	2.018	201.823
1600	-3189	-1933	-31.890	-9.665	4.590	3.970	4.280	5.350	2.083	208.333
1650	-3164	-1888	-31.640	-9.440	4.840	4.195	4.518	5.647	2.148	214.844
1681	-3140	-1845	-31.400	-9.225	5.080	4.410	4.745	5.931	2.189	218.880
1667	-3116	-1795	-31.160	-8.975	5.320	4.660	4.990	6.238	2.171	217.057
1642	-3086	-1742	-30.860	-8.710	5.620	4.925	5.273	6.591	2.138	213.802
1638	-3060	-1691	-30.600	-8.455	5.880	5.180	5.530	6.913	2.133	213.281
1609	-3027	-1628	-30.270	-8.140	6.210	5.495	5.853	7.316	2.095	209.505
1619	-2996	-1569	-29.960	-7.845	6.520	5.790	6.155	7.694	2.108	210.807

qu maks = 218.880

5. $B = 8 \text{ cm}$, $d/B = 0,5$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-4025	-2349	-40.250	-11.745	0	0	0	0	0	0
50	-4021	-2341	-40.210	-11.705	0.040	0.040	0.040	0.050	0.065	6.510
100	-4016	-2330	-40.160	-11.650	0.090	0.055	0.072	0.091	0.130	13.021
150	-4017	-2317	-40.170	-11.585	0.080	0.065	0.072	0.091	0.195	19.531
200	-4017	-2309	-40.170	-11.545	0.080	0.040	0.060	0.075	0.260	26.042
250	-4016	-2298	-40.160	-11.490	0.090	0.055	0.072	0.091	0.326	32.552
300	-4010	-2280	-40.100	-11.400	0.150	0.090	0.120	0.150	0.391	39.063
350	-4004	-2265	-40.040	-11.325	0.210	0.075	0.143	0.178	0.456	45.573
400	-3997	-2248	-39.970	-11.240	0.280	0.085	0.183	0.228	0.521	52.083
450	-3989	-2228	-39.890	-11.140	0.360	0.100	0.230	0.287	0.586	58.594
500	-3976	-2207	-39.760	-11.035	0.490	0.105	0.298	0.372	0.651	65.104
550	-3969	-2187	-39.690	-10.935	0.560	0.100	0.330	0.413	0.716	71.615
600	-3958	-2165	-39.580	-10.825	0.670	0.110	0.390	0.488	0.781	78.125
650	-3942	-2139	-39.420	-10.695	0.830	0.130	0.480	0.600	0.846	84.635
700	-3926	-2113	-39.260	-10.565	0.990	0.130	0.560	0.700	0.911	91.146
750	-3911	-2087	-39.110	-10.435	1.140	0.130	0.635	0.794	0.977	97.656
800	-3884	-2059	-38.840	-10.295	1.410	0.140	0.775	0.969	1.042	104.167
850	-3873	-2026	-38.730	-10.130	1.520	0.165	0.842	1.053	1.107	110.677
900	-3854	-1995	-38.540	-9.975	1.710	0.155	0.933	1.166	1.172	117.188
950	-3832	-1964	-38.320	-9.820	1.930	0.155	1.043	1.303	1.237	123.698
1000	-3807	-1926	-38.070	-9.630	2.180	0.190	1.185	1.481	1.302	130.208
1050	-3783	-1889	-37.830	-9.445	2.420	0.185	1.303	1.628	1.367	136.719
1100	-3755	-1852	-37.550	-9.260	2.700	0.185	1.443	1.803	1.432	143.229
1150	-3725	-1808	-37.250	-9.040	3.000	0.220	1.610	2.013	1.497	149.740
1200	-3693	-1765	-36.930	-8.825	3.320	0.215	1.768	2.209	1.563	156.250
1250	-3663	-1719	-36.630	-8.595	3.620	0.230	1.925	2.406	1.628	162.760
1300	-3628	-1670	-36.280	-8.350	3.970	0.245	2.108	2.634	1.693	169.271
1350	-3591	-1610	-35.910	-8.050	4.340	0.300	2.320	2.900	1.758	175.781
1400	-3550	-1549	-35.500	-7.745	4.750	0.305	2.528	3.159	1.823	182.292
1450	-3503	-1482	-35.030	-7.410	5.220	0.335	2.778	3.472	1.888	188.802
1500	-3457	-1413	-34.570	-7.065	5.680	0.345	3.013	3.766	1.953	195.313
1550	-3367	-1298	-33.670	-6.490	6.580	0.575	3.578	4.472	2.018	201.823
1600	-3285	-1156	-32.850	-5.780	7.400	0.710	4.055	5.069	2.083	208.333
1650	-3195	-996	-31.950	-4.980	8.300	0.800	4.550	5.688	2.148	214.844
1700	-3126	-871	-31.260	-4.355	8.990	0.625	4.808	6.009	2.214	221.354
1750	-3057	-733	-30.570	-3.665	9.680	0.690	5.185	6.481	2.279	227.865
1800	-2962	-556	-29.620	-2.780	10.630	0.885	5.758	7.197	2.344	234.375
1850	-2880	-401	-28.800	-2.005	11.450	0.775	6.113	7.641	2.409	240.885
1900	-2798	-240	-27.980	-1.200	12.270	0.805	6.538	8.172	2.474	247.396
1950	-2706	-84	-27.060	-0.420	13.190	0.780	6.985	8.731	2.539	253.906
2015	-2632	53	-26.320	0.265	13.930	0.685	7.308	9.134	2.624	262.370
1978	-2554	211	-25.540	1.055	14.710	0.790	7.750	9.688	2.576	257.552
1957	-2437	398	-24.370	1.990	15.880	0.935	8.408	10.509	2.548	254.818
1940	-2340	566	-23.400	2.830	16.850	0.840	8.845	11.056	2.526	252.604
1986	-2269	643	-22.690	3.215	17.560	0.385	8.973	11.216	2.586	258.594

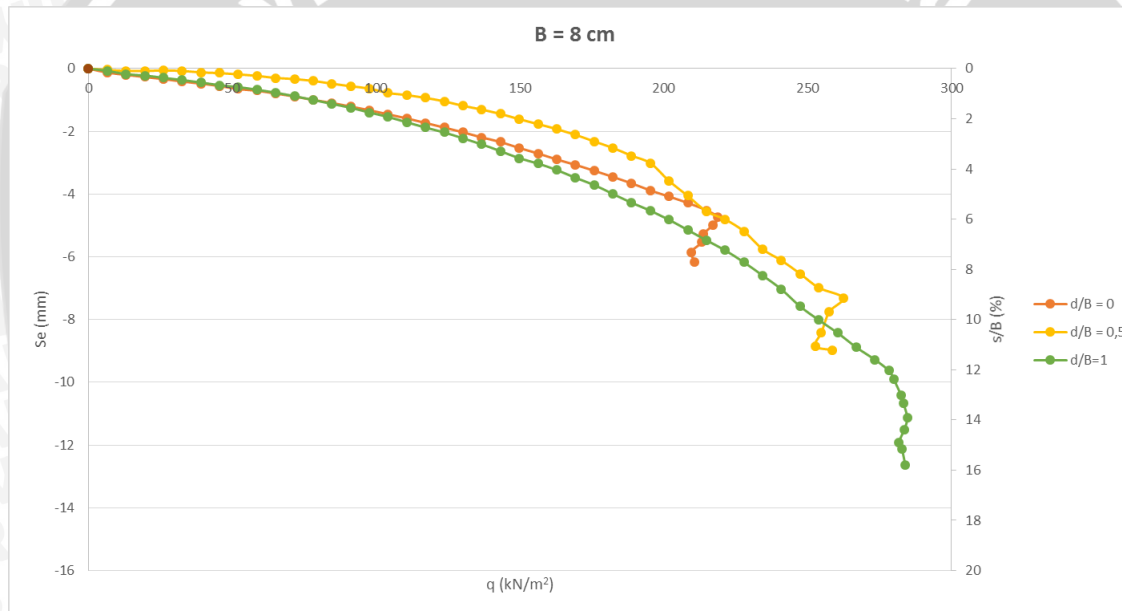
qu maks = 262.370

6. $B = 8 \text{ cm}$, $d/B = 1$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-2287	-3358	-22.870	-16.790	0	0	0	0	0	0
50	-2280	-3344	-22.800	-16.720	0.070	0.070	0.070	0.088	0.065	6.510
100	-2267	-3328	-22.670	-16.640	0.200	0.150	0.175	0.219	0.130	13.021
150	-2265	-3314	-22.650	-16.570	0.220	0.220	0.220	0.275	0.195	19.531
200	-2259	-3297	-22.590	-16.485	0.280	0.305	0.293	0.366	0.260	26.042
250	-2252	-3283	-22.520	-16.415	0.350	0.375	0.363	0.453	0.326	32.552
300	-2247	-3262	-22.470	-16.310	0.400	0.480	0.440	0.550	0.391	39.063
350	-2237	-3247	-22.370	-16.235	0.500	0.555	0.528	0.659	0.456	45.573
400	-2231	-3235	-22.310	-16.175	0.560	0.615	0.588	0.734	0.521	52.083
450	-2223	-3217	-22.230	-16.085	0.640	0.705	0.673	0.841	0.586	58.594
500	-2213	-3200	-22.130	-16.000	0.740	0.790	0.765	0.956	0.651	65.104
550	-2202	-3177	-22.020	-15.885	0.850	0.905	0.878	1.097	0.716	71.615
600	-2189	-3155	-21.890	-15.775	0.980	1.015	0.998	1.247	0.781	78.125
650	-2176	-3130	-21.760	-15.650	1.110	1.140	1.125	1.406	0.846	84.635
700	-2164	-3105	-21.640	-15.525	1.230	1.265	1.248	1.559	0.911	91.146
750	-2148	-3077	-21.480	-15.385	1.390	1.405	1.398	1.747	0.977	97.656
800	-2133	-3050	-21.330	-15.250	1.540	1.540	1.540	1.925	1.042	104.167
850	-2115	-3018	-21.150	-15.090	1.720	1.700	1.710	2.138	1.107	110.677
900	-2097	-2986	-20.970	-14.930	1.900	1.860	1.880	2.350	1.172	117.188
950	-2081	-2956	-20.810	-14.780	2.060	2.010	2.035	2.544	1.237	123.698
1000	-2061	-2922	-20.610	-14.610	2.260	2.180	2.220	2.775	1.302	130.208
1050	-2040	-2887	-20.400	-14.435	2.470	2.355	2.413	3.016	1.367	136.719
1100	-2020	-2840	-20.200	-14.200	2.670	2.590	2.630	3.288	1.432	143.229
1150	-1990	-2810	-19.900	-14.050	2.970	2.740	2.855	3.569	1.497	149.740
1200	-1974	-2774	-19.740	-13.870	3.130	2.920	3.025	3.781	1.563	156.250
1250	-1952	-2736	-19.520	-13.680	3.350	3.110	3.230	4.038	1.628	162.760
1300	-1925	-2690	-19.250	-13.450	3.620	3.340	3.480	4.350	1.693	169.271
1350	-1901	-2647	-19.010	-13.235	3.860	3.555	3.708	4.634	1.758	175.781
1400	-1871	-2592	-18.710	-12.960	4.160	3.830	3.995	4.994	1.823	182.292
1450	-1840	-2542	-18.400	-12.710	4.470	4.080	4.275	5.344	1.888	188.802
1500	-1813	-2496	-18.130	-12.480	4.740	4.310	4.525	5.656	1.953	195.313
1550	-1780	-2445	-17.800	-12.225	5.070	4.565	4.818	6.022	2.018	201.823
1600	-1743	-2388	-17.430	-11.940	5.440	4.850	5.145	6.431	2.083	208.333
1650	-1708	-2327	-17.080	-11.635	5.790	5.155	5.473	6.841	2.148	214.844
1700	-1679	-2257	-16.790	-11.285	6.080	5.505	5.793	7.241	2.214	221.354
1750	-1644	-2175	-16.440	-10.875	6.430	5.915	6.173	7.716	2.279	227.865
1800	-1605	-2085	-16.050	-10.425	6.820	6.365	6.593	8.241	2.344	234.375
1850	-1564	-1990	-15.640	-9.950	7.230	6.840	7.035	8.794	2.409	240.885
1900	-1509	-1882	-15.090	-9.410	7.780	7.380	7.580	9.475	2.474	247.396
1950	-1467	-1792	-14.670	-8.960	8.200	7.830	8.015	10.019	2.539	253.906
2000	-1428	-1707	-14.280	-8.535	8.590	8.255	8.423	10.528	2.604	260.417

2050	-1376	-1627	-13.760	-8.135	9.110	8.655	8.883	11.103	2.669	266.927
2100	-1334	-1552	-13.340	-7.760	9.530	9.030	9.280	11.600	2.734	273.438
2137	-1306	-1469	-13.060	-7.345	9.810	9.445	9.628	12.034	2.783	278.255
2150	-1277	-1417	-12.770	-7.085	10.100	9.705	9.903	12.378	2.799	279.948
2169	-1220	-1332	-12.200	-6.660	10.670	10.130	10.400	13.000	2.824	282.422
2176	-1190	-1281	-11.900	-6.405	10.970	10.385	10.678	13.347	2.833	283.333
2186	-1144	-1191	-11.440	-5.955	11.430	10.835	11.133	13.916	2.846	284.635
2178	-1111	-1106	-11.110	-5.530	11.760	11.260	11.510	14.388	2.836	283.594
2164	-1069	-1028	-10.690	-5.140	12.180	11.650	11.915	14.894	2.818	281.771
2172	-1050	-977	-10.500	-4.885	12.370	11.905	12.138	15.172	2.828	282.813
2181	-989	-895	-9.890	-4.475	12.980	12.315	12.648	15.809	2.840	283.984

qu maks = 284.635



7. $B = 10 \text{ cm}$, $d/B = 0$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-3508	-3092	-35.080	-15.460	0	0	0	0	0	0
50	-3492	-3092	-34.920	-15.460	0.160	0.000	0.080	0.080	0.052	5.208
100	-3483	-3075	-34.830	-15.375	0.250	0.085	0.168	0.168	0.104	10.417
150	-3476	-3060	-34.760	-15.300	0.320	0.160	0.240	0.240	0.156	15.625
200	-3471	-3048	-34.710	-15.240	0.370	0.220	0.295	0.295	0.208	20.833
250	-3465	-3034	-34.650	-15.170	0.430	0.290	0.360	0.360	0.260	26.042
300	-3459	-3021	-34.590	-15.105	0.490	0.355	0.422	0.422	0.313	31.250
350	-3451	-3004	-34.510	-15.020	0.570	0.440	0.505	0.505	0.365	36.458
400	-3442	-2986	-34.420	-14.930	0.660	0.530	0.595	0.595	0.417	41.667
450	-3436	-2969	-34.360	-14.845	0.720	0.615	0.668	0.668	0.469	46.875
500	-3429	-2960	-34.290	-14.800	0.790	0.660	0.725	0.725	0.521	52.083
550	-3420	-2950	-34.200	-14.750	0.880	0.710	0.795	0.795	0.573	57.292
600	-3411	-2925	-34.110	-14.625	0.970	0.835	0.903	0.903	0.625	62.500
650	-3401	-2900	-34.010	-14.500	1.070	0.960	1.015	1.015	0.677	67.708
700	-3392	-2880	-33.920	-14.400	1.160	1.060	1.110	1.110	0.729	72.917
750	-3384	-2871	-33.840	-14.355	1.240	1.105	1.173	1.173	0.781	78.125
800	-3376	-2850	-33.760	-14.250	1.320	1.210	1.265	1.265	0.833	83.333
850	-3365	-2821	-33.650	-14.105	1.430	1.355	1.393	1.393	0.885	88.542
900	-3353	-2788	-33.530	-13.940	1.550	1.520	1.535	1.535	0.938	93.750
950	-3337	-2766	-33.370	-13.830	1.710	1.630	1.670	1.670	0.990	98.958
1000	-3328	-2740	-33.280	-13.700	1.800	1.760	1.780	1.780	1.042	104.167
1050	-3318	-2718	-33.180	-13.590	1.900	1.870	1.885	1.885	1.094	109.375
1100	-3305	-2708	-33.050	-13.540	2.030	1.920	1.975	1.975	1.146	114.583
1150	-3293	-2672	-32.930	-13.360	2.150	2.100	2.125	2.125	1.198	119.792
1200	-3280	-2651	-32.800	-13.255	2.280	2.205	2.243	2.243	1.250	125.000
1250	-3268	-2622	-32.680	-13.110	2.400	2.350	2.375	2.375	1.302	130.208
1300	-3254	-2602	-32.540	-13.010	2.540	2.450	2.495	2.495	1.354	135.417
1350	-3236	-2572	-32.360	-12.860	2.720	2.600	2.660	2.660	1.406	140.625
1400	-3226	-2550	-32.260	-12.750	2.820	2.710	2.765	2.765	1.458	145.833
1450	-3210	-2521	-32.100	-12.605	2.980	2.855	2.918	2.918	1.510	151.042
1500	-3197	-2493	-31.970	-12.465	3.110	2.995	3.053	3.053	1.563	156.250

1550	-3183	-2462	-31.830	-12.310	3.250	3.150	3.200	3.200	1.615	161.458
1600	-3168	-2431	-31.680	-12.155	3.400	3.305	3.353	3.353	1.667	166.667
1650	-3150	-2400	-31.500	-12.000	3.580	3.460	3.520	3.520	1.719	171.875
1700	-3134	-2367	-31.340	-11.835	3.740	3.625	3.683	3.683	1.771	177.083
1750	-3119	-2336	-31.190	-11.680	3.890	3.780	3.835	3.835	1.823	182.292
1800	-3100	-2294	-31.000	-11.470	4.080	3.990	4.035	4.035	1.875	187.500
1850	-3085	-2264	-30.850	-11.320	4.230	4.140	4.185	4.185	1.927	192.708
1900	-3066	-2231	-30.660	-11.155	4.420	4.305	4.363	4.363	1.979	197.917
1950	-3048	-2191	-30.480	-10.955	4.600	4.505	4.553	4.553	2.031	203.125
2000	-3031	-2168	-30.310	-10.840	4.770	4.620	4.695	4.695	2.083	208.333
2050	-3009	-2118	-30.090	-10.590	4.990	4.870	4.930	4.930	2.135	213.542
2100	-2993	-2090	-29.930	-10.450	5.150	5.010	5.080	5.080	2.188	218.750
2150	-2973	-2054	-29.730	-10.270	5.350	5.190	5.270	5.270	2.240	223.958
2200	-2950	-2002	-29.500	-10.010	5.580	5.450	5.515	5.515	2.292	229.167
2250	-2929	-1960	-29.290	-9.800	5.790	5.660	5.725	5.725	2.344	234.375
2312	-2910	-1922	-29.100	-9.610	5.980	5.850	5.915	5.915	2.408	240.833
2292	-2884	-1850	-28.840	-9.250	6.240	6.210	6.225	6.225	2.388	238.750
2265	-2841	-1801	-28.410	-9.005	6.670	6.455	6.563	6.563	2.359	235.938
2234	-2815	-1750	-28.150	-8.750	6.930	6.710	6.820	6.820	2.327	232.708
2271	-2789	-1692	-27.890	-8.460	7.190	7.000	7.095	7.095	2.366	236.563
2241	-2751	-1636	-27.510	-8.180	7.570	7.280	7.425	7.425	2.334	233.438

qu maks = 240.833

8. $B = 10 \text{ cm}$, $d/B = 0,5$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-4115	-3803	-41.150	-19.015	0	0	0	0	0	0
50	-4099	-3769	-40.990	-18.845	0.160	0.170	0.165	0.165	0.052	5.208
100	-4086	-3736	-40.860	-18.680	0.290	0.335	0.313	0.313	0.104	10.417
150	-4074	-3704	-40.740	-18.520	0.410	0.495	0.452	0.452	0.156	15.625
200	-4066	-3678	-40.660	-18.390	0.490	0.625	0.557	0.557	0.208	20.833
250	-4052	-3638	-40.520	-18.190	0.630	0.825	0.727	0.727	0.260	26.042
300	-4038	-3600	-40.380	-18.000	0.770	1.015	0.892	0.892	0.313	31.250
350	-4029	-3570	-40.290	-17.850	0.860	1.165	1.013	1.013	0.365	36.458
400	-4024	-3538	-40.240	-17.690	0.910	1.325	1.118	1.118	0.417	41.667
450	-4009	-3509	-40.090	-17.545	1.060	1.470	1.265	1.265	0.469	46.875
500	-3996	-3470	-39.960	-17.350	1.190	1.665	1.428	1.428	0.521	52.083
550	-3984	-3443	-39.840	-17.215	1.310	1.800	1.555	1.555	0.573	57.292
600	-3975	-3407	-39.750	-17.035	1.400	1.980	1.690	1.690	0.625	62.500
650	-3962	-3372	-39.620	-16.860	1.530	2.155	1.843	1.843	0.677	67.708
700	-3950	-3339	-39.500	-16.695	1.650	2.320	1.985	1.985	0.729	72.917
750	-3933	-3298	-39.330	-16.490	1.820	2.525	2.173	2.173	0.781	78.125
800	-3917	-3254	-39.170	-16.270	1.980	2.745	2.363	2.363	0.833	83.333
850	-3902	-3213	-39.020	-16.065	2.130	2.950	2.540	2.540	0.885	88.542
900	-3885	-3175	-38.850	-15.875	2.300	3.140	2.720	2.720	0.938	93.750
950	-3871	-3143	-38.710	-15.715	2.440	3.300	2.870	2.870	0.990	98.958
1000	-3855	-3105	-38.550	-15.525	2.600	3.490	3.045	3.045	1.042	104.167
1050	-3838	-3068	-38.380	-15.340	2.770	3.675	3.223	3.223	1.094	109.375
1100	-3820	-3034	-38.200	-15.170	2.950	3.845	3.398	3.398	1.146	114.583
1150	-3803	-2999	-38.030	-14.995	3.120	4.020	3.570	3.570	1.198	119.792
1200	-3781	-2962	-37.810	-14.810	3.340	4.205	3.773	3.773	1.250	125.000
1250	-3761	-2923	-37.610	-14.615	3.540	4.400	3.970	3.970	1.302	130.208
1300	-3741	-2886	-37.410	-14.430	3.740	4.585	4.163	4.163	1.354	135.417
1350	-3716	-2846	-37.160	-14.230	3.990	4.785	4.388	4.388	1.406	140.625
1400	-3692	-2803	-36.920	-14.015	4.230	5.000	4.615	4.615	1.458	145.833
1450	-3671	-2770	-36.710	-13.850	4.440	5.165	4.803	4.803	1.510	151.042
1500	-3642	-2722	-36.420	-13.610	4.730	5.405	5.068	5.068	1.563	156.250
1550	-3613	-2673	-36.130	-13.365	5.020	5.650	5.335	5.335	1.615	161.458
1600	-3591	-2639	-35.910	-13.195	5.240	5.820	5.530	5.530	1.667	166.667
1650	-3561	-2591	-35.610	-12.955	5.540	6.060	5.800	5.800	1.719	171.875
1700	-3522	-2530	-35.220	-12.650	5.930	6.365	6.148	6.148	1.771	177.083

1750	-3498	-2492	-34.980	-12.460	6.170	6.555	6.363	6.363	1.823	182.292
1800	-3458	-2431	-34.580	-12.155	6.570	6.860	6.715	6.715	1.875	187.500
1850	-3429	-2380	-34.290	-11.900	6.860	7.115	6.988	6.988	1.927	192.708
1900	-3392	-2326	-33.920	-11.630	7.230	7.385	7.308	7.308	1.979	197.917
1950	-3355	-2267	-33.550	-11.335	7.600	7.680	7.640	7.640	2.031	203.125
2000	-3316	-2203	-33.160	-11.015	7.990	8.000	7.995	7.995	2.083	208.333
2050	-3260	-2115	-32.600	-10.575	8.550	8.440	8.495	8.495	2.135	213.542
2100	-3225	-2058	-32.250	-10.290	8.900	8.725	8.813	8.813	2.188	218.750
2150	-3175	-1974	-31.750	-9.870	9.400	9.145	9.273	9.273	2.240	223.958
2200	-3114	-1881	-31.140	-9.405	10.010	9.610	9.810	9.810	2.292	229.167
2250	-3065	-1795	-30.650	-8.975	10.500	10.040	10.270	10.270	2.344	234.375
2300	-3018	-1725	-30.180	-8.625	10.970	10.390	10.680	10.680	2.396	239.583
2350	-2952	-1603	-29.520	-8.015	11.630	11.000	11.315	11.315	2.448	244.792
2400	-2898	-1514	-28.980	-7.570	12.170	11.445	11.808	11.808	2.500	250.000
2450	-2836	-1416	-28.360	-7.080	12.790	11.935	12.363	12.363	2.552	255.208
2501	-2785	-1332	-27.850	-6.660	13.300	12.355	12.828	12.828	2.605	260.521
2493	-2767	-1302	-27.670	-6.510	13.480	12.505	12.993	12.993	2.597	259.688
2479	-2738	-1254	-27.380	-6.270	13.770	12.745	13.258	13.258	2.582	258.229
2503	-2715	-1216	-27.150	-6.080	14.000	12.935	13.468	13.468	2.607	260.729
2550	-2675	-1095	-26.750	-5.475	14.400	13.540	13.970	13.970	2.656	265.625
2603	-2618	-1014	-26.180	-5.070	14.970	13.945	14.458	14.458	2.711	271.146
2649	-2561	-933	-25.610	-4.665	15.540	14.350	14.945	14.945	2.759	275.938
2704	-2504	-852	-25.040	-4.260	16.110	14.755	15.433	15.433	2.817	281.667
2753	-2447	-771	-24.470	-3.855	16.680	15.160	15.920	15.920	2.868	286.771
2801	-2390	-690	-23.900	-3.450	17.250	15.565	16.408	16.408	2.918	291.771
2852	-2333	-609	-23.330	-3.045	17.820	15.970	16.895	16.895	2.971	297.083
2906	-2276	-528	-22.760	-2.640	18.390	16.375	17.383	17.383	3.027	302.708
2952	-2219	-447	-22.190	-2.235	18.960	16.780	17.870	17.870	3.075	307.500
3000	-2162	-366	-21.620	-1.830	19.530	17.185	18.358	18.358	3.125	312.500
3054	-2105	-285	-21.050	-1.425	20.100	17.590	18.845	18.845	3.181	318.125
2996	-2048	-174	-20.480	-0.870	20.670	18.145	19.408	19.408	3.121	312.083
2964	-1991	-93	-19.910	-0.465	21.240	18.550	19.895	19.895	3.088	308.750
2986	-1934	-42	-19.340	-0.210	21.810	18.805	20.308	20.308	3.110	311.042
2980	-1877	50	-18.770	0.250	22.380	19.265	20.823	20.823	3.104	310.417

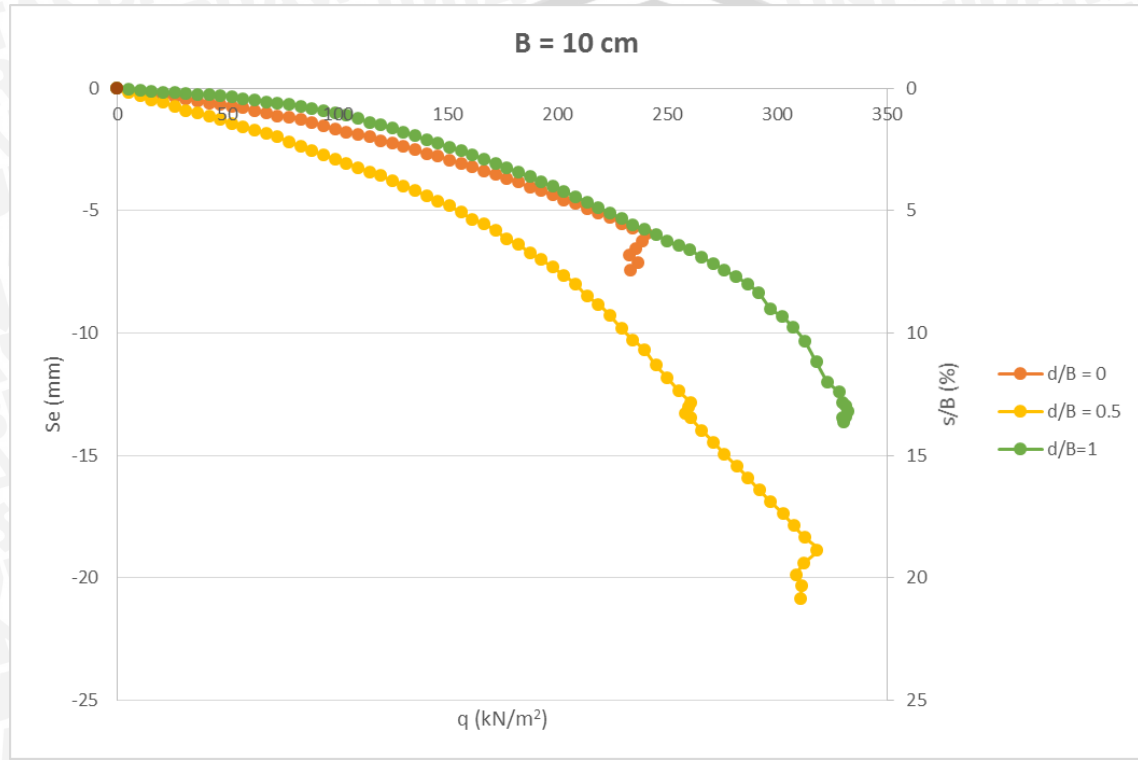
qu maks = 318.125

9. $B = 10 \text{ cm}$, $d/B = 1$, $n = 3$, $u/B = 0,75$

BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-3508	-3092	-35.080	-15.460	0	0	0	0	0	0
50	-3506	-3084	-35.060	-15.420	0.020	0.040	0.030	0.030	0.052	5.208
100	-3501	-3074	-35.010	-15.370	0.070	0.090	0.080	0.080	0.104	10.417
150	-3499	-3069	-34.990	-15.345	0.090	0.115	0.102	0.102	0.156	15.625
200	-3496	-3059	-34.960	-15.295	0.120	0.165	0.142	0.142	0.208	20.833
250	-3492	-3052	-34.920	-15.260	0.160	0.200	0.180	0.180	0.260	26.042
300	-3490	-3042	-34.900	-15.210	0.180	0.250	0.215	0.215	0.313	31.250
350	-3487	-3037	-34.870	-15.185	0.210	0.275	0.243	0.243	0.365	36.458
400	-3485	-3033	-34.850	-15.165	0.230	0.295	0.262	0.262	0.417	41.667
450	-3482	-3026	-34.820	-15.130	0.260	0.330	0.295	0.295	0.469	46.875
500	-3477	-3016	-34.770	-15.080	0.310	0.380	0.345	0.345	0.521	52.083
550	-3471	-3001	-34.710	-15.005	0.370	0.455	0.412	0.412	0.573	57.292
600	-3464	-2991	-34.640	-14.955	0.440	0.505	0.472	0.472	0.625	62.500
650	-3458	-2976	-34.580	-14.880	0.500	0.580	0.540	0.540	0.677	67.708
700	-3454	-2966	-34.540	-14.830	0.540	0.630	0.585	0.585	0.729	72.917
750	-3448	-2951	-34.480	-14.755	0.600	0.705	0.652	0.652	0.781	78.125
800	-3441	-2937	-34.410	-14.685	0.670	0.775	0.722	0.722	0.833	83.333
850	-3431	-2921	-34.310	-14.605	0.770	0.855	0.812	0.812	0.885	88.542
900	-3420	-2902	-34.200	-14.510	0.880	0.950	0.915	0.915	0.938	93.750
950	-3412	-2882	-34.120	-14.410	0.960	1.050	1.005	1.005	0.990	98.958
1000	-3402	-2861	-34.020	-14.305	1.060	1.155	1.108	1.108	1.042	104.167
1050	-3391	-2836	-33.910	-14.180	1.170	1.280	1.225	1.225	1.094	109.375
1100	-3376	-2806	-33.760	-14.030	1.320	1.430	1.375	1.375	1.146	114.583
1150	-3361	-2786	-33.610	-13.930	1.470	1.530	1.500	1.500	1.198	119.792
1200	-3348	-2759	-33.480	-13.795	1.600	1.665	1.633	1.633	1.250	125.000
1250	-3332	-2729	-33.320	-13.645	1.760	1.815	1.788	1.788	1.302	130.208
1300	-3317	-2698	-33.170	-13.490	1.910	1.970	1.940	1.940	1.354	135.417
1350	-3304	-2665	-33.040	-13.325	2.040	2.135	2.088	2.088	1.406	140.625
1400	-3290	-2631	-32.900	-13.155	2.180	2.305	2.243	2.243	1.458	145.833
1450	-3275	-2596	-32.750	-12.980	2.330	2.480	2.405	2.405	1.510	151.042
1500	-3262	-2566	-32.620	-12.830	2.460	2.630	2.545	2.545	1.563	156.250
1550	-3247	-2531	-32.470	-12.655	2.610	2.805	2.708	2.708	1.615	161.458
1600	-3231	-2494	-32.310	-12.470	2.770	2.990	2.880	2.880	1.667	166.667
1650	-3216	-2458	-32.160	-12.290	2.920	3.170	3.045	3.045	1.719	171.875
1700	-3198	-2423	-31.980	-12.115	3.100	3.345	3.223	3.223	1.771	177.083

1750	-3177	-2383	-31.770	-11.915	3.310	3.545	3.428	3.428	1.823	182.292
1800	-3159	-2344	-31.590	-11.720	3.490	3.740	3.615	3.615	1.875	187.500
1850	-3138	-2301	-31.380	-11.505	3.700	3.955	3.828	3.828	1.927	192.708
1900	-3123	-2264	-31.230	-11.320	3.850	4.140	3.995	3.995	1.979	197.917
1950	-3102	-2222	-31.020	-11.110	4.060	4.350	4.205	4.205	2.031	203.125
2000	-3084	-2174	-30.840	-10.870	4.240	4.590	4.415	4.415	2.083	208.333
2050	-3056	-2137	-30.560	-10.685	4.520	4.775	4.648	4.648	2.135	213.542
2100	-3037	-2094	-30.370	-10.470	4.710	4.990	4.850	4.850	2.188	218.750
2150	-3016	-2040	-30.160	-10.200	4.920	5.260	5.090	5.090	2.240	223.958
2200	-2995	-1997	-29.950	-9.985	5.130	5.475	5.303	5.303	2.292	229.167
2250	-2967	-1936	-29.670	-9.680	5.410	5.780	5.595	5.595	2.344	234.375
2300	-2949	-1904	-29.490	-9.520	5.590	5.940	5.765	5.765	2.396	239.583
2350	-2929	-1863	-29.290	-9.315	5.790	6.145	5.968	5.968	2.448	244.792
2400	-2904	-1806	-29.040	-9.030	6.040	6.430	6.235	6.235	2.500	250.000
2450	-2889	-1758	-28.890	-8.790	6.190	6.670	6.430	6.430	2.552	255.208
2500	-2871	-1726	-28.710	-8.630	6.370	6.830	6.600	6.600	2.604	260.417
2550	-2842	-1665	-28.420	-8.325	6.660	7.135	6.898	6.898	2.656	265.625
2600	-2817	-1619	-28.170	-8.095	6.910	7.365	7.138	7.138	2.708	270.833
2650	-2789	-1563	-27.890	-7.815	7.190	7.645	7.418	7.418	2.760	276.042
2700	-2761	-1509	-27.610	-7.545	7.470	7.915	7.693	7.693	2.813	281.250
2750	-2729	-1458	-27.290	-7.290	7.790	8.170	7.980	7.980	2.865	286.458
2800	-2691	-1380	-26.910	-6.900	8.170	8.560	8.365	8.365	2.917	291.667
2850	-2627	-1259	-26.270	-6.295	8.810	9.165	8.988	8.988	2.969	296.875
2900	-2607	-1167	-26.070	-5.835	9.010	9.625	9.318	9.318	3.021	302.083
2950	-2549	-1109	-25.490	-5.545	9.590	9.915	9.753	9.753	3.073	307.292
3000	-2489	-998	-24.890	-4.990	10.190	10.470	10.330	10.330	3.125	312.500
3050	-2427	-783	-24.270	-3.915	10.810	11.545	11.178	11.178	3.177	317.708
3100	-2326	-659	-23.260	-3.295	11.820	12.165	11.993	11.993	3.229	322.917
3150	-2272	-601	-22.720	-3.005	12.360	12.455	12.408	12.408	3.281	328.125
3165	-2234	-506	-22.340	-2.530	12.740	12.930	12.835	12.835	3.297	329.688
3180	-2203	-507	-22.030	-2.535	13.050	12.925	12.988	12.988	3.313	331.250
3189	-2195	-446	-21.950	-2.230	13.130	13.230	13.180	13.180	3.322	332.188
3177	-2164	-421	-21.640	-2.105	13.440	13.355	13.398	13.398	3.309	330.938
3165	-2158	-417	-21.580	-2.085	13.500	13.375	13.438	13.438	3.297	329.688
3171	-2147	-365	-21.470	-1.825	13.610	13.635	13.623	13.623	3.303	330.313

qu maks = 332.188



Lampiran 3. Perhitungan Daya Dukung Pondasi tanpa Perkuatan dengan Metode Analitik

A. Metode Meyerhof

$$\gamma = 16,48 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0,027$$

$$\phi = 41,25^\circ$$

$$L = \sim$$

- **B = 6 cm, d/B = 0**

B = lebar pondasi (B = 6 cm = 0,06 m)

d = jarak kedalaman pondasi (d = 0 cm)

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \phi) = (76,67 - 1) \tan (1,4 \cdot 41,25) = 119,93$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) = \tan^2 (45 + 41,25/2) = 4,87$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 4,87 \cdot 0,06/\sim = 1$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,06/\sim = 1$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,06/\sim = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{4,87} (0/0,06) = 1$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{4,87} (0/0,06) = 1$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{4,87} (0/0,06) = 1$$

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

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 0,5 \cdot 0,06 \cdot 119,93 \cdot \\ &\quad 1 \cdot 1 \cdot 1 \\ &= 61,624 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

- **B = 6 cm, d/B = 0,5**

$$B = \text{lebar pondasi (B = 6 cm = 0,06 m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (d = 3 cm = 0,03 m)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \phi) = (76,67 - 1) \tan (1,4 \cdot 41,25) = 119,93$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) = \tan^2 (45 + 41,25/2) = 4,87$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 4,87 \cdot 0,06/\sim = 1$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,06/\sim = 1$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,06/\sim = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{4,87} (0,03/0,06) = 1,22$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{4,87} (0,03/0,06) = 1,11$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{4,87} (0,03/0,06) = 1,11$$

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

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} \cdot f_{q\delta} \cdot f_{q\beta} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0,03 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1,11 \cdot 1 + 0,5 \cdot 0,06 \cdot \\ &\quad 119,93 \cdot 1 \cdot 1,11 \cdot 1 \\ &= 110,77 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

- **B = 6 cm, d/B = 1**

$$B = \text{lebar pondasi (B = 6 cm = 0,06 m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (d = 6 cm = 0,06 m)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \phi) = (76,67 - 1) \tan (1,4 \cdot 41,25) = 119,93$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) = \tan^2 (45 + 41,25/2) = 4,87$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 4,87 \cdot 0,06/\sim = 1$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,06/\sim = 1$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,06/\sim = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{4,87} (0,06/0,06) = 1,44$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{4,87} (0,06/0,06) = 1,22$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{4,87} (0,06/0,06) = 1,22$$

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

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1,44 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0,06 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 1 + 0,5 \cdot 0,06 \cdot \\ &\quad 119,93 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 1 \\ &= 168,283 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

- **B = 8 cm, d/B = 0**

$$B = \text{lebar pondasi (B = 8 cm = 0,08 m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (d = 0 cm)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \phi) = (76,67 - 1) \tan (1,4 \cdot 41,25) = 119,93$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) = \tan^2 (45 + 41,25/2) = 4,87$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 4,87 \cdot 0,08/\sim = 1$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,08/\sim = 1$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,08/\sim = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{4,87} (0/0,08) = 1$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{4,87} (0/0,08) = 1$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{4,87} (0/0,08) = 1$$

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

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 0 + 0,5 \cdot 0,08 \cdot 119,93 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \\ &= 81,38 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

- **B = 8 cm, d/B = 0,5**

$$B = \text{lebar pondasi (B = 8 cm = 0,08 m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (d = 4 cm = 0,04 m)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \phi) = (76,67 - 1) \tan (1,4 \cdot 41,25) = 119,93$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) = \tan^2 (45 + 41,25/2) = 4,87$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 4,87 \cdot 0,08/\sim = 1$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,08/\sim = 1$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,08/\sim = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} (0,04/0,08) = 1,221$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (0,04/0,08) = 1,110$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (0,04/0,08) = 1,110$$

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

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1,221 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0,04 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1,110 \cdot 1 + 0,5 \cdot 0,08 \cdot \\ &\quad 119,93 \cdot 1 \cdot 1,110 \cdot 1 \\ &= 146,746 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

- **B = 8 cm, d/B = 1**

$$B = \text{lebar pondasi (B = 8 cm = 0,08 m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (d = 8 cm = 0,08 m)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \phi) = (76,67 - 1) \tan (1,4 \cdot 41,25) = 119,93$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) = \tan^2 (45 + 41,25/2) = 4,87$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 4,87 \cdot 0,08/\sim = 1$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,08/\sim = 1$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,08/\sim = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} (0,08/0,08) = 1,44$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (0,08/0,08) = 1,22$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (0,08/0,08) = 1,22$$

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

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1,44 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0,08 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 1 + 0,5 \cdot 0,08 \cdot \\ &\quad 119,93 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 1 \\ &= 223,258 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

- **B = 10 cm, d/B = 0**

$$B = \text{lebar pondasi (B = 10 cm = 0,1 m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (d = 0 cm)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \phi) = (76,67 - 1) \tan (1,4 \cdot 41,25) = 119,93$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) = \tan^2 (45 + 41,25/2) = 4,87$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 4,87 \cdot 0,1/\sim = 1$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,1/\sim = 1$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,1/\sim = 1$$

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

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (0/0,1) = 1$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (0/0,1) = 1$$

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

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} \cdot f_{q\delta} \cdot f_{q\beta} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 0 + 0,5 \cdot 0,08 \cdot 119,93 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \\ &= 101,153 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

- **B = 10 cm, d/B = 0,5**

$$B = \text{lebar pondasi (B = 10 cm = 0,1 m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (d = 5 cm)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \phi) = (76,67 - 1) \tan (1,4 \cdot 41,25) = 119,93$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) = \tan^2 (45 + 41,25/2) = 4,87$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 4,87 \cdot 0,1/\sim = 1$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,1/\sim = 1$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,1/\sim = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{4,87} (0,05/0,1) = 1,221$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{4,87} (0,05/0,1) = 1,11$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{4,87} (0,05/0,1) = 1,11$$

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

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1,221 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0,05 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1,11 \cdot 1 + 0,5 \cdot 0,06 \cdot \\ &\quad 119,93 \cdot 1 \cdot 1,11 \cdot 1 \\ &= 182,721 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

- **B = 10 cm, d/B = 1**

$$B = \text{lebar pondasi (B = 10 cm = 0,1 m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (d = 10 cm)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \phi) = (76,67 - 1) \tan (1,4 \cdot 41,25) = 119,93$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) = \tan^2 (45 + 41,25/2) = 4,87$$

$$f_{cs} = 1 + 0,2 K_p B/L = 1 + 0,2 \cdot 4,87 \cdot 0,1/\sim = 1$$

$$f_{qs} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,1/\sim = 1$$

$$f_{\gamma s} = 1 + 0,1 K_p B/L = 1 + 0,1 \cdot 4,87 \cdot 0,1/\sim = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,2 \sqrt{4,87} (0,1/0,1) = 1,441$$

$$f_{qd} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{4,87} (0,1/0,1) = 1,221$$

$$f_{\gamma d} = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} (D/B) = 1 + 0,1 \sqrt{4,87} (0,1/0,1) = 1,221$$

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

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1,441 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0,1 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1,221 \cdot 1 + 0,5 \cdot 0,1 \cdot \\ &\quad 119,93 \cdot 1 \cdot 1,221 \cdot 1 \\ &= 182,721 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

B. Metode Hansen

$$\gamma = 16,48 \text{ kN/m}^3$$

$$C = 0.027$$

$$\phi = \text{sudut geser dalam tanah} = 41.25^\circ$$

- **B = 6, d/B = 0**

B = lebar pondasi (B = 6 cm = 0,06 m)

d = jarak kedalaman pondasi (d = 0 m)

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (76,67 - 1) \tan 41,25 = 99,54$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,06/\sim)(76,67/86,28) = 1$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L) \tan \phi = 1 + (0,06/\sim) \tan 41,25 = 1$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,06/\sim) = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0/0,06) = 1$$

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

$$= 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0/0,06) = 1$$

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

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \times N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi}$$

$$+ 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i}$$

$$= 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 0 + 0,5 \cdot 16,48 \cdot 0,06 \cdot 99,54 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1$$

$$= 51,54 \text{ kN/m}^2$$

- **B = 6, d/B = 0,5**

$$B = \text{lebar pondasi (} B = 6 \text{ cm} = 0,06 \text{ m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (} d = 0,03 \text{ m)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (76,67 - 1) \tan 41,25 = 99,54$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,06/\sim)(76,67/86,28) = 1$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L)\tan \phi = 1 + (0,06/\sim)\tan 41,25 = 1$$

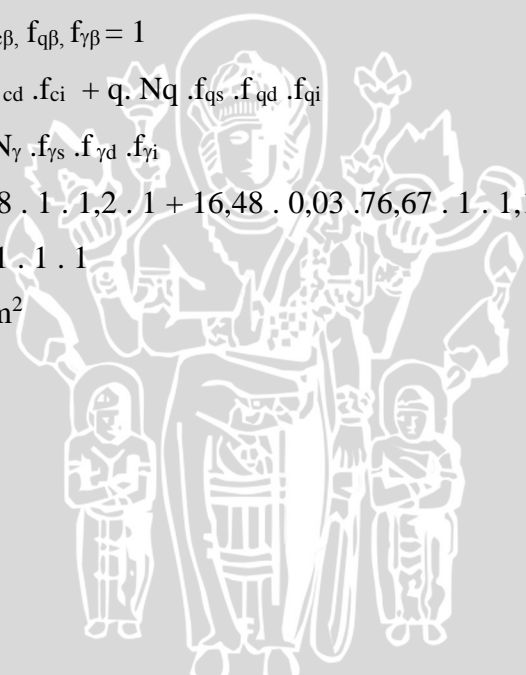
$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,06/\sim) = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,03/0,06) = 1,2$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,03/0,06) = 1,102$$

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

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} \\ + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0,03 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1,102 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,48 \cdot \\ 0,06 \cdot 99,54 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 93,773 \text{ kN/m}^2$$



- **B = 6, d/B = 1**

$$B = \text{lebar pondasi (} B = 6 \text{ cm} = 0,06 \text{ m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (} d = 0,06 \text{ m)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (76,67 - 1) \tan 41,25 = 99,54$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,06/\sim)(76,67/86,28) = 1$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L)\tan \phi = 1 + (0,06/\sim)\tan 41,25 = 1$$

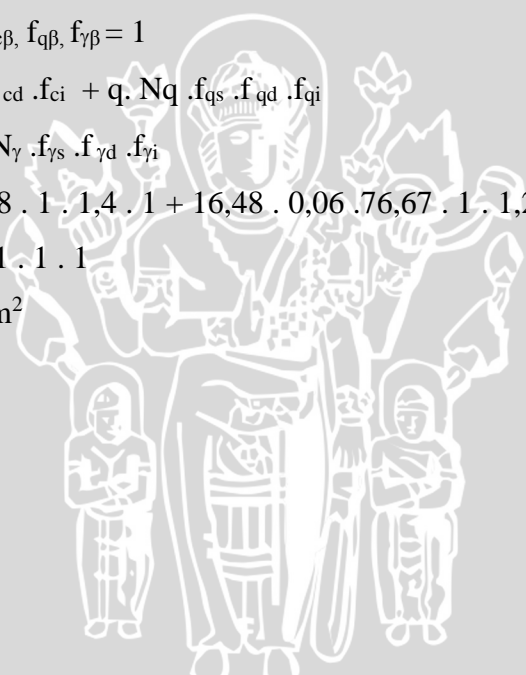
$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,06/\sim) = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,03/0,06) = 1,4$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,03/0,06) = 1,204$$

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

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} \\ + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0,06 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1,204 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,48 \cdot \\ 0,06 \cdot 99,54 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 93,773 \text{ kN/m}^2$$



- **B = 8, d/B = 0**

$$B = \text{lebar pondasi (} B = 8 \text{ cm} = 0,08 \text{ m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (} d = 0 \text{ m)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (76,67 - 1) \tan 41,25 = 99,542$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,06/\sim)(76,67/86,28) = 1$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L)\tan \phi = 1 + (0,06/\sim)\tan 41,25 = 1$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,06/\sim) = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,03/0,06) = 1$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,03/0,06) = 1$$

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

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} \\ + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 0 + 0,5 \cdot 16,48 \cdot 0,08 \cdot 99,54 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 67,948 \text{ kN/m}^2$$



- **B = 8, d/B = 0,5**

$$B = \text{lebar pondasi (B = 8 cm = 0,08 m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (d = 0,04 m)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (76,67 - 1) \tan 41,25 = 99,542$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,08/\sim)(76,67/86,28) = 1$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L)\tan \phi = 1 + (0,08/\sim)\tan 41,25 = 1$$

$$f_{ys} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,08/\sim) = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,04/0,08) = 1,2$$

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

$$= 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,04/0,08) = 1,102$$

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

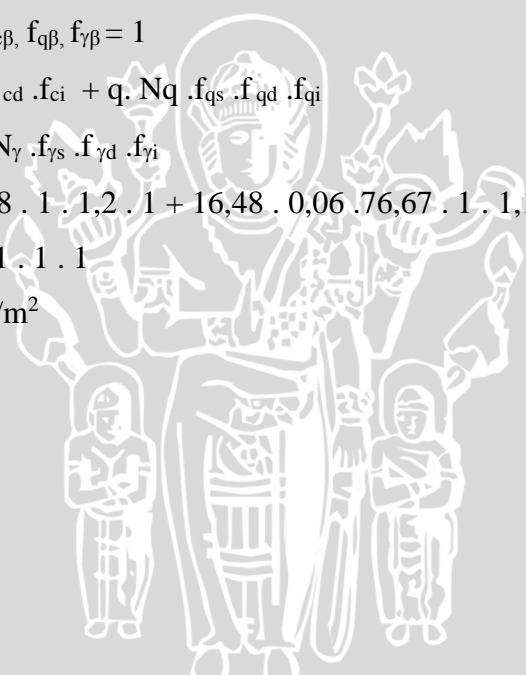
$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi}$$

$$+ 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{ys} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i}$$

$$= 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0,06 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1,102 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,48 \cdot$$

$$0,08 \cdot 99,54 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1$$

$$= 124,099 \text{ kN/m}^2$$



- **B = 8, d/B = 1**

$$B = \text{lebar pondasi (} B = 8 \text{ cm} = 0,08 \text{ m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (} d = 0,08 \text{ m)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (76,67 - 1) \tan 41,25 = 99,542$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,08/\sim)(76,67/86,28) = 1$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L)\tan \phi = 1 + (0,08/\sim)\tan 41,25 = 1$$

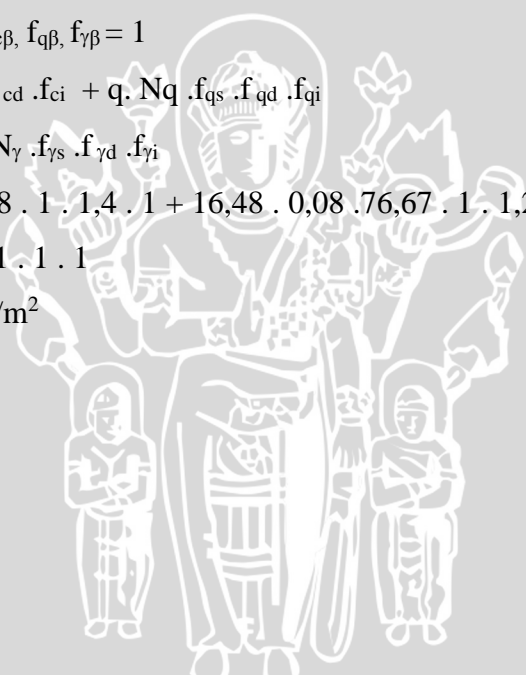
$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,08/\sim) = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,04/0,08) = 1,4$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,04/0,08) = 1,204$$

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

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} \\ + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0,08 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1,204 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,48 \cdot \\ 0,08 \cdot 99,54 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 190,537 \text{ kN/m}^2$$



- **B = 10, d/B = 0**

$$B = \text{lebar pondasi (} B = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (} d = 0,1 \text{ m)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (76,67 - 1) \tan 41,25 = 99,542$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,08/\sim)(76,67/86,28) = 1$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L)\tan \phi = 1 + (0,08/\sim)\tan 41,25 = 1$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,08/\sim) = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,04/0,08) = 1$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,04/0,08) = 1$$

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

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} \\ + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0,1 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,48 \cdot 0,1 \cdot \\ 99,54 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 84,353 \text{ kN/m}^2$$



- **B = 10, d/B = 0,5**

$$B = \text{lebar pondasi (B = 10 cm = 0,1 m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (d = 0,05 m)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (76,67 - 1) \tan 41,25 = 99,542$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,08/\sim)(76,67/86,28) = 1$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L)\tan \phi = 1 + (0,08/\sim)\tan 41,25 = 1$$

$$f_{\gamma s} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,08/\sim) = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,04/0,08) = 1,2$$

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

$$= 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,04/0,08) = 1,102$$

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

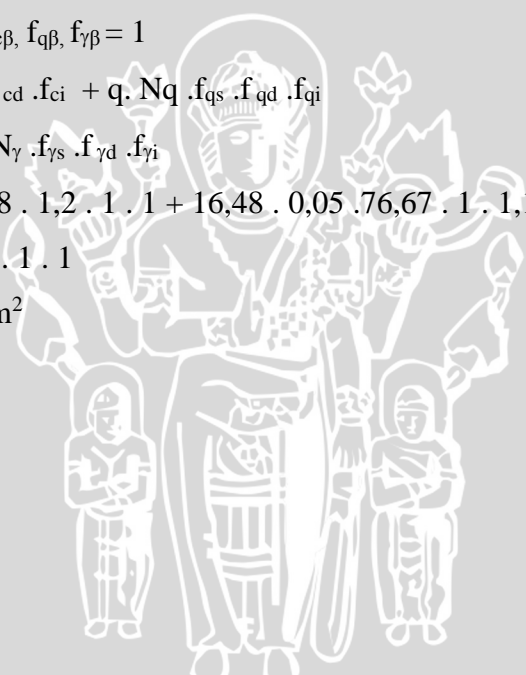
$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi}$$

$$+ 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i}$$

$$= 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0,05 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1,102 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,48 \cdot$$

$$0,1 \cdot 99,54 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1$$

$$= 84,353 \text{ kN/m}^2$$



- **B = 10, d/B = 1**

$$B = \text{lebar pondasi (B = 10 cm = 0,1 m)}$$

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi (d = 0,1 m)}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2 (45 + \phi/2) = e^{(\pi \tan 41,25)} \tan^2 (45 + 41,25/2) = 76,67$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,67 - 1) \cot 41,25 = 86,28$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi = 1,5 (76,67 - 1) \tan 41,25 = 99,542$$

$$f_{cs} = 1 + (B/L)(N_q / N_c) = 1 + (0,08/\sim)(76,67/86,28) = 1$$

$$f_{qs} = 1 + (B/L)\tan \phi = 1 + (0,08/\sim)\tan 41,25 = 1$$

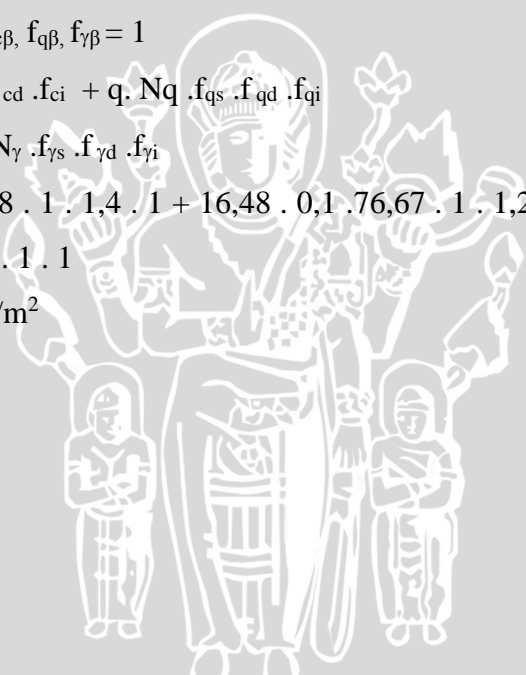
$$f_{ys} = 1 - 0,4 (B/L) = 1 - 0,4 (0,08/\sim) = 1$$

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,04/0,08) = 1,4$$

$$f_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (D/B) \\ = 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,04/0,08) = 1,204$$

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

$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} \\ + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{ys} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ = 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0,1 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1,204 \cdot 1 + 0,5 \cdot 16,48 \cdot \\ 0,1 \cdot 99,54 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 237,356 \text{ kN/m}^2$$



C. Metode Vesic

$$\gamma = 16,48 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0,027$$

$$\phi = \text{sudut geser dalam tanah} = 41,25^\circ$$

1. $B = 6$, $d/B = 0$

$$B = \text{lebar pondasi} = 6 \text{ cm}$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = e^{\pi \tan 41,25} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{41,25}{2} \right) = 76,671$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (76,671 - 1) \cdot \cot 41,25 = 86,286$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \phi = 2 (76,671 + 1) \cdot \tan 41,25 = 136,231$$

$$F_{s_c} = 1 + (B/L)(N_q/N_c) = 1 + 0 (76,671/86,286) = 1$$

$$F_{s_q} = 1 + (B/L) \tan \phi = 1 + 0 (\tan 41,25) = 1$$

$$F_{s_\gamma} = 1 - 0,4(B/L) = 1 - 0,4(0) = 1$$

$$F_{d_c} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,4(0,05/0,1) = 1$$

$$F_{d_q} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (d/B) \\ = 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,05/0,1) = 1$$

$$F_{d_\gamma} = 1$$

$$F_{i_c} = 1$$

$$F_{i_q} = 1$$

$$F_{i_\gamma} = 1$$

$$q_u = (c \cdot N_c \cdot F_{s_c} \cdot F_{d_c} \cdot F_{i_c}) + (q \cdot N_q \cdot F_{s_q} \cdot F_{d_q} \cdot F_{i_q}) + (0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{s_\gamma} \cdot F_{d_\gamma} \cdot F_{i_\gamma})$$

$$= (0,027 \cdot 86,286 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) + (0 \cdot 16,48 \cdot 76,671 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) + (0,5 \cdot 16,48 \cdot 0,1 \cdot 136,231 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1)$$

$$= 69,682 \text{ kN/m}^3$$

2. $B = 6$, $d/B = 0,5$

$$B = \text{lebar pondasi} = 6 \text{ cm}$$

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = e^{\pi \tan 41,25} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{41,25}{2} \right) = 76,671$$

$$Nc = (Nq - 1) \cot \phi = (76,671 - 1) \cdot \cot 41,25 = 86,286$$

$$N\gamma = 2 (Nq + 1) \tan \phi = 2 (76,671 + 1) \cdot \tan 41,25 = 136,231$$

$$F_{sc} = 1 + (B/L)(Nq/Nc) = 1 + 0 (76,671/86,286) = 1$$

$$F_{sq} = 1 + (B/L) \tan \phi = 1 + 0 (\tan 41,25) = 1$$

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

$$F_{dc} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,03(0,05/0,06) = 1,2$$

$$F_{dq} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (d/B) \\ = 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,03/0,06) = 1,102$$

$$F_{d\gamma} = 1$$

$$F_{ic} = 1$$

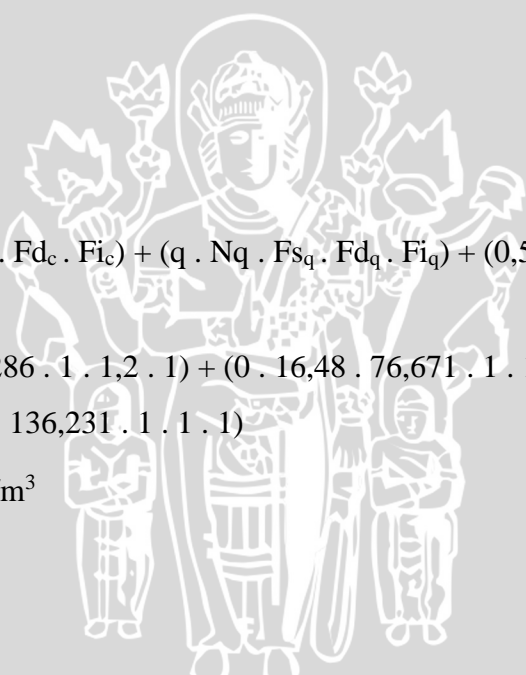
$$F_{iq} = 1$$

$$F_{i\gamma} = 1$$

$$qu = (c \cdot Nc \cdot F_{sc} \cdot F_{dc} \cdot F_{ic}) + (q \cdot Nq \cdot F_{sq} \cdot F_{dq} \cdot F_{iq}) + (0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N\gamma \cdot F_{s\gamma} \cdot F_{d\gamma} \cdot F_{i\gamma})$$

$$= (0,027 \cdot 86,286 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1) + (0 \cdot 16,48 \cdot 76,671 \cdot 1 \cdot 1,102 \cdot 1) + (0,5 \cdot 16,48 \cdot 0,06 \cdot 136,231 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1)$$

$$= 111,912 \text{ kN/m}^3$$



3. $B = 6$, $d/B = 1$

B = lebar pondasi = 6 cm

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = e^{\pi \tan 41,25} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{41,25}{2} \right) = 76,671$$

$$Nc = (Nq - 1) \cot \phi = (76,671 - 1) \cdot \cot 41,25 = 86,286$$

$$N\gamma = 2 (Nq + 1) \tan \phi = 2 (76,671 + 1) \cdot \tan 41,25 = 136,231$$

$$F_{sc} = 1 + (B/L)(Nq/Nc) = 1 + 0 (76,671/86,286) = 1$$

$$F_{sq} = 1 + (B/L) \tan \phi = 1 + 0 (\tan 41,25) = 1$$

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

$$F_{dc} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,03(0,06/0,06) = 1,4$$

$$F_{dq} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (d/B) \\ = 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,06/0,06) = 1,204$$

$$F_{d\gamma} = 1$$

$$F_{ic} = 1$$

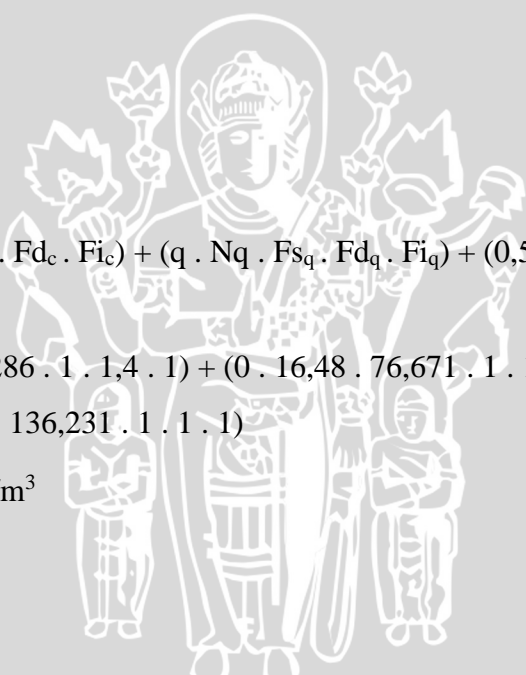
$$F_{iq} = 1$$

$$F_{i\gamma} = 1$$

$$qu = (c \cdot Nc \cdot F_{sc} \cdot F_{dc} \cdot F_{ic}) + (q \cdot Nq \cdot F_{sq} \cdot F_{dq} \cdot F_{iq}) + (0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N\gamma \cdot F_{s\gamma} \cdot F_{d\gamma} \cdot F_{i\gamma})$$

$$= (0,027 \cdot 86,286 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1) + (0 \cdot 16,48 \cdot 76,671 \cdot 1 \cdot 1,204 \cdot 1) + (0,5 \cdot 16,48 \cdot 0,06 \cdot 136,231 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1)$$

$$= 161,857 \text{ kN/m}^3$$



4. B = 8, d/B = 0

B = lebar pondasi = 8 cm

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = e^{\pi \tan 41,25} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{41,25}{2} \right) = 76,671$$

$$Nc = (Nq - 1) \cot \phi = (76,671 - 1) \cdot \cot 41,25 = 86,286$$

$$N\gamma = 2 (Nq + 1) \tan \phi = 2 (76,671 + 1) \cdot \tan 41,25 = 136,231$$

$$F_{sc} = 1 + (B/L)(Nq/Nc) = 1 + 0 (76,671/86,286) = 1$$

$$F_{sq} = 1 + (B/L) \tan \phi = 1 + 0 (\tan 41,25) = 1$$

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

$$F_{dc} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,03(0/0,08) = 1$$

$$F_{dq} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (d/B) \\ = 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0/0,08) = 1$$

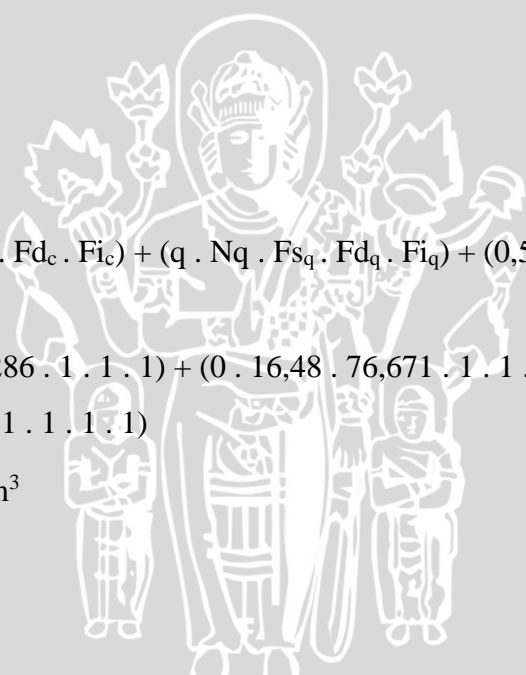
$$F_{d\gamma} = 1$$

$$F_{ic} = 1$$

$$F_{iq} = 1$$

$$F_{i\gamma} = 1$$

$$qu = (c \cdot Nc \cdot F_{sc} \cdot F_{dc} \cdot F_{ic}) + (q \cdot Nq \cdot F_{sq} \cdot F_{dq} \cdot F_{iq}) + (0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N\gamma \cdot F_{s\gamma} \cdot F_{d\gamma} \cdot F_{i\gamma}) \\ = (0,027 \cdot 86,286 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) + (0 \cdot 16,48 \cdot 76,671 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) + (0,5 \cdot 16,48 \cdot 0,08 \cdot 136,231 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) \\ = 92,133 \text{ kN/m}^3$$



5. B = 8, d/B = 0,5

$$B = \text{lebar pondasi} = 8 \text{ cm}$$

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = e^{\pi \tan 41,25} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{41,25}{2} \right) = 76,671$$

$$Nc = (Nq - 1) \cot \phi = (76,671 - 1) \cdot \cot 41,25 = 86,286$$

$$N\gamma = 2 (Nq + 1) \tan \phi = 2 (76,671 + 1) \cdot \tan 41,25 = 136,231$$

$$F_{sc} = 1 + (B/L)(Nq/Nc) = 1 + 0 (76,671/86,286) = 1$$

$$F_{sq} = 1 + (B/L) \tan \phi = 1 + 0 (\tan 41,25) = 1$$

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

$$F_{dc} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,03(0,04/0,08) = 1,2$$

$$F_{dq} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (d/B) \\ = 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,04/0,08) = 1,102$$

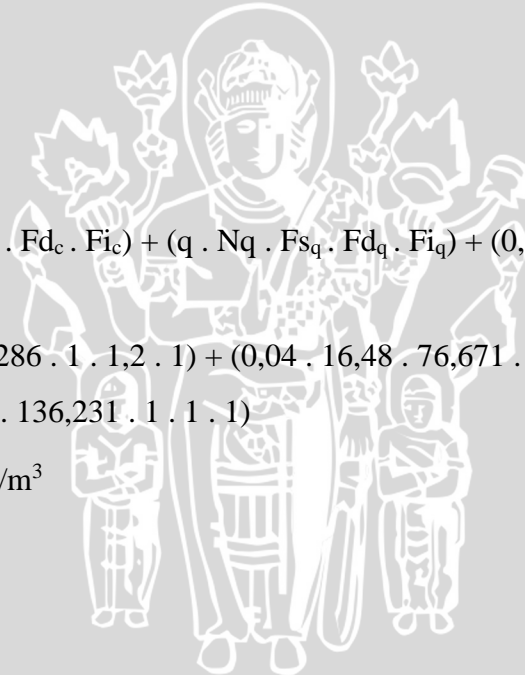
$$F_{d\gamma} = 1$$

$$F_{ic} = 1$$

$$F_{iq} = 1$$

$$F_{i\gamma} = 1$$

$$qu = (c \cdot Nc \cdot F_{sc} \cdot F_{dc} \cdot F_{ic}) + (q \cdot Nq \cdot F_{sq} \cdot F_{dq} \cdot F_{iq}) + (0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N\gamma \cdot F_{s\gamma} \cdot F_{d\gamma} \cdot F_{i\gamma}) \\ = (0,027 \cdot 86,286 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1) + (0,04 \cdot 16,48 \cdot 76,671 \cdot 1 \cdot 1,102 \cdot 1) + (0,5 \cdot 16,48 \cdot 0,08 \cdot 136,231 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) \\ = 148,284 \text{ kN/m}^3$$



6. B = 8, d/B = 1

B = lebar pondasi = 8 cm

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = e^{\pi \tan 41,25} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{41,25}{2} \right) = 76,671$$

$$Nc = (Nq - 1) \cot \phi = (76,671 - 1) \cdot \cot 41,25 = 86,286$$

$$N\gamma = 2 (Nq + 1) \tan \phi = 2 (76,671 + 1) \cdot \tan 41,25 = 136,231$$

$$F_{sc} = 1 + (B/L)(Nq/Nc) = 1 + 0 (76,671/86,286) = 1$$

$$F_{sq} = 1 + (B/L) \tan \phi = 1 + 0 (\tan 41,25) = 1$$

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

$$F_{dc} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,03(0,08/0,08) = 1,4$$

$$F_{dq} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (d/B) \\ = 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,08/0,08) = 1,204$$

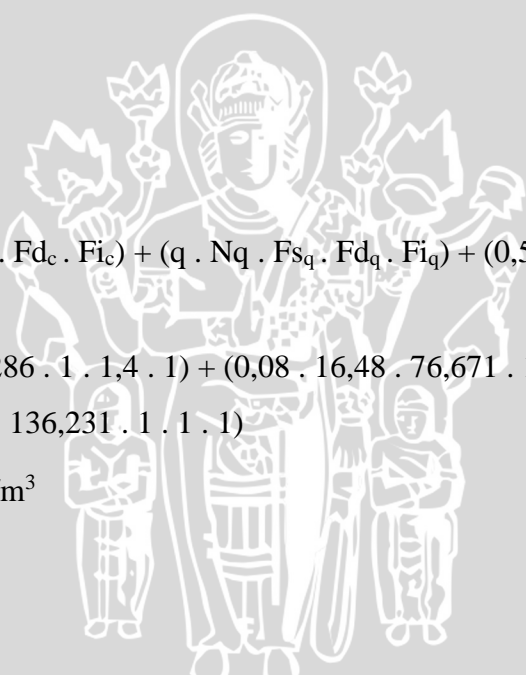
$$F_{d\gamma} = 1$$

$$F_{ic} = 1$$

$$F_{iq} = 1$$

$$F_{i\gamma} = 1$$

$$qu = (c \cdot Nc \cdot F_{sc} \cdot F_{dc} \cdot F_{ic}) + (q \cdot Nq \cdot F_{sq} \cdot F_{dq} \cdot F_{iq}) + (0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N\gamma \cdot F_{s\gamma} \cdot F_{d\gamma} \cdot F_{i\gamma}) \\ = (0,027 \cdot 86,286 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1) + (0,08 \cdot 16,48 \cdot 76,671 \cdot 1 \cdot 1,204 \cdot 1) + (0,5 \cdot 16,48 \cdot 0,08 \cdot 136,231 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) \\ = 214,722 \text{ kN/m}^3$$



7. $B = 10, d/B = 0$

$$B = \text{lebar pondasi} = 10 \text{ cm}$$

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = e^{\pi \tan 41,25} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{41,25}{2} \right) = 76,671$$

$$Nc = (Nq - 1) \cot \phi = (76,671 - 1) \cdot \cot 41,25 = 86,286$$

$$N\gamma = 2 (Nq + 1) \tan \phi = 2 (76,671 + 1) \cdot \tan 41,25 = 99,542$$

$$F_{sc} = 1 + (B/L)(Nq/Nc) = 1 + 0 (76,671/86,286) = 1$$

$$F_{sq} = 1 + (B/L) \tan \phi = 1 + 0 (\tan 41,25) = 1$$

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

$$F_{dc} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,03(0/0,1) = 1$$

$$F_{dq} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (d/B) \\ = 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0/0,1) = 1$$

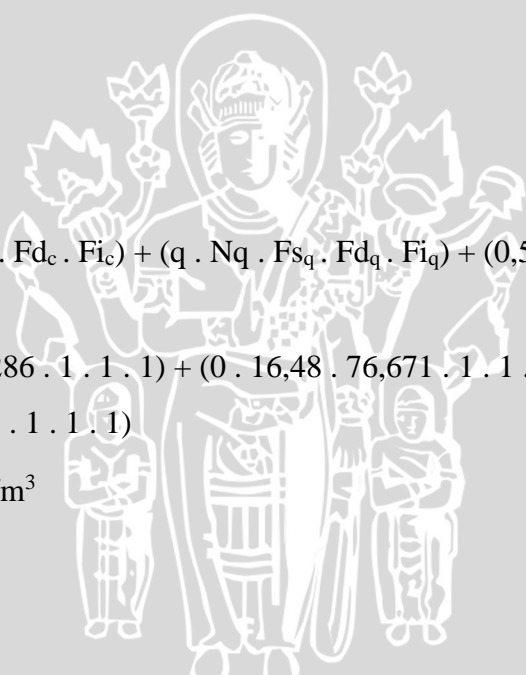
$$F_{d\gamma} = 1$$

$$F_{ic} = 1$$

$$F_{iq} = 1$$

$$F_{i\gamma} = 1$$

$$qu = (c \cdot Nc \cdot F_{sc} \cdot F_{dc} \cdot F_{ic}) + (q \cdot Nq \cdot F_{sq} \cdot F_{dq} \cdot F_{iq}) + (0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N\gamma \cdot F_{s\gamma} \cdot F_{d\gamma} \cdot F_{i\gamma}) \\ = (0,027 \cdot 86,286 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) + (0 \cdot 16,48 \cdot 76,671 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) + (0,5 \cdot 16,48 \cdot 0,1 \cdot 136,231 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) \\ = 214,722 \text{ kN/m}^3$$



8. $B = 10$, $d/B = 0,5$

$$B = \text{lebar pondasi} = 10 \text{ cm}$$

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = e^{\pi \tan 41,25} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{41,25}{2} \right) = 76,671$$

$$Nc = (Nq - 1) \cot \phi = (76,671 - 1) \cdot \cot 41,25 = 86,286$$

$$N\gamma = 2 (Nq + 1) \tan \phi = 2 (76,671 + 1) \cdot \tan 41,25 = 136,231$$

$$F_{sc} = 1 + (B/L)(Nq/Nc) = 1 + 0 (76,671/86,286) = 1$$

$$F_{sq} = 1 + (B/L) \tan \phi = 1 + 0 (\tan 41,25) = 1$$

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

$$F_{dc} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,4(0,05/0,1) = 1,20$$

$$F_{dq} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (d/B) \\ = 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,05/0,1) = 1,102$$

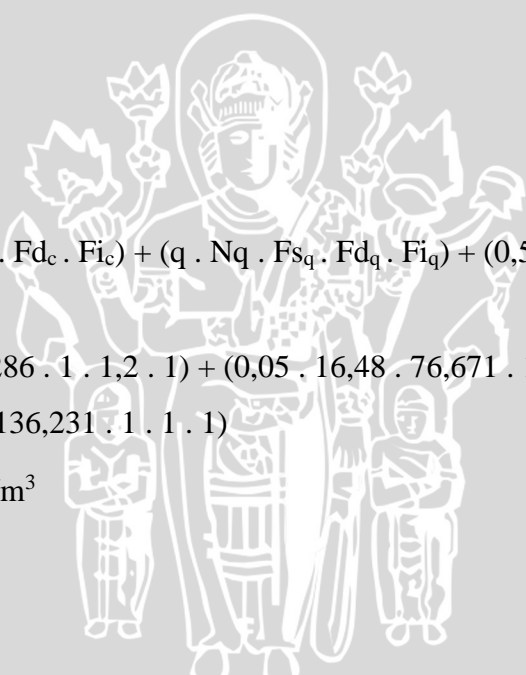
$$F_{d\gamma} = 1$$

$$F_{ic} = 1$$

$$F_{iq} = 1$$

$$F_{i\gamma} = 1$$

$$qu = (c \cdot Nc \cdot F_{sc} \cdot F_{dc} \cdot F_{ic}) + (q \cdot Nq \cdot F_{sq} \cdot F_{dq} \cdot F_{iq}) + (0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N\gamma \cdot F_{s\gamma} \cdot F_{d\gamma} \cdot F_{i\gamma}) \\ = (0,027 \cdot 86,286 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1) + (0,05 \cdot 16,48 \cdot 76,671 \cdot 1 \cdot 1,102 \cdot 1) + (0,5 \cdot 16,48 \cdot 0,1 \cdot 136,231 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) \\ = 184,656 \text{ kN/m}^3$$



9. B = 10, d/B = 1

$$B = \text{lebar pondasi} = 10 \text{ cm}$$

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = e^{\pi \tan 41,25} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{41,25}{2} \right) = 76,671$$

$$Nc = (Nq - 1) \cot \phi = (76,671 - 1) \cdot \cot 41,25 = 86,286$$

$$N\gamma = 2 (Nq + 1) \tan \phi = 2 (76,671 + 1) \cdot \tan 41,25 = 136,231$$

$$F_{sc} = 1 + (B/L)(Nq/Nc) = 1 + 0 (76,671/86,286) = 1$$

$$F_{sq} = 1 + (B/L) \tan \phi = 1 + 0 (\tan 41,25) = 1$$

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

$$F_{dc} = 1 + 0,4(d/B) = 1 + 0,4(0,05/0,1) = 1,4$$

$$F_{dq} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (d/B) \\ = 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,05/0,1) = 1,204$$

$$F_{d\gamma} = 1$$

$$F_{ic} = 1$$

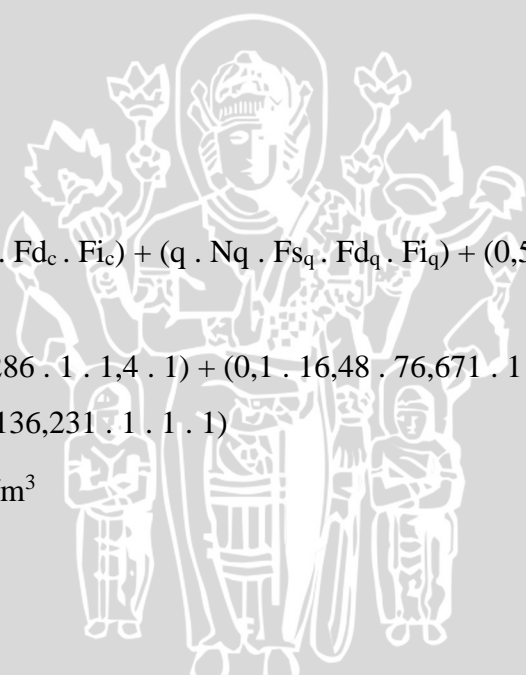
$$F_{iq} = 1$$

$$F_{i\gamma} = 1$$

$$qu = (c \cdot Nc \cdot F_{sc} \cdot F_{dc} \cdot F_{ic}) + (q \cdot Nq \cdot F_{sq} \cdot F_{dq} \cdot F_{iq}) + (0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N\gamma \cdot F_{s\gamma} \cdot F_{d\gamma} \cdot F_{i\gamma})$$

$$= (0,027 \cdot 86,286 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1) + (0,1 \cdot 16,48 \cdot 76,671 \cdot 1 \cdot 1,204 \cdot 1) + (0,5 \cdot 16,48 \cdot 0,1 \cdot 136,231 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1)$$

$$= 267,588 \text{ kN/m}^3$$



Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian









