

**PENGARUH JARAK LAPIS GEOGRID TERATAS DAN JUMLAH
LAPISAN PERKUATAN DENGAN RASIO $d/B = 1$ DAN $B = 8$ CM
TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH PASIR
DENGAN PONDASI MENERUS**

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**SARAH GIOVANI NORVIANA
NIM. 125060101111012**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2016

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH JARAK LAPIS GEOGRID TERATAS DAN JUMLAH
LAPISAN PERKUATAN DENGAN RASIO $d/B = 1$ DAN $B = 8$ CM
TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH PASIR
DENGAN PONDASI MENERUS**

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



SARAH GIOVANI NORVIANA
NIM. 125060101111012

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 8 Agustus 2016

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

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

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng.
NIP. 19810220 200604 1 002

HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

Judul Skripsi:

Pengaruh Jarak Lapis Geogrid Teratas dan Jumlah Lapisan Perkuatan dengan Rasio $d/B = 1$ dan $B = 8$ cm terhadap Daya Dukung Tanah Pasir dengan Pondasi Menerus.

Nama Mahasiswa : Sarah Giovani Norviana

NIM. : 125060101111012

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Geoteknik

Tim Dosen Penguji :

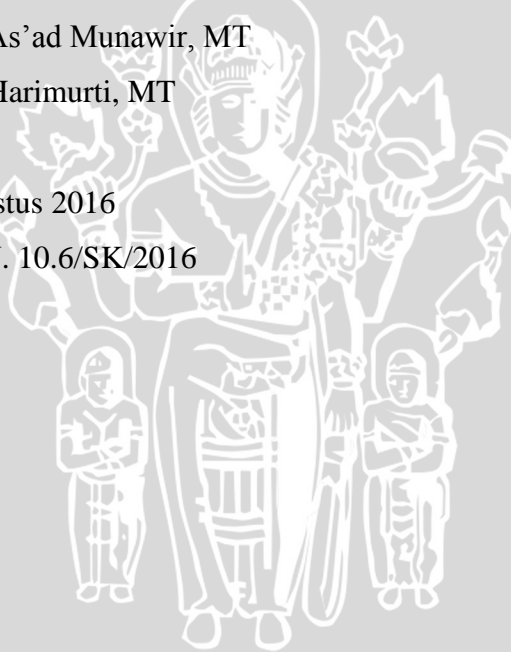
Dosen Penguji 1 : Eko Andi Suryo, ST, MT, Ph.D

Dosen Penguji 2 : Dr. Ir. As'ad Munawir, MT

Dosen Penguji 3 : Dr. Ir. Harimurti, MT

Tanggal Ujian : 02 Agustus 2016

SK Penguji : 911/UN. 10.6/SK/2016



LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Malang, 8 Agustus 2016

Mahasiswa,

Sarah Giovani Norviana

NIM. 125060101111012



RIWAYAT HIDUP

Sarah Giovani Norviana, kelahiran Balikpapan, 02 Juni 1994, merupakan putri sulung dari bapak Subagio dan ibu Nurahmah. Mulai mengenyam bangku pendidikan dasar di SDN 030 Balikpapan Tengah sejak tahun 2000 dan lulus pada tahun 2006. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Kota Balikpapan dan lulus pada tahun 2009. Selanjutnya meneruskan pendidikan di SMA Negeri 1 Kota Balikpapan pada tahun 2009 dan dinyatakan lulus dari SMA Negeri 1 Kota Balikpapan program Ilmu Pengetahuan Alam pada tahun 2012.

Selama mengenyam pendidikan di SMP Negeri 1 Balikpapan, aktif dalam kegiatan non akademik yang berkaitan dengan musik dan kepemimpinan yaitu menjadi anggota dalam Marching Band Gita Bahana SMP Negeri 1 Balikpapan. Sementara semasa SMA, aktif dalam kegiatan paskibra selama satu tahun.

Pada tahun 2012 mulai melanjutkan pendidikan di Perguruan Tinggi di Universitas Brawijaya, lulus Program Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya pada tahun 2016. Selama menjalani kehidupan perkuliahan, aktif dalam kegiatan organisasi Himpunan Mahasiswa Sipil selama tiga periode yaitu 2013/2014, 2014/2015, dan 2015/2016 di Departmen Akademis. Selama itu penulis aktif dalam berbagai acara di Jurusan Teknik Sipil dan Fakultas Teknik sebagai panitia Kuliah Tamu, Panitia Seminar Nasional, Panitia KJI-KBGI, serta berbagai kegiatan pembinaan mahasiswa lainnya.

Malang, Agustus 2016

Penyusun

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

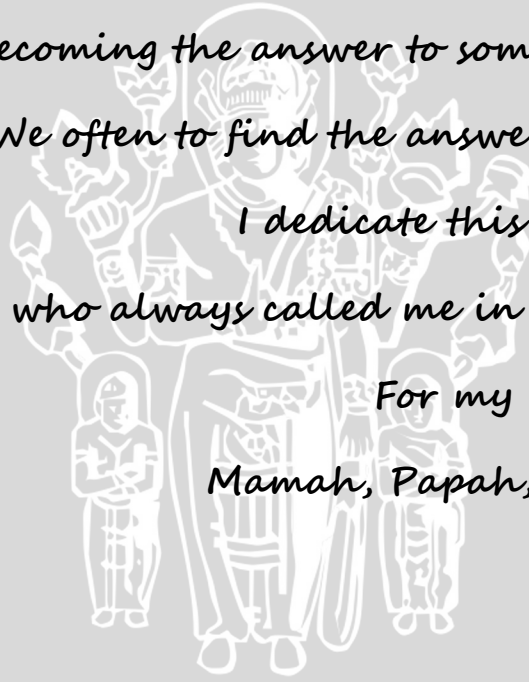


UNIVERSITAS BRAWIJAYA

*By Becoming the answer to someone's prayer,
We often to find the answers to our own.*

*I dedicate this work to those
who always called me in their prayers.*

*For my eternally love
Mamah, Papah, dan Sherina*



KATA PENGANTAR

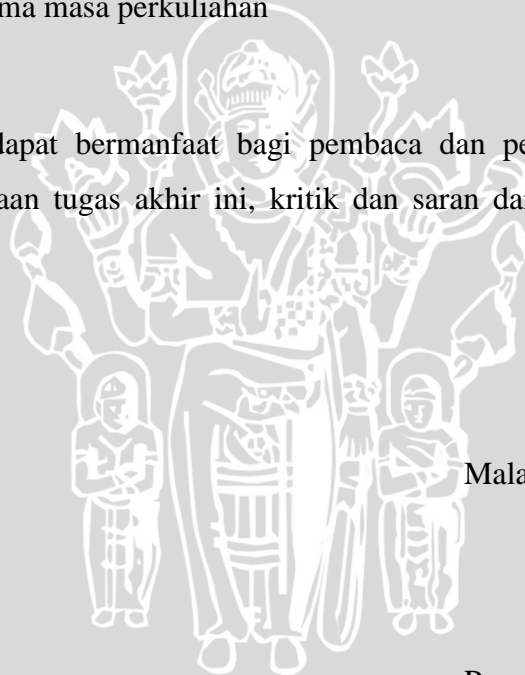
Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya dalam berbagai kesempatan penyelesaian tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Jarak Lapis Geogrid Teratas dan Jumlah Lapisan Perkuatan dengan Rasio $d/B = 1$ dan $B = 8$ cm terhadap Daya Dukung Tanah Pasir dengan Pondasi Menerus”** sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi S1 di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan maksimal tanpa bantuan, petunjuk, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, tidak lupa penulis mengucapkan terimakasih 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. Dr. Ir. As'ad Munawir, MT dan Dr. Ir. Harimurti, MT sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Dr.rer.nat. Ir. Arief Rachmansyah selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis selama perkuliahan.
5. Eko Andi Suryo, ST, MT, Ph.D, Ir. Suroso, Dipl.HE, M.Eng, dan Dr. Eng Yulvi Zaika, MT selaku dosen geoteknik yang telah meluangkan waktu dan memberi saran serta masukan kepada penulis.
6. Bapak dan Ibu dosen Teknik Sipil yang telah memberikan saran dan masukan selama masa perkuliahan.
7. Kedua orang tua tercinta, Subagio,ST dan Nurahmah, serta adik tersayang, Sherina Giovani Ashianti yang selalu memberikan doa dan dukungan hingga saat ini.
8. Pak sugeng, Pak Hadi, dan Mas Dino selaku pihak dari Laboratorium Struktur dan Konstruksi Bahan serta Mbak Indah dan Mbak Asmi selaku pihak Laboratorium Mekanika Tanah dan Geologi yang telah membantu selama kegiatan penelitian.

9. Rekan skripsi dalam *Skripsi Demi Kamu* yaitu Rahma, Ifit, Aziz, Danu, Bayu, Filyan, Dana dan Ocir yang telah bekerja dan berjuang bersama untuk menyelesaikan skripsi untuk memperoleh gelar ST.
10. Sahabat sekaligus saudara di Malang, *Chibi Hijabers* yaitu Desi, Bunga, Rahma, Paun, Filki, Avis, Eka dan Lina yang memberi dukungan dan doa serta menemani dari kondisi terburuk dan membantu hingga menjadi pribadi lebih baik sampai saat ini.
11. Arizzal, Rani, Paulus, Yuri, Fery Singgih, Hadi, Alif, Dio dan Cipeng yang telah membantu pengerjaan penelitian ini
12. Semua teman-teman Teknik Sipil Universitas Brawijaya angkatan 2012 yang selalu mendukung dan memberikan bantuan selama masa perkuliahan
13. Segenap Keluarga Besar Mahasiswa Teknik Sipil yang telah memberikan bantuan serta dukungannya selama masa perkuliahan

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penelitian-penelitian selanjutnya. Untuk kesempurnaan tugas akhir ini, kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan.



Malang, Agustus 2016

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
RINGKASAN.....	xv
SUMMARY	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pasir.....	7
2.1.1 Karakteristik Tanah Pasir.....	7
2.1.2 Klasifikasi Pasir Berdasarkan <i>Unified (USCS)</i>	9
2.1.3 Kepadatan Relatif Pasir.....	11
2.2 Pondasi Dangkal.....	11
2.2.1 Tekanan Kontak.....	12
2.2.2 Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi.....	14
2.2.3 Pola Keruntuhan Dibawah Pondasi Perkuatan	15
2.3 Teori Daya Dukung Pondasi	16
2.3.1 Pengertian Daya Dukung Pondasi	16

2.3.2 Solusi Meyerhof.....	17
2.3.3 Solusi Hansen dan Vesic	18
2.4 Geosintetik	19
2.5 Geogrid.....	21
2.5.1 Pengertian Geogrid	21
2.5.2 Jenis Geogrid	22
2.5.3 Karakteristik Geogrid Sebagai Bahan Perkuatan	23
2.5.3.1 Kekuatan Tarik.....	23
2.5.3.2 Interaksi Tanah dan Geogrid.....	24
2.5.3.3 Tahanan Rangkak.....	24
2.6 Geogrid Sebagai Material Perkuatan Tanah	25
2.6.1 Penambahan Jumlah Lapisan Geogrid.....	25
2.6.2 Pengaruh Jarak Antar Lapisan Geogrid.....	25
2.6.3 Pengaruh Panjang Geogrid	26
2.7 Mekanisme Kerja Geogrid Pada Tanah	27
2.7.1 Mekanisme Transfer Beban Antara Geogrid Dengan Tanah	27
2.7.2 Pola Keruntuhan Pondasi dengan Perkuatan.....	28
2.8 Kriteria Penentuan Beban Ultimit.....	28
2.9 Bearing Capacity Improvement (BCI).....	30
2.10 Penurunan.....	30
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Waktu dan Tempat.....	33
3.2 Bagan Alir Tahapan Penelitian	33
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	35
3.4 Jumlah dan Perlakuan Benda Uji	36
3.5 Metode Penelitian.....	37
3.5.1 Pengujian Dasar	37



3.5.2	Persiapan Benda Uji.....	37
3.5.3	Model Pengujian Pondasi	38
3.5.4	Pengujian Pembebanan	39
3.6	Metode Analisis Data	40
3.7	Variasi Penelitian	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		45
4.1	Analisis Bahan.....	45
4.1.1	Analisis Gradasi Butiran Tanah	46
4.1.2	Analisis Specific Gravity.....	47
4.1.3	Analisis Pemeriksaan Kepadatan Tanah (<i>Compaction</i>).....	48
4.1.3.1	Kepadatan Tanah Standar di Laboratorium (<i>Proctor Test</i>).....	48
4.1.3.2	Kepadatan Tanah Model.....	49
4.1.4	Analisis Kuat Geser Langsung (<i>Direct Shear</i>)	49
4.2	Pengujian <i>Model Test</i>	50
4.3	Hasil Pengujian <i>Model Test</i>	51
4.3.1	Tanah Pasir Tanpa Perkuatan.....	51
4.3.1.1	Hasil Pemeriksaan Kepadatan dan Kadar Air	52
4.3.2	Tanah Pasir Dengan Perkuatan Geogrid	52
4.3.2.1	Hasil Pemeriksaan Kepadatan dan Kadar Air	53
4.4	Analisis Daya Dukung Tanah Pasir RC 85 %	53
4.4.1	Tanah Pasir Tanpa Perkuatan.....	53
4.4.1.1	Metode Analitik.....	53
4.4.1.2	Metode Eksperimen.....	54
4.4.2	Tanah Pasir Dengan Perkuatan Geogrid	54
4.5	Analisis Penurunan Tanah Pasir RC 85 %	56
4.5.1	Tanah Pasir Tanpa Perkuatan.....	56
4.5.2	Tanah Pasir Dengan Perkuatan Geogrid	56

4.5.2.1	Penurunan Tanah Pasir Pada Variasi Jumlah Lapisan Perkuatan Geogrid.....	56
4.5.2.1.1	Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas Dari Dasar Pondasi (u/B=0,25)	57
4.5.2.1.2	Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas Dari Dasar Pondasi (u/B=0,5)	58
4.5.2.1.3	Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas Dari Dasar Pondasi (u/B=0,75)	59
4.5.2.2	Penurunan Tanah Pasir Pada Variasi Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B).....	60
4.5.2.2.1	Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 1	60
4.5.2.2.2	Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 2	61
4.5.2.2.3	Jumlah Lapisan Geogrid (n)	62
4.6	Perbandingan Hubungan Daya Dukung dan Penurunan antara Tanah Pasir Tanpa Perkuatan dengan Tanah Pasir yang Menggunakan Perkuatan Geogrid	63
4.6.1	Perbandingan Hubungan Daya Dukung dan Penurunan Tanah Pasir Tanpa Perkuatan dengan Tanah Pasir yang Menggunakan Perkuatan Geogrid pada Variasi Jumlah Lapisan Perkuatan Geogrid	63
4.6.1.1	Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B) = 0,25	63
4.6.1.1.1	Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 1	63
4.6.1.1.2	Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 2	64
4.6.1.1.3	Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 3	65
4.6.1.2	Rasio Jarak Lapis Pertama Geogrid (u/B) = 0,5	66
4.6.1.2.1	Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 1	66
4.6.1.2.2	Jumlah Lapisan Perkuatan (n) = 2	67
4.6.1.2.3	Jumlah Lapisan Perkuatan (n) = 3	68
4.6.1.3	Rasio Jarak Lapis Pertama Geogrid (u/B) = 0,75	69
4.6.1.3.1	Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 1	69
4.6.1.3.2	Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 2	70

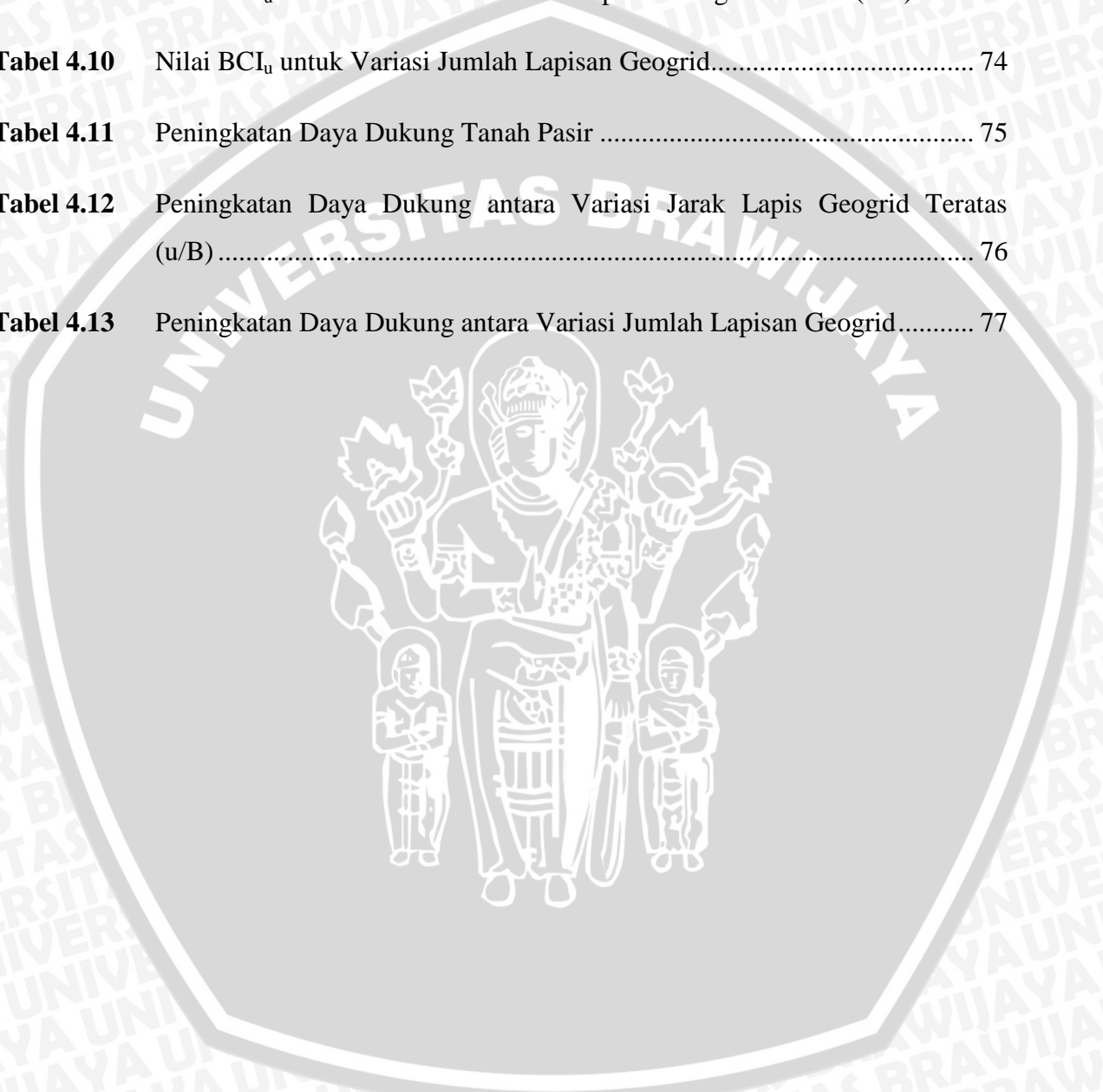
4.6.1.3.3 Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 3	71
4.7 Analisis <i>Bearing Capacity Improvement</i> berdasarkan Data Dukung Ultimit (BCIu)..	72
4.7.1 Perbandingan BCIu pada Variasi Rasio Jarak Lapisan Teratas Geogrid Terhadap Jumlah Lapisan Geogrid	72
4.7.2 Perbandingan BCIu pada Variasi Jumlah Lapisan Geogrid terhadap Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas	73
4.8 Analisis Peningkatan Nilai Daya Dukung pada Tanah Pasir Tanpa Perkuatan dengan Tanah Pasir yang Menggunakan Perkuatan Geogrid	75
4.9 Pengaruh Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas dan Jumlah Lapisan Geogrid terhadap Nilai Daya Dukung	77
BAB V PENUTUP	79
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA.....	81
LAMPIRAN	85



DAFTAR TABEL

No.	Tabel	Halaman
Tabel 2.1	Rentang Ukuran Partikel	8
Tabel 2.2	Sistem Klasifikasi Tanah USCS	9
Tabel 2.3	Sistem Klasifikasi USCS	10
Tabel 2.4	Faktor-Faktor Bentuk Pondasi	17
Tabel 2.5	Faktor Kedalaman Pondasi	18
Tabel 2.6	Faktor-Faktor Kemiringan Beban	18
Tabel 2.7	Fungsi Berbagai Macam Produk Geosintetik	19
Tabel 3.1	Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Dangkal Tanpa Perkuatan	41
Tabel 3.2	Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Telapak Menggunakan Perkuatan dengan Variasi Jarak Lapis Geogrid Teratas dan Jumlah Lapis Geogrid	41
Tabel 3.3	Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Telapak Menggunakan Perkuatan dengan Variasi Jumlah Lapis Geogrid dan Jarak Lapis Geogrid Teratas	42
Tabel 3.4	<i>Bearing Capacity Improvement</i> (BCI) Untuk Variasi Jarak Lapis Geogrid Teratas dan Jumlah Lapisan Geogrid	43
Tabel 4.1	Tipe Geogrid	45
Tabel 4.2	Rata-Rata <i>Specific Gravity</i> Pasir	47
Tabel 4.3	Nilai Kadar Air dan Berat Isi Kering Tanah Pasir Tanpa Perkuatan	52
Tabel 4.4	Nilai Kadar Air dan Berat Isi Kering Tanah Pasir dengan Perkuatan	53
Tabel 4.5	Nilai Daya Dukung Analitik Untuk Tanah Pasir Tanpa Perkuatan	53
Tabel 4.6	Nilai Daya Dukung Berdasarkan Eksperimen untuk Tanah Pasir Tanpa Perkuatan	54

Tabel 4.7	Nilai Daya Dukung Berdasarkan Eksperimen untuk Tanah Pasir dengan Variasi Jumlah Lapisan Geogrid (n)	55
Tabel 4.8	Nilai Daya Dukung Berdasarkan Eksperimen untuk Tanah Pasir dengan Variasi Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas.....	55
Tabel 4.9	Nilai BCI_u untuk Variasi Rasio Jarak Lapisan Geogrid Teratas (u/B)	72
Tabel 4.10	Nilai BCI_u untuk Variasi Jumlah Lapisan Geogrid.....	74
Tabel 4.11	Peningkatan Daya Dukung Tanah Pasir	75
Tabel 4.12	Peningkatan Daya Dukung antara Variasi Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B).....	76
Tabel 4.13	Peningkatan Daya Dukung antara Variasi Jumlah Lapisan Geogrid.....	77



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul.....	Halaman
Gambar 2.1	Bentuk-Bentuk Butiran Tanah Pasir.....	8
Gambar 2.2	Macam-Macam Pondasi Dangkal. (a) Pondasi Memanjang, (b) Pondasi Telapak, (c) Pondasi Rakit.....	12
Gambar 2.3	Tegangan Kontak Akibat Beban Aksial Eksentris	13
Gambar 2.4	Macam Keruntuhan Pondasi. (a) Keruntuhan Geser Umum, (b) Keruntuhan Geser Lokal, (c) Keruntuhan Penetrasi.....	15
Gambar 2.5	Tipe Keruntuhan Tanah dengan Perkuatan Geotekstil pada Pondasi Dangkal: (a) Keruntuhan Daya Dukung di atas Lapisan Geotekstil, (b) Keruntuhan Tekan atau Patah pada Lapisan Geogrid, (c) Keruntuhan Tarik pada Lapisan Geotekstil, (d) Keruntuhan Rangkak atau <i>Creep</i> pada Lapisan Geotekstil.....	16
Gambar 2.6	Klasifikasi Geosintetik	20
Gambar 2.7	Geogrid Uniaxial	22
Gambar 2.8	Geogrid Biaxial.....	23
Gambar 2.9	Geogrid Triax	23
Gambar 2.10	Kuat Tarik Geosintetik	24
Gambar 2.11	Pengaruh rasio z/B terhadap BCR.....	26
Gambar 2.12	Pengaruh Rasio Panjang Geogrid (LG) terhadap Penurunan	26
Gambar 2.13	Mekanisme Kerja Geogrid.....	27
Gambar 2.14	Tipe Keruntuhan <i>Wide Slab</i> pada Tanah Dengan Perkuatan Geogrid di Pondasi Dangkal.....	28
Gambar 2.15	Jenis-Jenis Keruntuhan Akibat Beban Sehubungan dengan Pondasi. (a) <i>General Shear</i> , (b) <i>Local Shear</i> , (c) <i>Punching Shear</i>	29

Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian.....	33
Gambar 3.2	Peralatan Yang Digunakan Dalam Penelitian: (a) Silinder Beton, (b) Dongkrak Hidrolik, (c) <i>Load Cell</i> , (d) Box Pengujian dan (e) LVDT	35
Gambar 3.3	Model Tes Percobaan (a) Tanpa Perkuatan Geogrid (b) Dengan Perkuatan Geogrid	36
Gambar 3.4	Model Box Penelitian	38
Gambar 3.5	Contoh Susunan Pembebanan.....	40
Gambar 4.1	Hasil Pembagian Ukuran Butiran Tanah	46
Gambar 4.2	Grafik Pemadatan Standar	48
Gambar 4.3	(a) Hubungan Antara Tegangan Geser dan Regangan Geser, (b) Hubungan antara Tegangan Geser dengan Regangan Normal.....	50
Gambar 4.4	Permodelan Tanah Pasir Tanpa Perkuatan	51
Gambar 4.5	Permodelan Tanah Pasir Dengan Perkuatan	52
Gambar 4.6	Perbandingan Nilai Daya DUKung Pada Model Tanah Pasir Tanpa Perkuatan Berdasarkan Metode Eksperimen dan Analitik	54
Gambar 4.7	Grafik Hubungan q_u dan Penurunan Pada Model Tanah Pasir Tanpa Perkuatan.....	56
Gambar 4.8	Grafik Hubungan q_u dan Penurunan pada Model Tanah Pasir dengan Perkuatan Geogrid pada Rasio $u/B = 0,25$	57
Gambar 4.9	Grafik Hubungan q_u dan Penurunan pada Model Tanah Pasir dengan Perkuatan Geogrid pada Rasio $u/B = 0,25$	58
Gambar 4.10	Grafik Hubungan q_u dan Penurunan pada Model Tanah Pasir dengan Perkuatan Geogrid pada Rasio $u/B = 0,25$	59
Gambar 4.11	Grafik Hubungan q_u dan Penurunan pada Model Tanah Pasir dengan Perkuatan Geogrid Pada Jumlah Lapis Perkuatan (n) = 1	60

Gambar 4.12 Grafik Hubungan q_u dan Penurunan pada Model Tanah Pasir dengan Perkuatan Geogrid Pada Jumlah Lapis Perkuatan (n) = 261

Gambar 4.13 Grafik Hubungan q_u dan Penurunan pada Model Tanah Pasir dengan Perkuatan Geogrid Pada Jumlah Lapis Perkuatan (n) = 362

Gambar 4.14 Grafik Hubungan q_u dan Penurunan pada Model Tanah Pasir dengan Perkuatan Geogrid dengan Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B) = 0,25 pada Jumlah Lapis Perkuatan (n) = 163

Gambar 4.15 Grafik Hubungan q_u dan Penurunan pada Model Tanah Pasir dengan Perkuatan Geogrid dengan Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B) = 0,25 pada Jumlah Lapis Perkuatan (n) = 264

Gambar 4.16 Grafik Hubungan q_u dan Penurunan pada Model Tanah Pasir dengan Perkuatan Geogrid dengan Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B) = 0,25 pada Jumlah Lapis Perkuatan (n) = 365

Gambar 4.17 Grafik Hubungan q_u dan Penurunan pada Model Tanah Pasir dengan Perkuatan Geogrid dengan Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B) = 0,5 pada Jumlah Lapis Perkuatan (n) = 166

Gambar 4.18 Grafik Hubungan q_u dan Penurunan pada Model Tanah Pasir dengan Perkuatan Geogrid dengan Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B) = 0,5 pada Jumlah Lapis Perkuatan (n) = 267

Gambar 4.19 Grafik Hubungan q_u dan Penurunan pada Model Tanah Pasir dengan Perkuatan Geogrid dengan Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B) = 0,5 pada Jumlah Lapis Perkuatan (n) = 368

Gambar 4.20 Grafik Hubungan q_u dan Penurunan pada Model Tanah Pasir dengan Perkuatan Geogrid dengan Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B) = 0,75 pada Jumlah Lapis Perkuatan (n) = 169

Gambar 4.21 Grafik Hubungan q_u dan Penurunan pada Model Tanah Pasir dengan Perkuatan Geogrid dengan Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B) = 0,75 pada Jumlah Lapis Perkuatan (n) = 270



Gambar 4.22 Grafik Hubungan q_u dan Penurunan pada Model Tanah Pasir dengan Perkuatan Geogrid dengan Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B) = 0,75 pada Jumlah Lapis Perkuatan (n) = 3..... 71

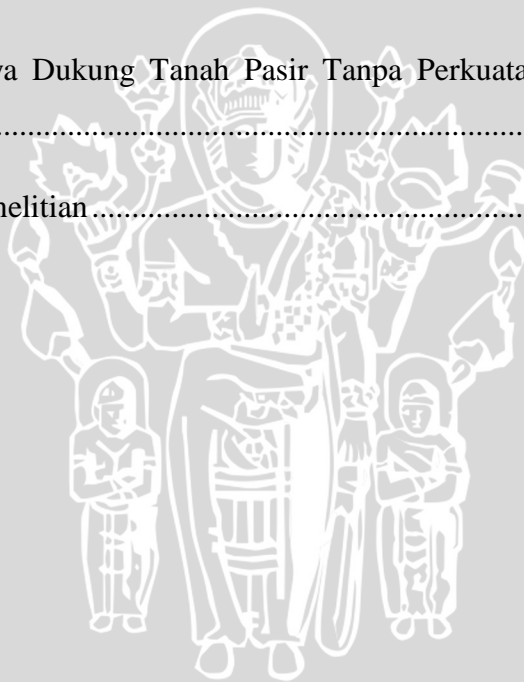
Gambar 4.23 Perbandingan nilai BCI_u untuk variasi Jarak Lapis Geogrid Teratas 73

Gambar 4.24 Perbandingan nilai BCI_u untuk variasi Jumlah Lapis Perkuatan (n)..... 74



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Analisis Gradasi Butir Tanah	85
Lampiran 2.	Analisis <i>Specific Gravity</i> Tanah	86
Lampiran 3.	Analisis Uji Geser Langsung (<i>Direct Shear</i>).....	89
Lampiran 4.	Analisis Uji Pemadatan Standar	91
Lampiran 5.	Pengujian Kadar Air dan Kepadatan Pasir	94
Lampiran 6.	Rekapitulasi Data Daya Dukung dan Penurunan Tanah Berdasarkan Eksperimen	101
Lampiran 7.	Perhitungan Daya Dukung Tanah Pasir Tanpa Perkuatan dengan Metode Analitik	115
Lampiran 8.	Dokumentasi Penelitian	118



RINGKASAN

Sarah Giovani Norviana, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2016, *Pengaruh Jarak Lapis Geogrid Teratas dan Jumlah Lapisan Perkuatan dengan Rasio $d/B = 1$ dan $B = 8$ cm terhadap Daya Dukung Tanah Pasir dengan Pondasi Menerus*, Dosen Pembimbing : As'ad Munawir dan Harimurti.

Perencanaan suatu pondasi tidak hanya dipengaruhi oleh beban yang diberikan suatu bangunan, melainkan juga dipengaruhi oleh kondisi tanah tempat bangunan tersebut akan didirikan. Pada jenis tanah berpasir, masalah yang sering kali muncul ialah tingkat penurunan yang tidak merata yang dapat mengurangi daya dukung tanah tersebut. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dilakukan upaya perkuatan pada tanah berpasir. Sistem perkuatan tanah terdahulu dilakukan dengan lembaran logam yang selanjutnya berkembang menjadi lembaran geosintetik yaitu geotextil dan geogrid. Sistem perkuatan tanah ini telah diterapkan di berbagai konstruksi seperti jalan raya dan dinding penahan tanah.

Dalam penelitian ini dilakukan uji permodelan tanah pasir dengan memberikan perkuatan berupa geogrid. Variasi yang diberikan pada pengujian ini berupa jarak lapis geogrid teratas dan jumlah lapisan perkuatan geogrid. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk membandingkan daya dukung tanah pasir tanpa perkuatan dibandingkan daya dukung tanah pasir yang diberi perkuatan geogrid. Pada penelitian ini, dibuat permodelan tanah pasir menggunakan pasir bergradasi buruk dengan RC 85%. Pada tahap awal, tanah pasir dipadatkan sesuai perencanaan kedalam box uji dengan membagi kedalam tujuh lapisan yang setiap lapisannya mencapai ketinggian 10 cm serta dengan berat sesuai perencanaan sebagai kontrol volume tanah. Setelah mencapai ketinggian rencana, diletakkan pondasi di atas tanah pasir sesuai variasi kedalaman pondasi yang telah ditentukan pula. Selanjutnya dilakukan uji pembebanan pada permodelan tanah pasir dengan pembacaan beban dan penurunan menggunakan *load cell* dan LVDT. Pembacaan penurunan tanah dilakukan setiap kenaikan beban sebesar 50 kg hingga tanah tidak mampu lagi menahan beban yang lebih besar. Metode yang serupa juga dilakukan pada permodelan tanah pasir dengan variasi jarak lapis geogrid teratas dan jumlah lapisan geogrid.

Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa pada variasi jarak lapis geogrid teratas daya dukung tanah pasir mencapai nilai optimum pada variasi 0,5 B, dan daya dukung kembali turun ketika tanah pasir diberi perkuatan geogrid dengan rasio jarak lapis geogrid teratas sebesar 0,75 B. Sedangkan pada variasi jumlah lapisan geogrid didapatkan bahwa semakin banyak jumlah lapisan geogrid yang diberikan pada tanah maka daya dukung tanah pasir juga semakin meningkat. BCI_u dalam penelitian ini menunjukkan daya dukung terbesar pada tanah pasir dengan rasio jarak lapis geogrid teratas 0,5 B dan dengan 3 lapisan perkuatan geogrid. Sehingga dalam penelitian ini variasi optimum hanya ditunjukkan pada variasi jarak lapisan geogrid teratas yaitu dengan rasio 0,5 B.

Kata Kunci : daya dukung, penurunan, tanah pasir, perkuatan geogrid, variasi jarak lapisan geogrid teratas, variasi jumlah lapisan perkuatan

SUMMARY

Sarah Giovani Norviana, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, August 2016, *The Effect of the Upper Distance of Geogrid Layer and Number of Geogrid Reinforcement Layer with Ratio $d/B = 1$ and $B = 8$ cm to the Bearing Capacity on Sand with Strip Foundation*, Academic Supervisor : As'ad Munawir dan Harimurti.

Designing a foundation is not only influenced by the building load, but also influenced by the condition of the land where the building will be established. On the type of land of sandy soils, problems that often appear is the level of settlement is not evenly on the sand which is can reduce the bearing capacity of the land. To solve that problems, we should to be done efforts to strengthen on the land of sandy soils. The reinforcement system the land earlier done with sheet metal which later developed into the geotextile geosynthetic sheets and geogrid. The reinforcement system of this land has been applied in a variety of construction such as roads and the retaining wall.

In this research, modeling sand soil test by giving the form of geogrid reinforcement. Variations are given in the form of testing within the upper distance of geogrid and the number of layers of geogrid reinforcement. The purpose of this study was to compare the bearing capacity of the sandy soil without reinforcement than the bearing capacity of sandy soil by geogrid reinforcement. In this research, modeling made sandy soil using poorly graded sand with RC 85%. In the early stages, sandy soil is compacted according to plan into the box test by dividing into seven layers each layer reaches a height of 10 cm and weighing according to plan as the control of soil volume. After reaching an altitude of the plan, laid the foundation on the ground according to sand depth variation foundation that has been determined as well. Furthermore, the loading test performed on sand soil modeling with the reading load and decreased use of load cell and LVDT. Reading of soil degradation does any increase in the load of 50 kg to the ground no longer able to withstand greater loads. Similar methods are also carried out on modeling sand soil with layers of geogrid top distance variation and the number of layers of geogrid.

From this study showed that the variation within the upper distance of geogrid soil bearing capacity of sand reaches the optimum value of the variation of 0.5 B, and carrying back down when given the sandy soil reinforcement geogrid with the geogrid upper distance spacing ratio of 0.75 B. Meanwhile, the variation of the number of layers of geogrid was found that the more the number of layers of geogrid given on the ground sand soil bearing capacity is also increasing. BCIu in this study indicates the carrying capacity of the largest in the land of sand with layers of geogrid distance ratio 0.5 B and the top three layers of geogrid reinforcement. Thus, in this study the variation optimum distance variation is only shown in the top geogrid layers are in the ratio of 0.5 B.

Keywords: Bearing capacity, decrease, sand soil, geogrid, geogrid top layer distance variation, variation of the number of layers of reinforcement

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pondasi merupakan bagian terpenting dalam suatu struktur bangunan karena berfungsi meneruskan gaya yang ditimbulkan oleh bangunan tersebut ke lapisan tanah di bawah pondasi. Pondasi yang baik ialah pondasi yang mampu menopang bangunan di atasnya dan mampu menghindari keruntuhan bangunan. Perencanaan suatu pondasi tidak hanya dipengaruhi oleh beban yang diberikan oleh bangunan, melainkan dipengaruhi juga oleh kondisi tanah dimana pondasi itu didirikan.

Saat ini lahan yang tersedia sudah semakin sempit dan terbatas, sehingga memungkinkan suatu konstruksi dibangun di atas tanah yang memiliki kondisi kurang baik. Salah satu jenis tanah yang sering kita jumpai ialah tanah berpasir. Tanah pasir tergolong tanah granular yang memiliki daya dukung tinggi, namun daya dukung tersebut akan menjadi rendah jika tanah tersebut memiliki kepadatan yang rendah.

Pada jenis tanah berpasir, masalah yang sering kali muncul ialah tingkat penurunan yang tidak merata. Sehingga menyebabkan rendahnya daya dukung pada tanah tersebut. Permasalahan inilah yang perlu diatasi agar konstruksi tetap dapat didirikan pada lahan yang tersedia. Perlunya inovasi untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satu upaya yang dapat dilakukan ialah usaha perbaikan tanah.

Tahun 1960-an, teknik perkuatan tanah (*reinforced earth*) diperkenalkan oleh Henri Vidal. Sistem yang dibuat oleh Henri Vidal ialah berupa lembaran logam sebagai perkuatan. Sejak saat itu perkuatan tanah berkembang dari lembaran logam menjadi lembaran geosintetik yaitu geotextile dan geogrid yang memiliki keunggulan dari sisi arsitektural, aplikasi dan ekonomi. Sistem perkuatan ini telah diterapkan pada banyak konstruksi seperti pada konstruksi dam, jalan raya, dan dinding penahan tanah pada lereng.

Pontjo Utomo (2004), mengatakan dalam penelitiannya mengenai daya dukung ultimit pondasi dangkal diatas tanah pasir yang diperkuat geogrid bahwa dengan diberikannya material geogrid pada tanah akan memberikan kontribusi yang besar dalam merubah karakteristik mekanis dari tanah tersebut.

Dalam penelitian **Triana Safitri (2015)**, adanya penambahan material geosintetik sebagai perkuatan tanah memberikan dampak signifikan yang dapat meningkatkan daya dukung dari tanah yang diberikan perkuatan. Selain itu deformasi yang terjadi pada tanah yang diberi perkuatan geosintetik lebih kecil dibanding tanah tanpa perkuatan.

Herlambang Bagus (2015), melakukan penelitian mengenai pengaruh lebar pondasi dan jumlah lapisan geogrid terhadap daya dukung pondasi menerus pada permodelan fisik lereng dan membuktikan bahwa semakin banyaknya jumlah lapisan perkuatan geogrid yang diberikan, maka daya dukung pondasi semakin meningkat. Selain itu, beban yang mampu di tahan oleh pondasi semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah lapisan geogrid pada tanah pasir.

Mengacu pada penelitian terdahulu, maka dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui daya dukung tanah dengan pengaruh variasi yang lebih beragam. Variasi yang digunakan ialah lebar pondasi, kedalaman pondasi, jarak lapis pertama geogrid dari dasar pondasi, dan jumlah lapis pondasi. Dari variasi tersebut diharapkan dapat diperoleh hasil perbandingan antara daya dukung tanah tanpa perkuatan terhadap tanah dengan perkuatan geogrid.

1.2 Identifikasi Masalah

Semakin terbatasnya lahan yang tersedia, mengakibatkan suatu kontruksi terpaksa dibangun pada tanah dengan kondisi yang kurang baik khususnya dari syarat keamanan dan kestabilan tanah, salah satunya tanah berpasir. Masalah yang terjadi pada tanah berpasir yaitu penurunan yang tidak seragam serta daya dukung rendah yang perlu diatasi. Salah satu solusi yang dapat dilakukan pada konstruksi tersebut adalah memberikan perkuatan geogrid pada lapis bawah pondasi. Oleh sebab itu, masalah yang ditemukan ialah sebagai berikut:

1. Rendahnya nilai daya dukung pada tanah dasar berpasir yang dibebani oleh bangunan di atasnya mengakibatkan kerusakan pada bangunan
2. Untuk meningkatkan daya dukung tanah, diperlukan perbaikan tanah dengan upaya perkuatan pada tanah tersebut.

3. Perbaikan pada tanah berpasir yang dilakukan ialah dengan memberikan perkuatan geogrid dengan variasi jarak lapis geogrid teratas dari dasar pondasi yaitu, 0,25 B, 0,5B, dan 0,75B serta membuat variasi jumlah lapisan perkuatan geogrid yang yaitu 1, 2, dan 3 lapisan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah ditemukan, maka rumusan masalah yang akan dibahas ialah sebagai berikut.

1. Bagaimanakah daya dukung yang terjadi pada tanah pasir tanpa perkuatan dibandingkan dengan tanah pasir yang diberi perkuatan geogrid dengan variasi jarak lapis geogrid teratas (u/B) serta variasi jumlah lapisan perkuatan geogrid (n)?
2. Bagaimana daya dukung yang terjadi pada tanah pasir akibat pengaruh variasi jarak lapis geogrid teratas (u/B)?
3. Bagaimana daya dukung yang terjadi pada tanah pasir akibat variasi jumlah lapisan perkuatan geogrid (n)?
4. Berapakah jarak lapis geogrid teratas dari dasar pondasi (u/B) serta jumlah lapisan perkuatan geogrid (n) yang optimum dalam meningkatkan daya dukung tanah pasir yang diberi perkuatan geogrid?

1.4 Batasan Masalah

Untuk lebih memperjelas batasan penelitian, maka batasan masalah yang diberikan pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah dan Geologi serta Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang
2. Penelitian dilakukan pada suhu kamar yaitu 25° C.
3. Tanah yang digunakan ialah tanah pasir homogen isotropis, berupa tanah urugan dengan jenis tanah pasir dengan simbol SP (*Poorly Graded Sand*) menurut sistem *Unified (U.S.C.S)*.
4. Keapatan Relatif (*Relative Compaction*) permodelan tanah pasir adalah 85%.
5. Kadar air yang digunakan ialah kadar air optimum (*OMC*)
6. Jenis geogrid yang digunakan pada penelitian ini ialah geogrid tipe biaksial
7. Geogrid yang digunakan berasal dari PT. Tetrasa Geosinindo

8. Air yang digunakan ialah air PDAM Kota Malang
9. Peraturan yang digunakan berdasarkan A.S.T.M. dan U.S.C.S.
10. Penelitian daya dukung menggunakan jenis pondasi menerus dengan lebar pondasi 8 cm
11. Rasio kedalaman pondasi yang digunakan ialah $d/B = 1$.
12. Variasi jumlah lapisan geogrid yang diberikan pada perkuatan tanah pasir ialah 1, 2, dan 3 lapis perkuatan.
13. Variasi arak antar lapisan geogrid pertama dari dasar pondasi ialah 0,25 B, 0,5 B, dan 0,75 B
14. Jarak antar geogrid yang digunakan dalam permodelan fisik pondasi menerus pada tanah pasir adalah $S_v = 0,25B$ cm
15. Permodelan pondasi menerus dianggap kaku sempurna (rigid)
16. Penelitian ini tidak membahas mengenai analisa kimia dan ekonomi dari penggunaan perkuatan geogrid
17. Pada pengujian model pondasi digunakan uji regangan terkendali (*control strain*)

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh perkuatan tanah pasir dengan membandingkan daya dukung tanpa pasir tanpa perkuatan terhadap daya dukung tanah pasir yang diberi perkuatan geogrid menggunakan variasi jarak lapis geogrid teratas dan jumlah lapisan perkuatan.
2. Untuk mengetahui adanya pengaruh variasi jarak lapis geogrid teratas dari dasar pondasi terhadap daya dukung pada tanah berpasir.
3. Untuk mengetahui adanya pengaruh variasi jumlah lapisan perkuatan geogrid terhadap daya dukung tanah berpasir.
4. Untuk mendapatkan jarak lapisan geogrid teratas dari dasar pondasi dan jumlah lapisan perkuatan geogrid yang optimum untuk meningkatkan daya dukung pada tanah berpasir.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian yang dilakukan ialah sebagai berikut:

- 1). Bagi praktisi lapangan antara lain :
 - Sebagai Informasi baru yang dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam perencanaan jarak pertama lapisan geogrid dari dasar pondasi dan jumlah lapisan geogrid yang optimum dalam perkuatan pondasi pada tanah berpasir
 - Sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan alternatif perkuatan pondasi pada tanah berpasir.
- 2). Bagi kalangan akademis antara lain:
 - Sebagai referensi yang dapat digunakan dalam penelitian lanjutan di bidang Geoteknik dan Mekanika Tanah yang berkaitan dengan permasalahan daya dukung (*bearing capacity*) pada tanah berpasir





BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pasir

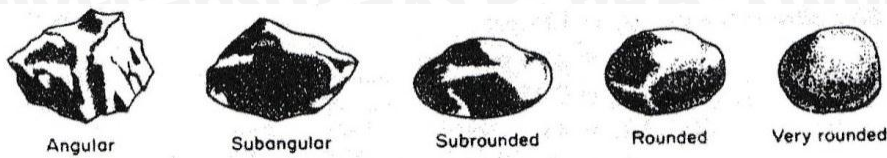
2.1.1 Karakteristik Tanah Pasir

Tanah pasir ialah material granular alami yang belum mengalami konsolidasi. Pasir merupakan material alam yang terdiri dari butiran-butiran berukuran 1/16 – 2 mm. jenis material yang memiliki butiran lebih halus dari pasir disebut dengan lanau. Sedangkan material yang memiliki butiran lebih besar dari pasir disebut dengan kerikil. (Pettijohn dan Siever, 1973)

Sedangkan Hardiyatmo (2002) menjelaskan tentang sifat-sifat teknis tanah granuler seperti pasir, kerikil, batuan, dan campuran sebagai berikut:

1. Jenis material tanah yang baik dalam mendukung konstruksi bangunan maupun padan jalan karena memiliki tingkat daya dukung yang tinggi serta penurunan yang dihasilkan bernilai kecil. Penurunan akan terjadi sesaat setelah tanah granuler di berikan beban. Namun jika dipengaruhi oleh suatu getaran dengan frekuensi yang tinggi, maka akan kembali terjadi penurunan yang besar pada tanah yang tingkat kepadatannya rendah.
2. Merupakan material yang mudah untuk dipadatkan serta memiliki fungsi yang baik untuk drainasi karena lolos air. Karena rendahnya tekanan lateral yang dihasilkan, maka material tanah ini baik digunakan sebagai tanah urug pada struktur dinding penahan tanah.
3. Tergolong tanah yang baik digunakan sebagai tanah timbunan karena memiliki kuat geser yang tinggi.
4. Memiliki permeabilitas yang besar sehingga tidak baik digunakan pada konstruksi tanggul, bendungan maupun kolam

Kriteria tanah berbutir dipengaruhi oleh faktor sifat fisis tanah seperti gradasi, kepadatan, dan bentuk butiran penyusunnya. Secara sederhana, bentuk dari butiran penyusun tanah dapat dibedakan dengan mata telanjang maupun menggunakan kaca pembesar. Bentuk dari butiran tanah tersebut dibedakan dalam bentuk *angular*, *subangular*, *subrounded*, *rounded*, dan *very rounded*.



Gambar 2.1 Bentuk-bentuk butiran tanah pasir
Sumber : Teng (1992:13)

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

Tabel 2.1 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 non-kohef ialah tanah yang dalam keadaan kering memiliki butiran tanah yang terpisah satu sama lain dan hanya akan melekat ketika berada dalam keadaan basah akibat gaya tarik permukaan didalam air. Tanah pasir merupakan tanah non-kohef yang tidak memiliki garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis. Karena bergantung pada nilai kadar airnya maka pada kadar air yang tinggi, tanah non-kohef dapat bersifat sebagai suatu cairan kental. Tarikan permukaan memberikan suatu kohesi semu (*apparent cohesion*) pada tanah non-kohef karena kohesi tersebut akan hilang apabila tanah tersebut benar-benar kering atau jenuh. (Bowles, 1993:38)

Pasir diklasifikasikan sebagai partikel-partikel batuan yang butirannya dapat dilihat oleh mata yang lolos saringan no. 4 (4,75 mm) dan tinggal dalam saringan no. 200 (0,075 mm). Berdasarkan ukuran butirannya, pasir dikelompokkan 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).

2.1.2 Klasifikasi Pasir Berdasarkan *Unified (USCS)*

Klasifikasi tanah ini pertama kali diuraikan oleh Casagrande yang dikembangkan untuk pembangunan lapangan terbang. Sistem klasifikasi tanah ini dibentuk oleh American Society for Testing and Materials (ASTM) dan menggunakan USCS sebagai metode standar dalam mengklasifikasikan tanah. Klasifikasi tanah tersebut kini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan dibidang geoteknik.

Sistem klasifikasi tanah *unified* mendefinisikan tanah kedalam dua kelompok utama. Tanah diklasifikasikan berbutir kasar jika lebih dari 50 % tanah terahan saringan No. 200. Tanah yang tergolong dalam tanah berbutir kasar ialah kerikil dan pasir. Sedangkan lanau dan lempung dikasifikasikan tanah berbutir halus yaitu jika 50% atau lebih tanah lolos saringan No.200.

Menurut Bowles (1993), kelompok-kelompok tanah utama pada sistem klasifikasi *Unified* diperlihatkan pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

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

Sumber: Bowles (1993)

Dalam pelaksanaannya, sebaiknya dilakukan klasifikasi tanah sistem USCS secara visual setiap kali pengambilan sample tanah. Hal ini dilakukan sebagai informasi tambahan yang mungkin diperlukan serta untuk menghindari kesalahan pada penentuan jenis tanah ketika mengidentifikasi menggunakan Tabel 2.3 berikut.

Dimana:

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

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

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

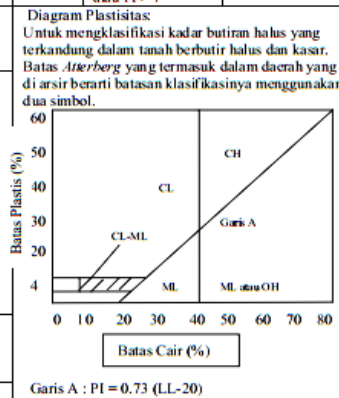
H = *High Plasticity* (plastisitas tinggi, $LL > 50$).

Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi USCS

Divisi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar (≥ 50% butiran terhalus saringan No. 200)	Kerikil ≥ 50% fraksi kasar terhalus saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$	
		Kerikil dengan Butiran halus	GP		
		Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	GM		
		Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	GC		
	Pasir ≥ 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		SW
			Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		SP
		Pasir dengan butiran halus	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		SM
			Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		SC
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair ≤ 50%	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	ML		
		Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)	CL		
		Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	OL		
	Lanau dan lempung batas cair ≥ 50%	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	MH		
		Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)	CH		
		Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	OH		
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	Peat (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.

Sumber: Hardiyatmo (2002)



2.1.3 Kepadatan Relatif Pasir

Kepadatan relatif (*relative compaction*) atau presentase kepadatan tertentu didefinisikan sebagai nilai banding berat volume kering pada kondisi di lapangan dengan berat volume kering maksimum di laboratorium menurut percobaan standar, seperti percobaan proctor standard proctor modifikasi. Adapun persamaan kepadatan relatif (RC) dapat dilihat pada Persamaan 2-1.

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

Dalam memadatkan tanah pada sisi basah optimum perlu diperhatikan bahwa tanah akan menghasilkan kuat geser yang lebih rendah dibanding dengan kadar air pada sisi kering optimumnya. Karenanya, perlu diperhatikan pula rentang besar kadar air tanah pada tanah akan dipadatkan.

2.2 Pondasi Dangkal

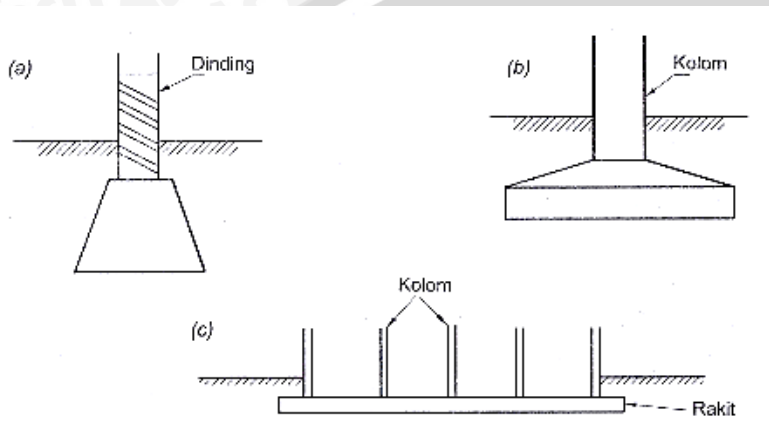
Menurut Hardiyatmo (2011), pondasi ialah bagian terendah dari suatu struktur bangunan yang berfungsi meneruskan beban dari konstruksi di atasnya ke tanah atau batuan yang ada di bawahnya. Secara umum, pondasi terbagi atas pondasi dalam dan pondasi dangkal. Pondasi dangkal ialah pondasi yang mendukung beban di atasnya secara langsung, contohnya: pondasi telapak, pondasi memanjang, dan pondasi rakit. Sedangkan pondasi dalam ialah pondasi yang meneruskan beban konstruksi bangunan di atasnya ke tanah maupun batuan yang terletak jauh dari permukaan tanah, contohnya pondasi sumuran dan pondasi tiang.

Macam-macam contoh tipe pondasi dijabarkan oleh Hardiyatmo (2011) sebagai berikut:

- a. Pondasi telapak (*spread footing*) ialah pondasi yang berdiri sendiri di atas tanah dalam fungsinya mendukung kolom dari konstruksi bangunan.
- b. Pondasi memanjang (*continuous footing*) merupakan pondasi yang berfungsi mendukung dinding memanjang atau mendukung sederetan kolom dengan jarak yang rapat.
- c. Pondasi rakit (*raft foundation atau mat foundation*) merupakan pondasi yang biasanya digunakan untuk mendukung konstruksi bangunan di atas tanah lunak. Selain itu juga digunakan pada bangunan dengan kolom-kolom yang berjarak rapat disegala arah, sehingga bila digunakan pondasi telapak akan berhimpit satu sama lain.

- d. Pondasi sumuran atau kaisan (*pier foundation / caisson*) adalah bentuk peralihan dari pondasi dangkal dan pondasi tiang yang digunakan jika kedalaman tanah dasar relative dalam.
- e. Pondasi tiang (*pile foundation*) merupakan pondasi yang digunakan pada tanah keras yang memiliki jarak yang sangat dalam, sementara pada kedalaman tanah yang normal pondasi tidak mampu menopang beban.

Adapun macam-macam tipe pondasi ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Macam-macam pondasi dangkal: (a) Pondasi memanjang, (b) Pondasi telapak, (c) Pondasi rakit

Sumber: Hardiyatmo (2011)

2.2.1 Tekanan Kontak

Suroso, et.al (2007) menjelaskan bahwa tekanan sentuh atau tekanan kontak (*contact pressure*) ialah tekanan yang terjadi pada bidang kontak antara dasar pondasi dan tanah. Besarnya intensitas tekanan yang disebabkan beban pondasi ke tanah dibawahnya akan semakin berkurang dengan semakin dalamnya jarak tanah. Jarang sekali ditemui pondasi yang benar-benar kaku, maka bentuk distribusi tekanan kontak yang terjadi berada diantara bentuk pondasi kaku dan fleksibel. Karena itu, pada prakteknya distribusi tegangan kontak pondasi ke tanah dianggap merata jika tanah terbagi merata.

Sementara itu, Mustafa (2015) menjelaskan bahwa tegangan kontak ialah tegangan yang bekerja dibawah suatu pondasi akibat beban dari konstruksi diatasnya. Tegangan kontak yang terjadi diukur dengan rumus berikut:

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

Dimana:

σ = tegangan kontak

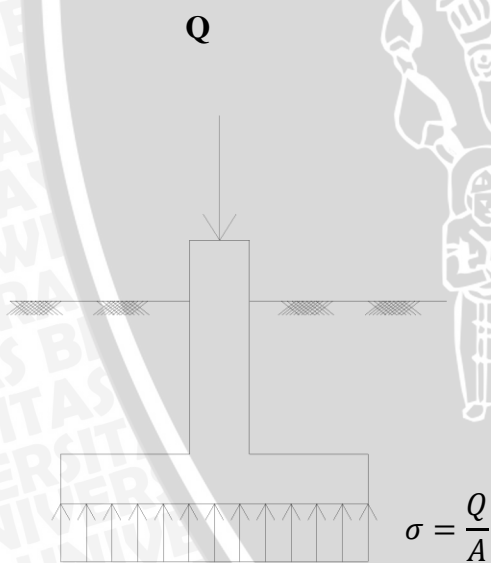
Q = beban aksial total

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 beban yang diterima pondasi hanyalah beban sentris tanpa adanya momen yang bekerja, maka tegangan kontak yang ditimbulkan akan merata pada tanah. Besarnya tegangan kontak pada keseluruhan penampang pondasi akan sama besar dengan beban aksial yang diberikan pada titik pusat penampang pondasi. Tegangan kontak dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Tegangan kontak akibat beban aksial eksentris

Sumber: Surendro (2004)

2.2.2 Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi

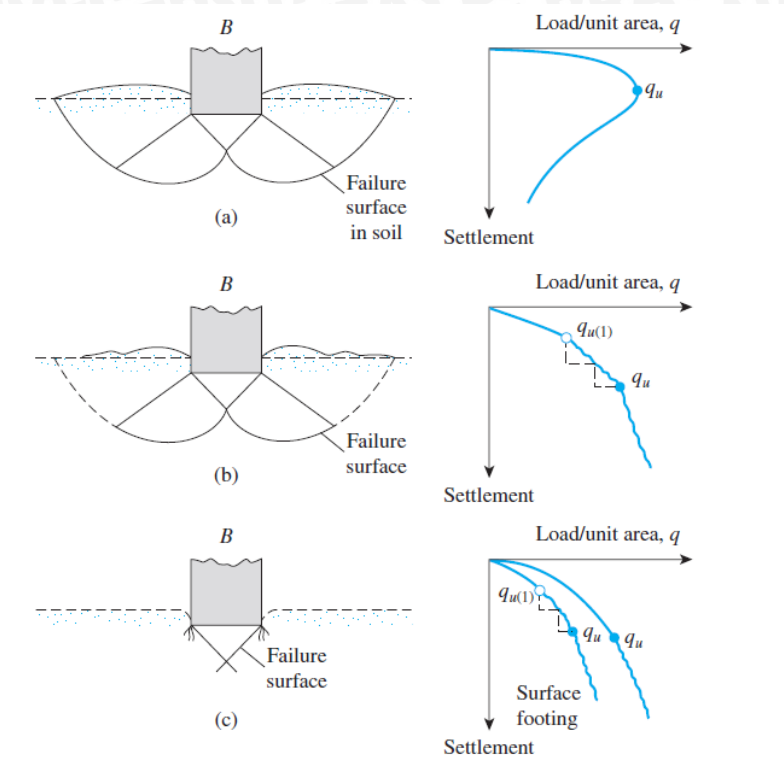
Menurut Vesic (1963) dalam Hardiyatmo (2002), mekanisme keruntuhan pondasi dibagi menjadi 3 macam:

- a. Keruntuhan geser umum (*general shear failure*)
- b. Keruntuhan geser lokal (*local shear failure*)
- c. Keruntuhan penetrasi (*penetration failure* atau *punching shear failure*)

Keruntuhan geser umum ialah keruntuhan pondasi yang terjadi pada suatu bidang runtuh yang dapat diperkirakan dengan jelas. Suatu baji tanah terbentuk tepat pada dasar pondasi yang menekan tanah ke bawah hingga menyebabkan aliran tanah secara plastis mengarah ke permukaan. Saat tahanan pasif terlampaui, terjadi gerakan tanah yang mengakibatkan pengembangan tanah di sekitar pondasi. Bidang longsor yang terbentuk, berupa lengkungan dan garis lurus yang berkembang hingga ke permukaan tanah. Saat keruntuhan, terjadi gerakan massa tanah ke arah luar dan keatas. Keruntuhan geser umum terjadi dalam waktu yang relative mendadak, diikuti dengan penggulingan pondasi. (Hardiyatmo, 2002)

Bila suatu pondasi berdiri diatas tanah dengan kepadatan rendah, maka bertambahnya beban pondasi juga diikuti dengan bertambahnya penurunan tanah. Keruntuhan yang terjadi pada tanah akan menyebabkan tanah berkembang secara bertahap. Ketika beban yang dihasilkan mencapai nilai $q_{u(1)}$, maka pondasi akan bergerak secara tiba-tiba yang digambarkan sebagai beban runtuh pertama (Vesic, 1963). Perpindahan yang terjadi pada pondasi mengakibatkan terjadinya pola keruntuhan yang ditunjukkan dengan garis putus-putus pada Gambar 2.4. Hal tersebut akan mengakibatkan mengembungnya tanah ke permukaan. Keruntuhan tersebut terjadi ketika beban mencapai nilai q_u . Keruntuhan inilah yang dinamakan dengan keruntuhan geser lokal (*local shear failure*). (Das, 2011: 133).

Saat pondasi didirikan diatas tanah lunak (*fairly loose soil*), maka dapat dikatakan tidak terjadi keruntuhan geser pada tanah tersebut. Ketika menerima beban, pondasi hanya menekan tanah ke arah samping yang membuat pemampatan tanah disekitar pondasi. Penurunan terjadi bersama dengan penambahan beban pada pondasi. Saat keruntuhan terjadi, bidang runtuh tidak nampak sama sekali. Hal ini lah yang disebut dengan keruntuhan penetrasi (*punching shear failure*). (Hardiyatmo, 2011)



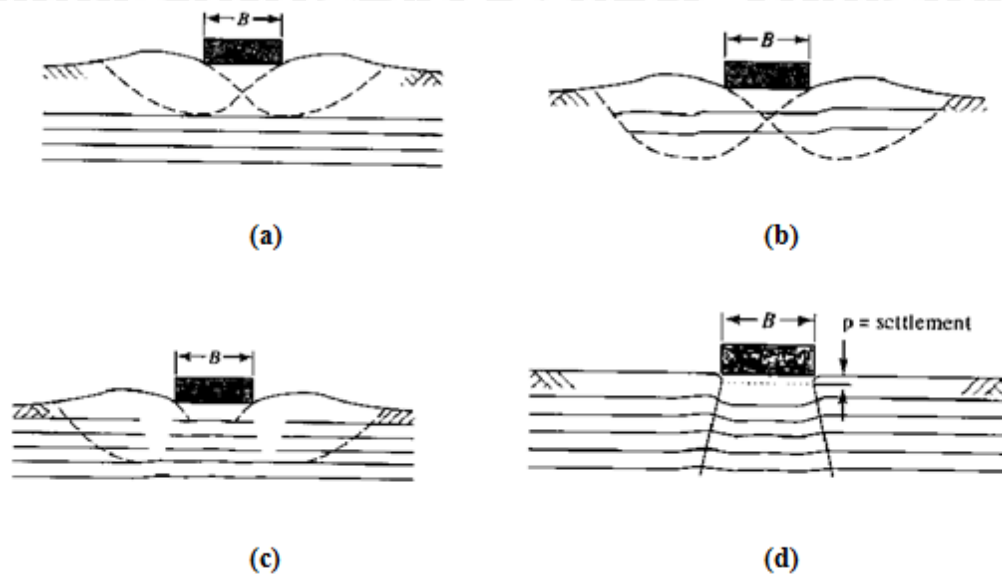
Gambar 2.4 Macam keruntuhan pondasi: (a) Keruntuhan geser umum, (b) Keruntuhan geser lokal, (c) Keruntuhan penetrasi

Sumber: Vesic (1963)

2.2.3 Pola Keruntuhan Dibawah Pondasi Perkuatan

Munawir et al. (2014) dalam jurnalnya yang berjudul “Alternatif Perkuatan Tanah Pasir Menggunakan Lapis Anyaman Bambu Dengan Variasi Jarak dan Jumlah Lapis” menjabarkan tentang pendelitan yang dilakukan Koerner (1990) bahwa kerusakan yang terjadi pada geosintetis pada umumnya terjadi saat pemasangan dan konstruksinya. Adanya penempatan agregat serta pemadatan yang dilakukan dengan alat berat dapat menimbulkan tegangan yang tinggi terjadi pada geosintetik (geotekstil).

Beberapa model keruntuhan yang terjadi pada pondasi dangkal yang diperkuat dengan geotekstil ialah sebagai berikut:



Gambar 2.5 Tipe keruntuhan tanah dengan perkuatan geotekstil pada pondasi dangkal: (a) Keruntuhan daya dukung di atas lapisan geotekstil, (b) Keruntuhan tekan atau patah pada lapisan geogrid, (c) Keruntuhan Tarik pada lapisan geotekstil, (d) Keruntuhan rangkak atau creep pada lapisan geotekstil

Sumber: Koerner (2005)

2.3 Teori Daya Dukung Pondasi

2.3.1 Pengertian Daya Dukung Pondasi

“Analisis kapasitas dukung tanah mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban fondasi dari struktur yang terletak di atasnya. Kapasitas daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah disepanjang bidang-bidang gesernya”(Hardiyatmo, 2002)

Menurut Hardiyatmo (2002), diperlukan pertimbangan mengenai keruntuhan geser dan penurunan berlebihan pada tanah ketika merancang suatu pondasi. Dua hal yang perlu dipenuhi dalam perancangan suatu pondasi ialah kriteria stabilitas dan kriteria penurunan. Persyaratan-persyaratan yang perlu dipenuhi dalam perancangan suatu pondasi ialah sebagai berikut:

- Faktor aman terhadap keruntuhan tanah dari terlampauinya kapas daya dukung suatu tanah. Besarnya faktor aman yang umumnya digunakan ialah 3.
- Adanya penurunan pada pondasi harus tetap berada pada batas-batas toleransi yang telah ditentukan. Khususnya pada penurunan tak seragam (*differentiation settlement*) sebaiknya tidak mengakibatkan kerusakan pada konstruksi dari suatu bangunan.

2.3.2 Solusi Meyerhof

Analisis kapasitas daya dukung Meyerhof (1955) mengatakan bahwa zona keruntuhan tanah berkembang dari dasar pondasi menuju atas sampai mencapai permukaan tanah. Maka tahanan geser tanah di atas pondasi diperhitungkan. Oleh karena itu $\beta > \phi$, dan nilai faktor yang digunakan lebih rendah dari Terzaghi. Akan tetapi, daya dukungnya menjadi lebih besar karena memperhitungkan pengaruh kedalaman pondasi.

$$qu = s_c d_c i_c c N_c + s_q d_q i_q q N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma 0,5 B' \gamma N_\gamma \quad (2-3)$$

Dengan:

- Q_u = 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

$$N_c = (N_q - 1) \text{ctg } \phi \quad (2-4)$$

$$N_q = \text{tg}(45^\circ + \phi/2) e^{(\pi \text{tg } \phi)} \quad (2-5)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \text{tg}(1,4\phi) \quad (2-6)$$

(Hardiyatmo, 2002:120)

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

Tabel 2.4 Faktor-faktor bentuk pondasi

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

Sumber: Hardiyatmo (2002:123)

Tabel 2.5 Faktor kedalaman pondasi

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

Sumber: Hardiyatmo (2002:123)

Tabel 2.6 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: Hardiyatmo (2002:123)

2.3.3 Solusi Hansen dan Vesic

“Analisis daya dukung Hansen dibandingkan dengan Terzaghi dan Mayerhof adalah yang terlengkap. Faktor-faktor lain yang tidak diperhitungkan oleh Terzaghi dan Mayerhof adalah pengaruh permukaan tanah g_1 (ground factors). Dan pengaruh inklinasi dasar pondasi b_1 (base factors).”

Hansen menyarankan persamaan kapasitas daya dukung ultimit sebagai berikut:

$$q_u = \frac{Q_u}{B'L} = s_c d_c i_c b_c g_c c N_c + s_q d_q i_q b_q g_q p_o N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma 0,5 B' \gamma N_\gamma \quad (2-7)$$

Persamaan kapasitas dukung Vesic (1975) selengkapnya, seperti juga persamaan Brinch Hansen, memberikan pengaruh-pengaruh seperti kedalaman, bentuk pondasi, kemiringan dan eksentrisitas beban, kemiringan dasar dan kemiringan permukaan, yaitu:

$$q_u = \frac{Q_u}{B'L} = s_c d_c i_c b_c g_c c N_c + s_q d_q i_q b_q g_q p_o N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma 0,5 B' \gamma N_\gamma \quad (2-8)$$

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 = $D_f \gamma$ = tekanan overburden di dasar pondasi (kN/m²)

s_c, s_q, s_γ = factor-faktor bentuk pondasi

d_c, d_q, d_γ = factor-faktor kedalaman pondasi

i_c, i_q, i_γ = factor-faktor kemiringan beban

b_c, b_q, b_γ = factor-faktor kemiringan dasar

g_c, g_q, g_γ = factor-faktor kedalaman pondasi

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

(Hardiyatmo, 2002:142)

2.4 Geosintetik

Geosintetik ialah suatu produk planar yang terbuat dari bahan polimer yang digunakan dengan tanah, batuan, atau material geoteknik lainnya sebagai bagian yang tidak dapat dipisahkan dari suatu pekerjaan, struktur, atau sistem. (ASTM D4439-02)

Ditinjau dari bahasa, geosintetik (*Geosynthetic*) berasal dari dua bagian yaitu kata geo yang berhubungan dengan tanah dan *sintetik* yang memiliki arti bahan yang dibuat oleh manusia. Berbagai jenis geosintetik telah banyak digunakan di Indonesia sejak tahun 1980an. Produk yang banyak digunakan adalah geotekstil, geogrid dan geomembran.

Secara umum, geosintetik dibagi menjadi dua jenis yaitu tekstil dan jaring (*web*). Sedangkan menurut bahan penyusunnya, geosintetik terbagi menjadi geosintetik alami dan sintetik. Geosintetik dengan bahan sintetik merupakan jenis yang paling banyak digunakan karena material polimer yang memiliki keunggulan dalam daya tahan terhadap degradasi biologis dan kimiawi. Material tersebut antarlain *polipropilena* (PP), *polyester* (PET), dan *polietilena* (PE). Sementara itu, bahan alami seperti serat kapas dan rami juga dapat digunakan sebagai geotekstil namun sifatnya hanya sementara. (Direktorat Jendral Bina Marga, 2009)

Berdasarkan permeabilitasnya, geosintetik dibagi atas dua kelompok yaitu geosintetik kedap air dengan produk geosynthetic clay liner serta geo membran dan jenis geosintetik lolos air dengan produk geotekstil. Jenis geosintetik yang dapat meloloskan air dibagi lagi berdasarkan proses pembuatannya, yaitu tak ter anyam (*non woven*) dan teranyam (*woven*).

Berdasarkan bentuk jaringnya (web) geosintetik dibagi menjadi dua, yaitu jala (*mesh*) terbuka yang produknya berupa geogrid. Sedangkan jenis jala (*mesh*) rapat produk akhirnya ialah net dan matras. Pengelompokan geosintetik ditunjukkan pada bagan klasifikasi berikut ini.



Gambar 2.6 Klasifikasi Geosintetik
Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2009)

Tabel 2.7 Fungsi Berbagai Macam Produk Geosintetik

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

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2009)

2.5 Geogrid

2.5.1 Pengertian Geogrid

“Geogrid merupakan suatu contoh dari jenis geosintetik yang berbentuk jaring (*web*) terbuka. fungsi geogrid yang utama adalah sebagai perkuatan. Geogrid dibentuk oleh suatu jaring teratur dengan elemen-elemen tarik dan mempunyai bukaan berukuran tertentu sehingga saling mengunci (*interlock*) dengan bahan pengisi di sekelilingnya” (Direktorat Jendral Bina Marga, 2009:45)

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.

Sementara itu, 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 pemuaiannya akan sangat mudah terjadi terhadap bahan geogrid pada saat mendapatkan temperature tinggi. Pemuaiannya akan membuat geogrid getas, dan akhirnya akan mengurangi kuat tarik.

2.5.2 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 : Polyphropylene, Polyethilene dan Polyesther atau material polymer yang lain. Berdasarkan bentuk bukaanannya (Aperature), maka Geogrid bisa dibagi menjadi :

(1) Geogrid Uniaxial

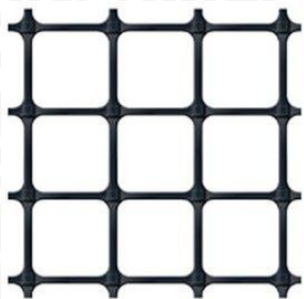
Adalah Geogrid yang mempunyai bentuk bukaan tunggal dalam satu segmen (ruas).



Gambar 2.7 Geogrid Uniaxial
Sumber: Geotextile.web.id

(2) Geogrid Biaxial

Adalah Geogrid yang mempunyai bukaan berbentuk persegi



Gambar 2.8 Geogrid Biaxial

Sumber: Geotextile.web.id

(3) Geogrid Triax

Adalah Geogrid yang mempunyai bukaan berbentuk segitiga



Gambar 2.9. Geogrid Triax

Sumber: Geotextile.web.id

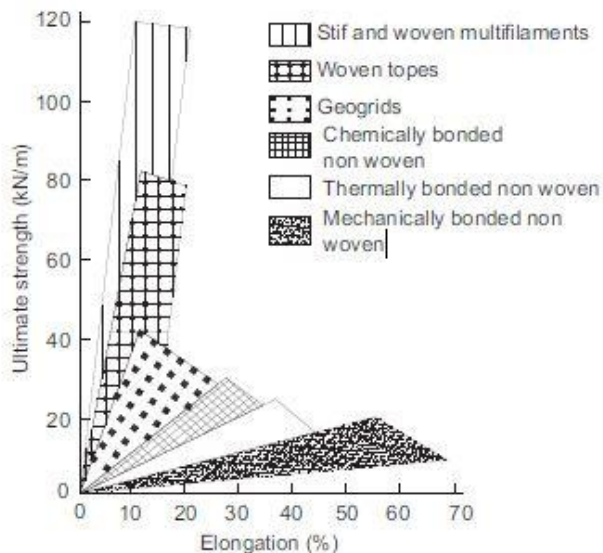
2.5.3 Karakteristik Geogrid Sebagai Bahan Perkuatan

2.5.3.1 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.” (Direktorat Jendral 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 direktorat jendral bina marga, dijelaskan bahwa Geogrid memiliki kuat tarik serta modulus tarik yang tinggi dengan tingkat regangan rendah bahkan dengan regangan 2%. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 Kuat tarik Geosintetik

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2009)

2.5.3.2 Interaksi Tanah dan Geogrid

Jika suatu produk geosintetik digunakan sebagai perkuatan tanah, maka perlu terjadi ikatan yang kuat antara tanah dengan geosintetik untuk mencegah tergelicirnya tanah diatas geosintetik atau tercabutnya geosintetik tersebut dari tanah . Interaksi tanah dan geogrid merupakan hal yang amat penting dalam kinerja dari tanah timbunan yang diperkuat oleh 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). Untuk tanah lempung, pengujian ini harus dilakukan pada situasi apapun.” (Direktorat Jendral Bina Marga,2009).

2.5.3.3 Tahanan Rangkak

“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.” (Direktorat Jendral Bina Marga, 2009).

Dalam modul pelatihan geosintetik (2009) disebutkan bahwa rangkak (*creep*) merupakan elongasi geosintetik akibat beban konstan. Perilaku rangkak ini perlu dievaluasi

karena sifat bahan polimer yang sensitif terhadap rangkak. Rangkak (*creep*) merupakan faktor penting pada struktur geoteknik seperti dinding penahan tanah, perkuatan lereng, perkuatan dan timbunan diatas tanah lunak. Pada pemanfaatannya tersebut dibutuhkan geosintetik dengan daya tahan yang panjang terhadap tegangan tarik yang umumnya berkisar hingga 75 tahun.

Ketika suhu lingkungan meningkat, maka sifat rangkak pada geosintetik akan memburuk. Tarikan rangkak yang berlebih pada perkuatan geosintetik dapat mengakibatkan deformasi yang besar pada struktur tanah yang diperkuat oleh geosintetik. Karena itu, diperlukan data sifat rangkak untuk memberikan indikasi terhadap ketahanan geosintetik dalam menahan beban dengan jangka waktu panjang ketika geosintetik digunakan sebagai perkuatan.

2.6 Geogrid Sebagai Material Perkuatan Tanah

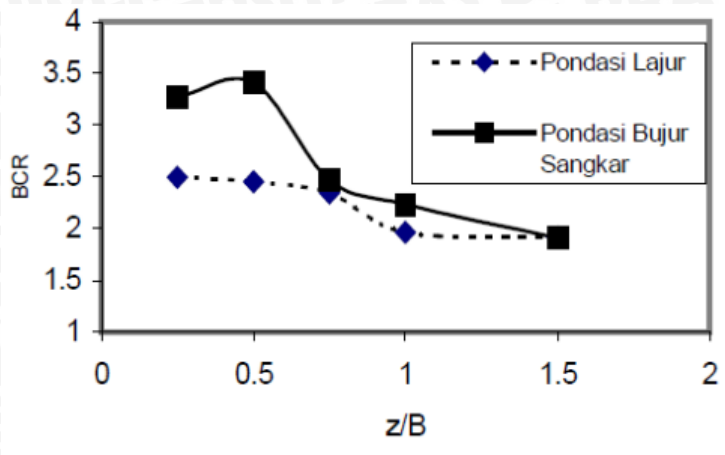
Nurly Gofar dan Bakrie Oemar (1990) menjelaskan bahwa dasar pemikiran penggunaan geogrid ialah pada pembentukan ikatan antara bahan pengisi (tanah) dengan elemen perkuatan yang ada pada geosintetis. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa gesekan yang terjadi pada dasarnya merupakan fungsi dari besarnya butiran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

Menurut Manfred R.Hausman (1990), penggunaan geogrid sebagai perkuatan ialah karena karakteristik tegangan puncak serta modulus tegangan tarik yang baik pada perkuatan ini. Beberapa penelitian membuktikan bahwa partikel tanah dan geogrid memiliki gesekan yang mengakibatkan interlocking . Pengaruh interlocking dari geogrid dan tanah tersebut mempunyai efek signifikan dalam tegangan tarik yang terjadi.

2.6.1 Penambahan Jumlah Lapisan Geogrid

2.6.2 Pengaruh Jarak Antar Lapisan Geogrid

Pada penelitian yang dilakukan oleh Pontjo Utomo (2004) yang meneliti geogrid dengan variasi jarak 0,25B; 0,5B; 0,75B; 1B; 1,5B; dan 2B, jarak optimum antara lapisan geogrid berada pada rasio $z/B = 0,25$. Adanya optimasi pada besarnya daya dukung yang dihasilkan dari percobaan tersebut yaitu meningkatnya daya dukung sebesar 2,5 kali lipat.

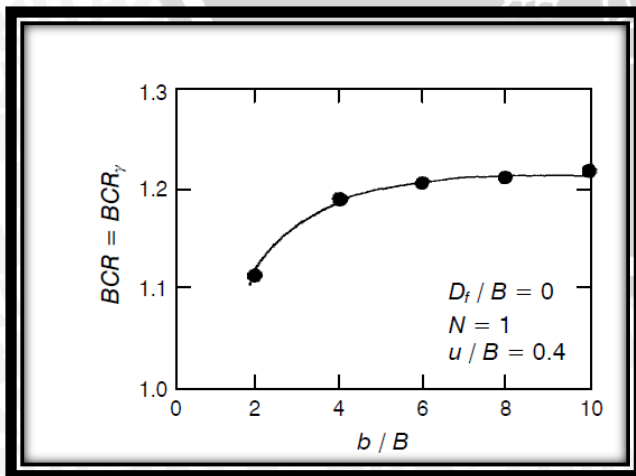


Gambar 2.11 Pengaruh rasio z/B terhadap BCR
 Sumber: Pontjo Utomo (2004)

Berdasarkan penelitian tersebut, menunjukkan besaran optimum jarak antar lapisan perkuatan geogrid optimum pada rasio z/B , maka kami menggunakan parameter jarak vertikal antar geogrid berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pontjo Utomo (2004) yaitu sebesar $0,25 B$. Penelitian ini menggunakan variasi pondasi yaitu 6 cm, 8 cm dan 10 cm, sehingga jarak vertikal geogrid yang digunakan ialah 1,5 cm, 2 cm, dan 2,5 cm.

2.6.3 Pengaruh Panjang Geogrid

Shin dan Braja Das (2000) melakukan penelitian peningkatan daya dukung pada pondasi menerus yang diberi perkuatan geogrid. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian mengenai panjang efektif geogrid yang digunakan dengan variasi panjang geogrid $2 B$, $4 B$, $6 B$, $8 B$, dan $10 B$. Data hasil penelitian ditunjukkan pada Gambar.2.12 yang peningkatan daya dukung terus terjadi, namun menunjukkan kondisi kritis pada rasio $l/B = 6$, sehingga nilai tersebutlah yang kami gunakan sebagai acuan

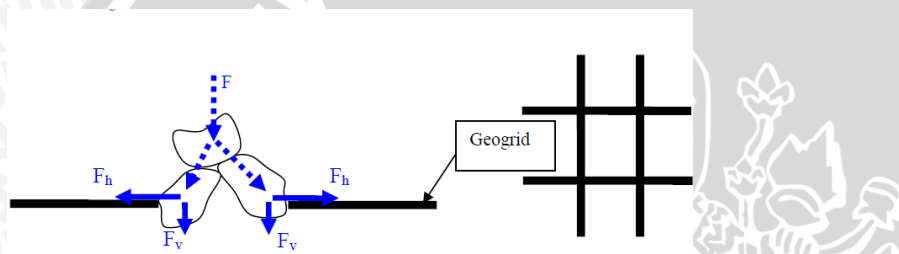


Gambar 2.12 Pengaruh rasio panjang geogrid terhadap daya dukung
 Sumber: Shin (2000)

2.7 Mekanisme Kerja Geogrid Pada Tanah

Sebagai salah satu jenis geosintetik, geogrid memiliki banyak kegunaan. Salah satu kegunaannya ialah berfungsi untuk stabilitas tanah dengan meningkatkan sifat mekanis tanah, meningkatkan faktor keamanan, serta meningkatkan daya dukung tanah khususnya pada tanah pasir.

Tanah pasir yang diberi perkuatan geogrid umumnya terdiri dari timbunan padat dengan digabungkan perkuatan geosintetik yang disusun ke arah horisontal. “Ketika tanah dan geosintetik digabungkan, material komposit (tanah yang diperkuat) tersebut menghasilkan kekuatan tekan dan tarik tinggi sehingga dapat menahan gaya yang bekerja dan deformasi. Pada tahapan tersebut, geosintetik berlaku sebagai bagian tahanan tarik (gesekan, *adhesi*, saling mengikat (*interlocking*) atau pengurungan (*confinement*)) yang digabungkan ke tanah/timbunan dan menjaga stabilitas massa tanah” (Prasasti, 2014:3).



Gambar 2.13 Mekanisme kerja Geogrid
Sumber : Gouw Tjie-Liong

2.7.1 Mekanisme Transfer Beban Antara Geogrid Dengan Tanah

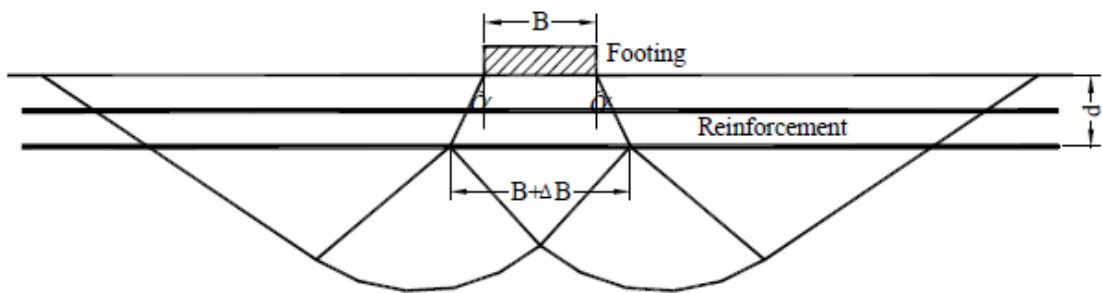
“Transfer beban antara geogrid dengan tanah dapat dijelaskan dengan mekanisme kegagalan geogrid. Terdapat dua mekanisme kegagalan pada geogrid yaitu meluncurnya masa tanah di atas perkuatan dan tercabutnya perkuatan geogrid. Kedua kegagalan tersebut sangat bergantung pada besarnya hambatan lekat pada geogrid.” (Musthafa, 2015:3).

Gaya penahan untuk kegagalan luncur disebabkan dari hambatan lekat antara tanah dengan geogrid yang menimbulkan tahanan geser. Tahanan geser tersebut juga dipengaruhi oleh tegangan normal yang terjadi di atas perkuatan geogrid.

Sedangkan pada mekanisme kegagalan cabut, gaya penahan yang dihasilkan berupa tahanan geser yang juga berasal dari hambatan lekat antara tanah dengan geogrid. Gaya tersebut terjadi khususnya di atas dan di bawah permukaan geogrid. Sama seperti mekanisme kegagalan luncur, tahanan geser yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh besarnya tegangan normal di atas permukaan geogrid tersebut.

2.7.2 Pola Keruntuhan Pondasi dengan Perkuatan

Qiming (2007) menjelaskan bahwa konsep dari keruntuhan pondasi dengan perkuatan ialah daya dukung yang berasal dari lebar pondasi diatas tanah perkuatan sama dengan pijakan yang lebar ($B+\Delta B$) pada kedalaman d . ΔB merupakan penambahan lebar pondasi akibat dari perkuatan yang diberikan pada tanah yang berasal dari ($2 \times d \tan \alpha$). Sementara yang dimaksud dengan α ialah distribusi tegangan yang disebabkan oleh keruntuhan *wide slab*.



Gambar 2.14 Tipe keruntuhan *wide slab* pada tanah dengan perkuatan geogrid di pondasi dangkal
sumber: Qiming (2007:28)

2.8 Kriteria Penentuan Beban Ultimit

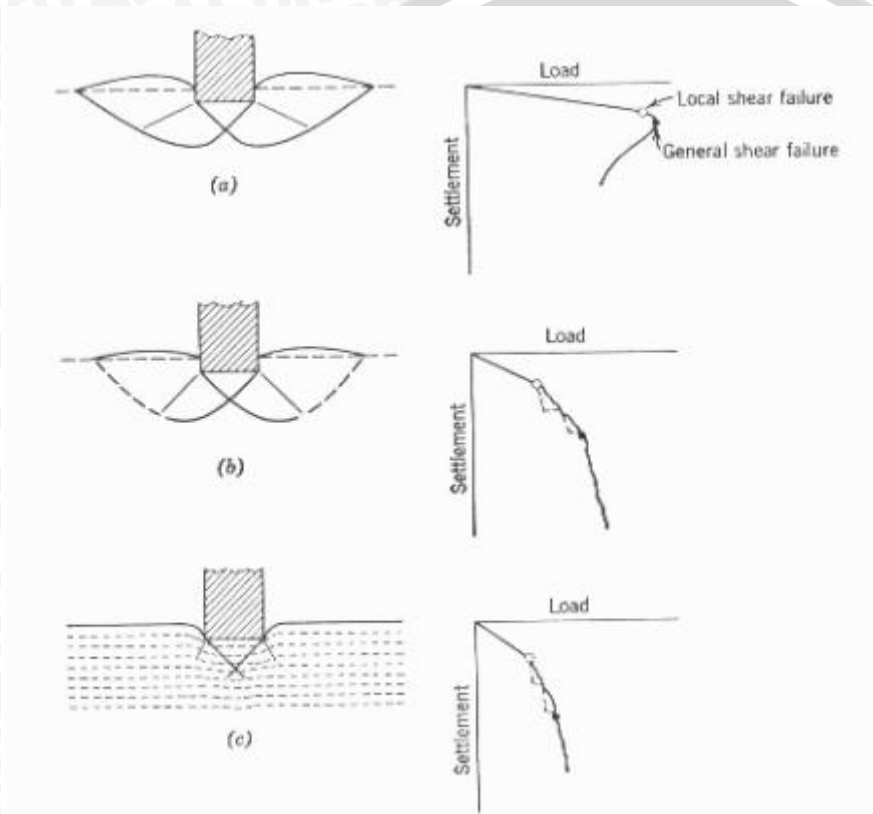
Dalam menentukan beban ultimit ada beberapa kriteria yang telah ada. Hasil dari penelitian yang ada menunjukkan bahwa beban ultimit berkisar antara 3% - 7% lebar pondasi untuk pondasi pada permukaan dan sekitar 15% untuk pondasi dangkal (Skempton (1951) dalam Vesic, 1975). Pada penelitian selanjutnya beban ultimit sebagai titik dimana kemiringan kurva beban lawan kurva penurunan pertama kali mencapai titik tetap minimum (*steady minimum value*) (Vesic1967). 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.

Antara kekuatan daya dukung tanah dengan beban terdapat beberapa kondisi antarlain *ultimate bearing capacity* untuk kondisi seimbang (q_{ult} , daya dukung batas) dan *allowable bearing capacity* (q_a , daya dukung ijin dengan faktor keamanan $F= 2-5$) untuk kondisi aman. Penentuan letak pondasi dalam menopang bangunan merupakan masalah yang paling sering dihadapi dalam perencanaan suatu bangunan. Tanpa adanya perencanaan yang tepat maka beban yang diberikan bangunan dapat melampaui daya

dukung tanah, sehingga dapat menyebabkan keruntuhan pada tanah. Macam keruntuhan yang dialami pondasi ada 3 yaitu sebagai berikut.

1. *General shear failure* (keruntuhan geser menyeluruh dari tanah di bawah pondasi)
2. *Local shear failure* (keruntuhan geser setempat dari tanah bawah pondasi)
3. *Punching shear failure* (keruntuhan geser setempat ke arah bawah pondasi)

Macam-macam keruntuhan pada pondasi tersebut ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 2.15 Jenis-jenis keruntuhan akibat beban sehubungan dengan pondasi:
(a) general shear, (b) local shear, dan (c) punching shear

Sumber: Koerner (1984)

2.9 Bearing Capacity Improvement (BCI)

Adanya pengaruh mengenai perkuatan tanah menggunakan geogrid 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 BCI_u dan daya dukung pada penurunan yang sama atau BCI_s (Herlin Indrawahyuni et al, 2012)

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

$$BCI = \frac{q}{q_0} \quad (2-9)$$

Dimana ;

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_u) dan daya dukung saat penurunan yang sama (BCI_s).

2.10 Penurunan

Jika lapisan tanah diberikan beban, maka akan timbul regangan atau penurunan. Regangan ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah ataupun akibat berkurangnya rongga pori/air di dalam tanah. Jumlah regangan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanah. Umumnya penurunan yang tidak seragam lebih membahayakan dibandingkan penurunan totalnya. Beberapa penyebab terjadinya penurunan akibat pembebanan adalah sebagai berikut:

1. Turunnya tanah akibat perubahan angka pori.
2. Keruntuhan geser akibat terlampauinya daya dukung tanah. Hal ini akan menyebabkan penurunan sebagian (*different settlement*) dan penurunan bangunan.

3. Distorsi geser pada tanah pendukungnya (*shear distorsion*).
4. Kerusakan akibat defleksi yang besar pada pondasi. Kerusakan ini umumnya terjadi pada pondasi dalam.

Pada umumnya terdapat dua jenis penurunan, yaitu:

1. Seketika atau penurunan yang terjadi pada waktu beban diterapkan atau dalam jangka waktu yang tidak terlampaui lama (berkisar tujuh hari).
2. Konsolidasi atau penurunan yang berlangsung dalam kurun waktu yang lama, mencapai beberapa bulan bahkan sampai tahunan.

Analisis penurunan seketika digunakan untuk jenis tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar dengan nilai koefisien rembesan yang besar. Sementara itu, analisa penurunan konsolidasi digunakan untuk tanah berbutir halus yang jenuh atau hampir jenuh. Hal ini disebabkan karena untuk tanah jenis ini akan ditaksir besarnya penurunan (ΔH) dan lamanya waktu yang diperlukan hingga tidak terjadi penurunan lagi.

Hal yang harus diperhatikan dalam menghitung besarnya penurunan adalah penyebaran tekanan pondasi ke tanah dasar, dimana hal ini sangat bergantung pada kekakuan pondasi dan sifat-sifat tanah itu sendiri. Tekanan yang terjadi akibat pertemuan pondasi dan tanah disebut tekanan sentuh (*contact pressure*), dimana tekanan ini berpengaruh terhadap distribusi momen dan tegangan geser pondasi terhadap tanah. Dalam praktiknya, sangat jarang dijumpai pondasi yang benar-benar kaku, karena itu distribusi tekanan sentuh yang terjadi yaitu antara pondasi kaku ataupun fleksibel dengan tanah dapat dianggap seragam apabila terbagi rata ke semua bidang pondasi.



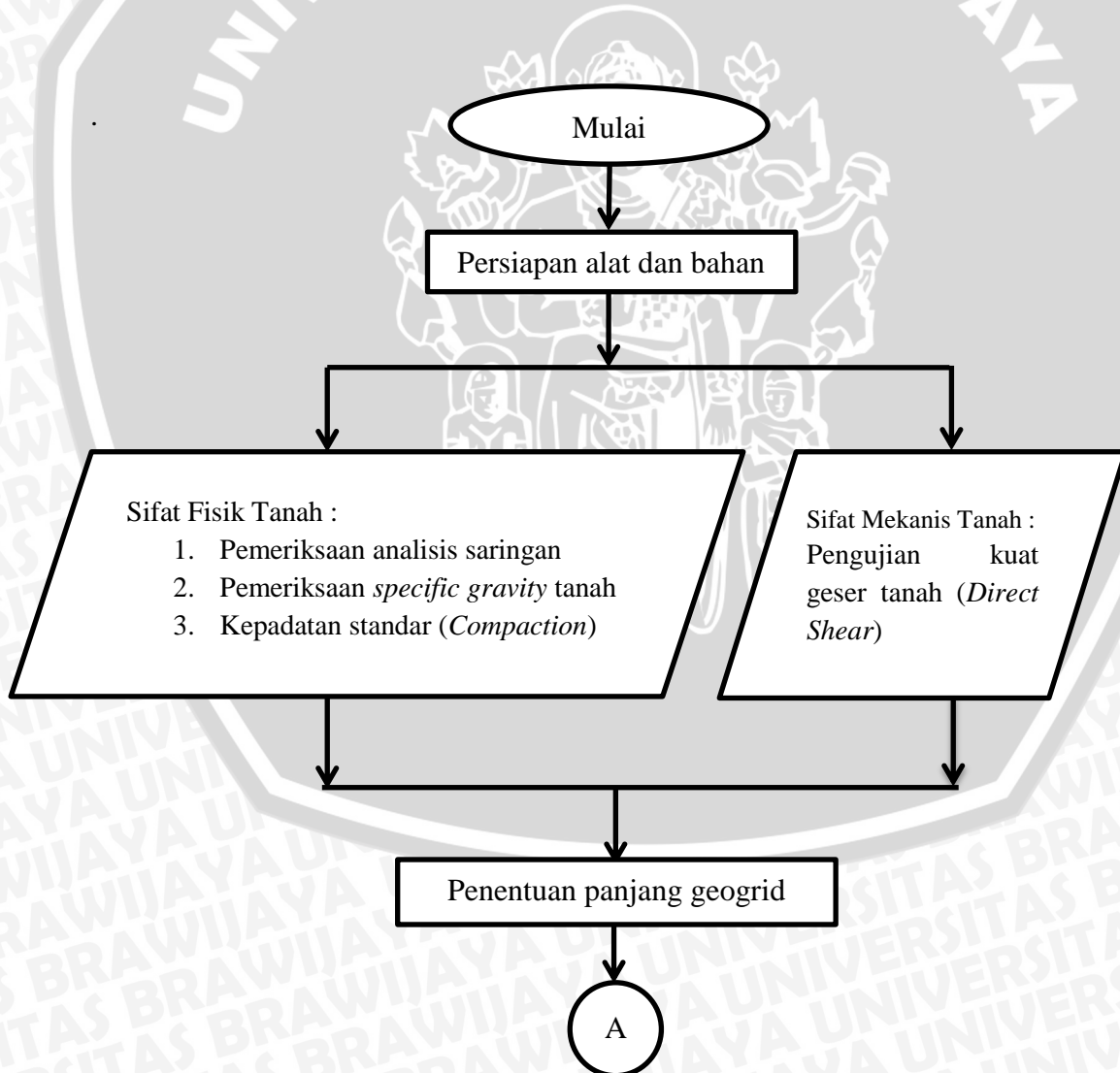
BAB III METODE PENELITIAN

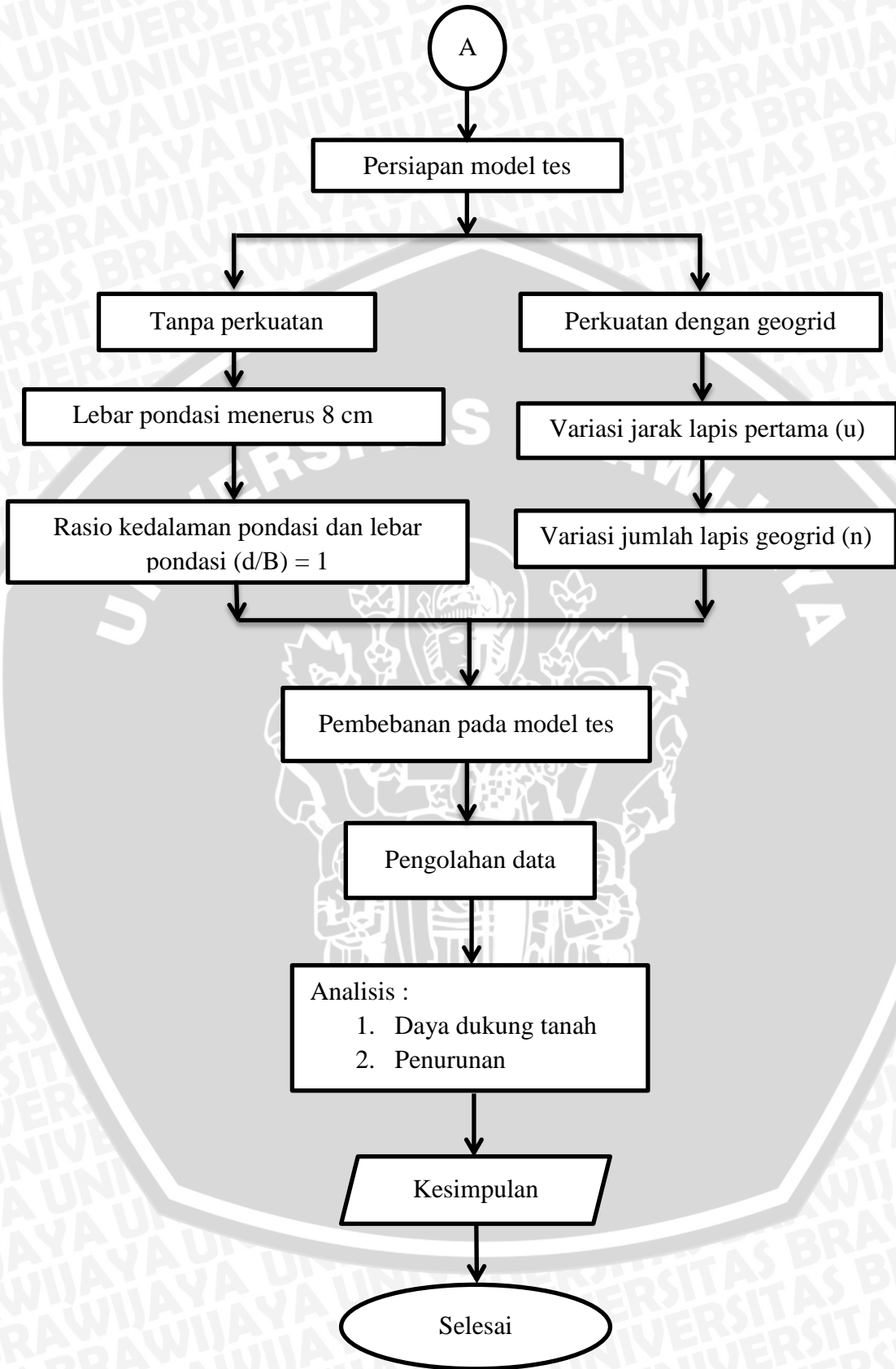
3.1 Waktu dan Tempat

Waktu : April 2016 sampai dengan Juni 2016

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

3.2 Bagan Alir Tahapan Penelitian





Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model tanah dasar dari timbunan tanah pasir lumajang. Tanah yang digunakan termasuk jenis tanah pasir dengan symbol SP (*Poorly Graded Sand*) berdasarkan sistem *Unified* (USCS). Sedangkan geogrid yang digunakan adalah geogrid dengan tipe biaksial dari PT. Tetrasa Geosinindo.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Silinder beton
- Balok pembebanan
- Dongkrak hidrolik
- Load cell*
- LVDT

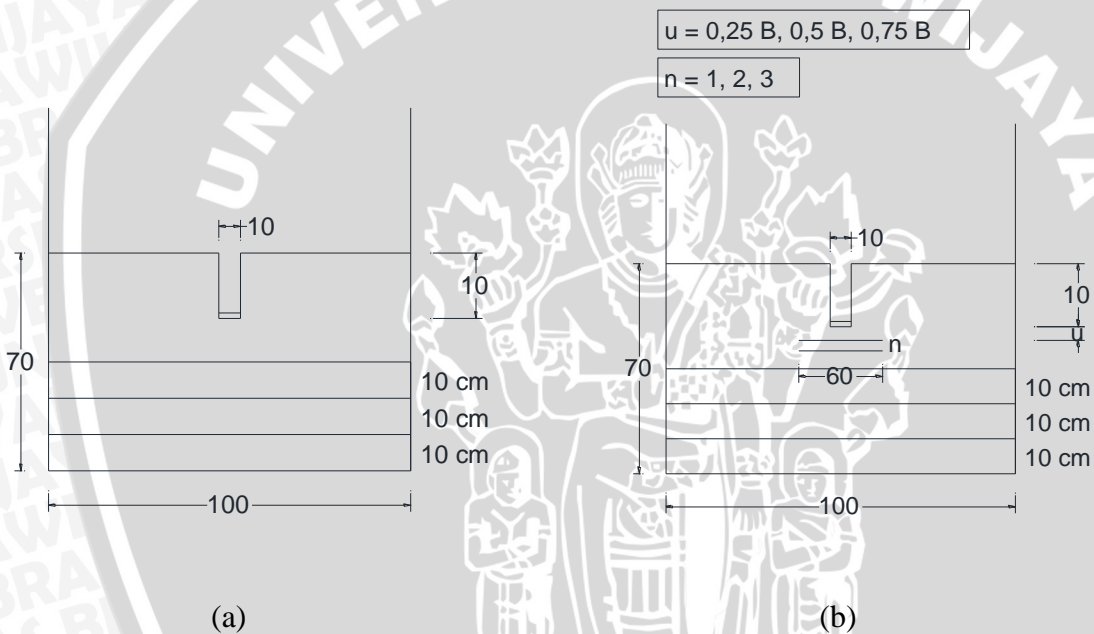
Gambar peralatan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar.3.2 berikut:



Gambar 3.2 Peralatan yang digunakan dalam penelitian : (a) silinder beton, (b) dongkrak hidrolik, (c) *Load Cell*, (d) *box* pengujian dan (e) LVDT

3.4 Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

Percobaan ini dibuat 9 buah benda uji dengan 3 variasi jarak lapisan geogrid pertama dari dasar pondasi dan 3 variasi jumlah lapisan geogrid untuk pondasi telapak persegi yang diletakkan di tanah datar dengan RC 85%. Jarak lapisan pertama geogrid dari dasar pondasi dibuat dengan variasi 0,25 B, 0,5 B, dan 0,75 B. Pondasi telapak dengan lebar pondasi 8 cm, diletakkan di permukaan timbunan tanah pasir dengan rasio $d/B=1$. Jumlah lapisan geogrid yang dibuat pada permodelan tanah pasir ialah sejumlah 1, 2, dan 3 lapis perkuatan geogrid. Pengulangan pada benda uji akan dilakukan dengan perlakuan yang sama apabila hasil dari pengujian terdapat penyimpangan. Perlakuan pada benda uji ditunjukkan pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Model Tes Percobaan (a) Tanpa perkuatan geogrid (b) Dengan perkuatan geogrid

Ada beberapa faktor yang berpengaruh dalam pembuatan benda uji. Faktor-faktor tersebut sangat menentukan keberhasilan dari penelitian ini, oleh sebab itu faktor tersebut perlu diperhatikan. Salah satu faktor yang mempengaruhi penelitian ini adalah pemadatan.

Karena tanah yang digunakan dalam pengujian merupakan jenis tanah pasir, maka metode pemadatan tanah yang digunakan ialah dengan menggilas tanah menggunakan beton silinder. Menurut Braja M Das 1999, sebagian besar pemadatan dilapangan dilakukan dengan penggilas (roller) besi. Metode penggilasan dengan besi berpemukaan halus cocok digunakan pada penggilasan jenis tanah pasir atau lempung.

Ketinggian tanah yang diinginkan di tiap lapisan tanah ialah 10 cm, sehingga penggilasan dilakukan beberapa kali hingga mencapai ketinggian yang ditetapkan. Pemadatan dengan cara ini didasarkan pada kontrol volume yaitu dengan menimbang berat tanah yang dimasukkan kedalam box. Volume tanah yang dimasukan kedalam box ditentukan melalui penelitian pendahuluan untuk mendapatkan kepadatan tanah yang diinginkan dengan metode *density ring*.

3.5 Metode Penelitian

3.5.1 Pengujian Dasar

Dalam penelitian ini dilakukan penelitian dasar pada tanah, yaitu:

- a. Pemeriksaan *specific gravity* butiran tanah mengikuti ASTM D-854-58
- b. Pemeriksaan analisis saringan menurut ASTM C-136-46
- c. Pemeriksaan kekuatan geser langsung (*Direct Shear*) menurut ASTM D-3080-72
- d. Kepadatan standar (*Compaction*) mengikuti ASTM D-698-70

3.5.2 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 $100 \times 100 \times 70 \text{ cm} = 700000 \text{ cm}^3$ yang dibagi dalam beberapa lapisan. Kepadatan didapatkan menggunakan metode penggilasan urugan tanah dengan menggunakan silinder yang terbuat dari beton seberat 12 kg dengan tinggi 30 cm. Tanah yang telah digilas dan telah padat kemudian dihitung beratnya untuk diukur ke dalam box hingga mencapai ketinggian yang sudah ditentukan. Tinggi yang ditentukan yaitu 10 cm, kemudian di uji kepadatannya dengan menggunakan uji *density*.

Pengujian menggunakan *box* persegi panjang yang terbuat dari besi dan *fiberglass* dengan dimensi panjang 1,5 m, lebar 1,0 m, dan tinggi 1,0 m. Dasar dari *box* terbuat dari plat besi dengan ketebalan 1,2 cm. *box* dibuat sekaku mungkin dan *fiberglass* digunakan sebagai bidang pengamatan pada saat pengujian dilakukan. disekitar box diberikan perkuatan dengan plat baja siku 40.40.4 untuk mempertahankan *box* agar supaya tidak meregang.



Gambar 3.4 Model box penelitian

3.5.3 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 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 3.3 (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 lebar pondasi.

Langkah-langkah dalam percobaan pada pembuatan pemodelan pondasi dangkal 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 perlapis lalu digilas menggunakan silinder beton pada setiap lapisannya sesuai tinggi lapisan yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 (b). Setiap lapisan dikontrol kadar air dan kepadatannya menggunakan uji *density*.
3. Menghamparkan geogrid dengan perletakan seperti pada Gambar 3.3 (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 jarak lapisan pertama geogrid dari dasar pondasi dan jumlah lapisan perkuatan geogrid.

3.5.4 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 baja profil WF. Sebagai faktor kedalaman, pondasi ditanam sesuai dengan kedalaman rencana.

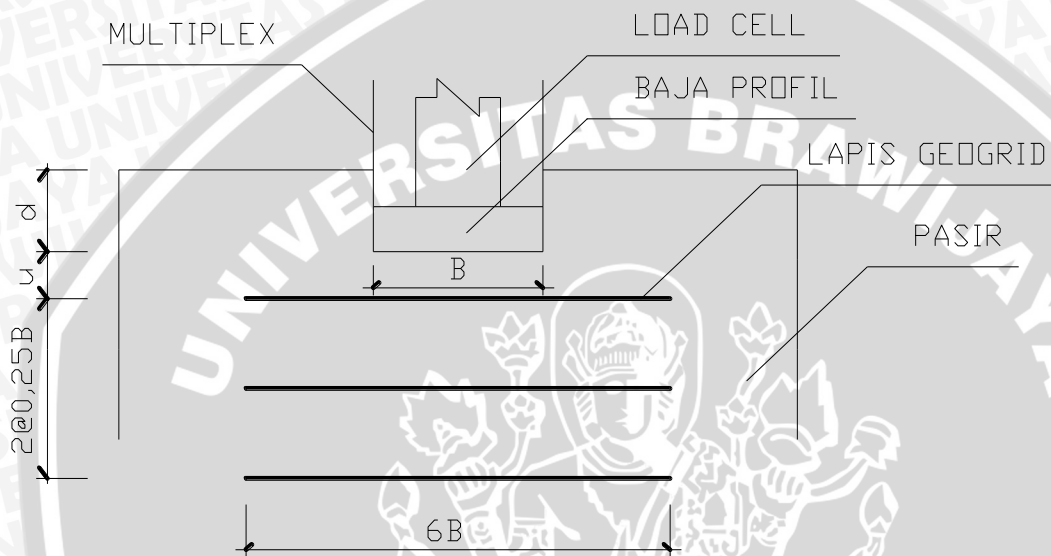
Pada kedua sisi pondasi diberi multiplex sebagai penahan tanah pasir agar tanah pasir tidak runtuh dan membebani pondasi.

Adapun langkah-langkah pengujian pembebanan adalah sebagai berikut:

1. Memasang pondasi menerus dari profil baja WF pada tanah permodelan. Luas pondasi yang digunakan adalah 8 cm dan dipasang sesuai dengan variabel $d/B=1$.
2. Memasang *load cell* guna mengukur besarnya beban yang pada tanah. Untuk memastikan beban sudah terletak tepat di tengah pondasi dan tidak mengalami momen, dilakukan pengecekan dengan *waterpass*.
3. Memasang *dial LVDT* dan *LVDT digital* pada pondasi seperti ilustrasi pada Gambar 3.5. guna mengetahui berapa penurunan selama pembebanan.

4. Uji pembebanan dengan dongkrak hidrolik. Pembebanan dilakukan bertahap tiap 5 kg hingga beban tidak dapat ditambahkan lagi atau hingga pondasi 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 3.5 Contoh susunan pembebanan

3.6 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 jumlah lapis geogrid dan lebar pondasinya.

Daya dukung dihitung dengan Persamaan 3.1 berikut:

$$qu = \frac{Pu}{A} \quad (3-1)$$

Dimana,

P_u = beban maksimum yang dicatat saat uji pembebanan

A = luasan pondasi

Tabel 3.1. Daya dukung dan penurunan pondasi dangkal tanpa perkuatan

No.	Lebar Pondasi (cm ²)	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (kg)	qu (kN/cm ²)
1	8			

Tabel 3.2 Daya dukung dan penurunan pondasi telapak menggunakan perkuatan dengan variasi jarak lapis geogrid teratas dan jumlah lapis geogrid

No.	Jarak Lapis Geogrid Teratas (cm)	Jumlah lapis Geogrid	Penurunan (mm)	Beban maksimum (kg)	qu (kN/cm ²)
1		1			
2	0,25B	2			
3		3			
4		1			
5	0,5B	2			
6		3			
7		1			
8	0,75B	2			
9		3			

Tabel 3.3 Daya dukung dan penurunan pondasi telapak menggunakan perkuatan dengan variasi jumlah lapis geogrid dan jarak lapis geogrid teratas

No.	Jumlah lapis Geogrid	Jarak Lapis Geogrid Teratas (cm)	Penurunan (mm)	Beban maksimum (kg)	qu (kN/cm ²)
1		0,25 B			
2	1	0,5 B			
3		0,75 B			
4		0,25 B			
5	2	0,5 B			
6		0,75 B			
7		0,25 B			
8	3	0,5 B			
9		0,75 B			

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 :

$$BCI = \frac{q}{q_0} \quad (3-2)$$

Dimana,

BCI = *Bearing Capacity Improvement*

q = daya dukung dengan perkuatan geogrid

q₀ = daya dukung tanpa perkuatan

Data hasil perhitungan BCI nantinya ditampilkan seperti dalam Tabel 3.4, yaitu:

Tabel 3.4 *Bearing Capacity Improvement (BCI)* untuk variasi letak lapis geogrid teratas dan jumlah lapis geogrid

No.	qu pondasi tanpa perkuatan (kN/cm ²)	Jumlah lapis geogrid	qu pondasi dengan perkuatan geogrid (kN/cm ²)			BCI		
			0,25B	0,5B	0,75B	0,25B	0,5B	0,75B
1		1						
2		2						
3		3						

3.7 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:

- Daya dukung tanah dengan perkuatan maupun tanpa perkuatan
- Pola keruntuhan yang terjadi akibat pembebanan
- Beban maksimum yang mampu ditahan pondasi
- Penurunan yang terjadi akibat pembebanan

b. Variabel Bebas dalam penelitian ini yaitu:

- Jenis pondasi yang digunakan ialah pondasi menerus
- Lebar pondasi yang digunakan yaitu 8 cm
- Rasio luas geogrid yang digunakan adalah 6B dan luas yang digunakan sebesar 3600 cm²
- Rasio kedalaman yang digunakan sebesar $d/B = 1$, dimana kedalaman yang dipakai 8 cm
- Rasio jarak pondasi ke lapisan pertama geogrid sebesar 0,25B ; 0,5B ; 0,75B
- Kepadatan tanah pasir dengan RC 85%
- Rasio jarak vertikal geogrid sebesar 0,25 B. Jaraknya 1,5 cm, 2 cm dan 2,5 cm



BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Analisis Bahan

Dalam penelitian ini, digunakan 3 bahan utama yaitu pasir, pondasi dan geogrid yang digunakan sebagai perkuatan. Karakteristik dari bahan utama tersebut ialah :

- a. Tanah pasir bergradasi buruk dengan symbol SP (*Poorly Graded Sand*) berdasarkan sistem klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*).
- b. Pondasi yang digunakan untuk menerima dan meneruskan beban ialah jenis pondasi menerus dengan lebar pondasi (B) 8 cm. Pondasi tersebut terbuat dari material baja profil WF sehingga bersifat kaku (rigid) serta diberi multiplex di sisi kanan dan kirinya untuk menahan tanah.
- c. Material perkuatan yang digunakan ialah geogrid jenis biaksial Miragrid GX 40/40 dengan kuat tarik 40 kN/m².

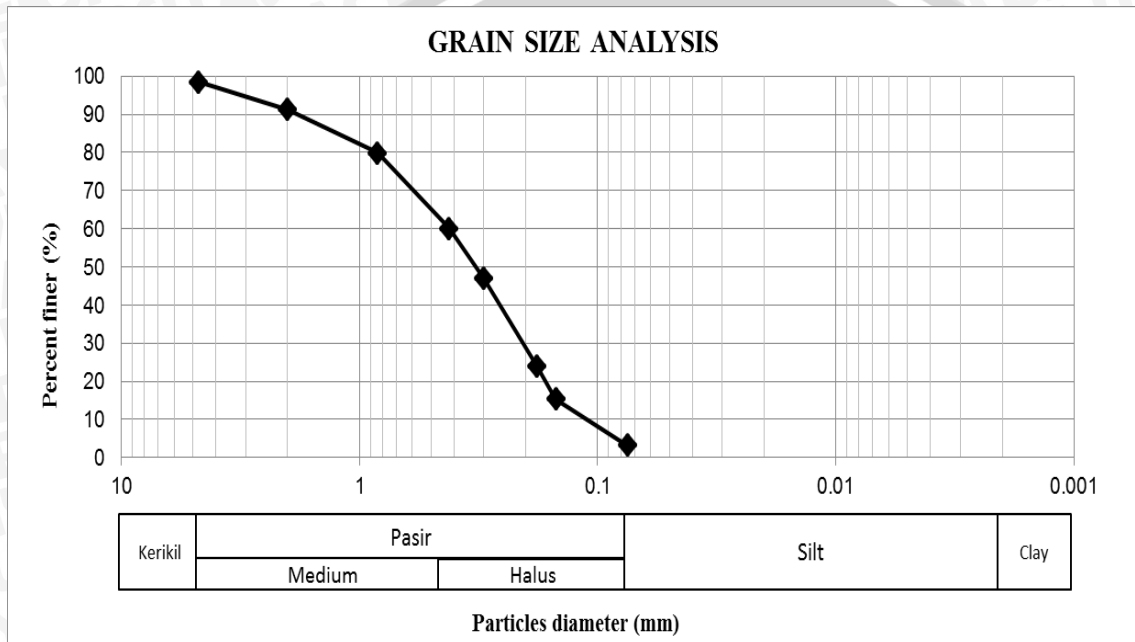
Tabel 4.1 Tipe Geogrid

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										
Nominal roll length	m	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
Estimated roll weight (+/- 10%)	kg	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	kg	132	129	176	160	249	189	244	310	374



4.1.1 Analisis Gradasi Butiran Tanah

Di awal penelitian dilakukan penelitian dasar untuk mengetahui karakteristik tanah pasir yang digunakan. Salah satu jenis pengujian yang dilakukan ialah analisis gradasi butiran tanah. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui persentase pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar yang terkandung dalam tanah dengan menggunakan saringan. Data yang diperoleh dari pengujian tanah pasir disajikan pada Gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Hasil pembagian ukuran butir tanah

Berdasarkan data hasil pengujian tersebut, dapat diketahui persentas pasir yang lolos saringan no.200 ialah sebesar 3,27%. Berdasarkan sistem Klasifikasi Unified, tanah tersebut tergolong sebagai tanah berbutir kasar yaitu persentase tanah yang tertahan saringan no.200 ialah lebih dari 50% dari keseluruhan.

Untuk mengklasifikasikan jenis pasir, maka digunaka rumus berikut ini.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \neq 1 < C_c < 3$$

Diketahui:

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

$$D_{30} = 0.2$$

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

$$C_u = \frac{0,4}{0,12} = 3,333 < 6$$

$$C_c = \frac{(0,2)^2}{0,12 \times 0,4} = 0,833331 < 1$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai C_u kurang dari 6 dan nilai C_c tidak berada diantara 1 dan 3 yang menunjukkan bahwa jenis pasir tersebut tidak memenuhi dua kriteria sebagai pasir bergradasi baik atau SW (*Well Graded Sand*). Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka tanah pasir yang digunakan sebagai benda uji tergolong pasir bergradasi buruk dengan simbol SP (*Poorly Graded Sand*).

4.1.2 Analisis Specific Gravity

Pengujian *Specific Gravity* dilakukan untuk menentukan berat jenis tanah dengan butiran yang lolos saringan no.4 menggunakan alat bantu yaitu picnometer. Yang dimaksud dengan *Specific Gravity* adalah berat butir tanah dibandingkan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

Data dari hasil penelitian dasar di laboratorium dimasukkan kedalam persamaan berikut.

$$SG = \frac{W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Dengan

SG = *Specific Gravity*

W_s = Berat tanah kering

W_1 = Berat labu ukur + air + tanah

W_2 = Berat labu ukur + air

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, didapatkan nilai *Specific Gravity* sebesar 2,6481 seperti disajikan dalam Tabel 4.2 berikut.

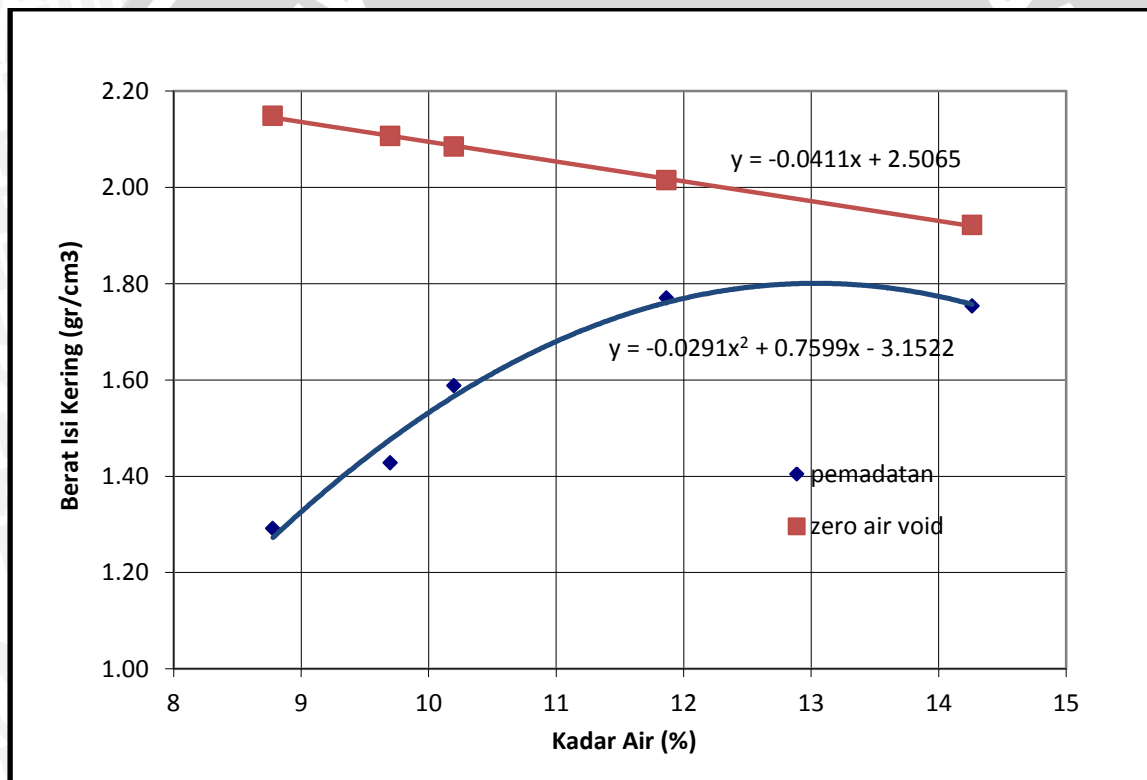
Tabel 4.2 Rata-rata *Specific gravity* pasir

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 dengan kepadatan tanah yang dinyatakan dalam berat isi kering. Pengujian dilakukan dengan memadatkan tanah didalam mold berdiameter 15,5 cm menggunakan proktor standar dengan berat 2,5 kg. Tinggi jatuh untuk pemadatan standar ialah sebesar 30,48 cm (12 inch) dengan jumlah tumbukan sebanyak 56 kali disetiap lapisannya. Uji pemadatan ini mengacu pada ASTM D-698-70 metode B. Dari hasil pengujian tersebut, didapatkan nilai berat isi kering (γ_d) maksimum sebesar 1,801 gr/cm³ dengan kadar air optimum (OMC) sebesar 13,038%. Grafik pengujian tersebut ditunjukkan dalam Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Grafik Pemadatan Standar

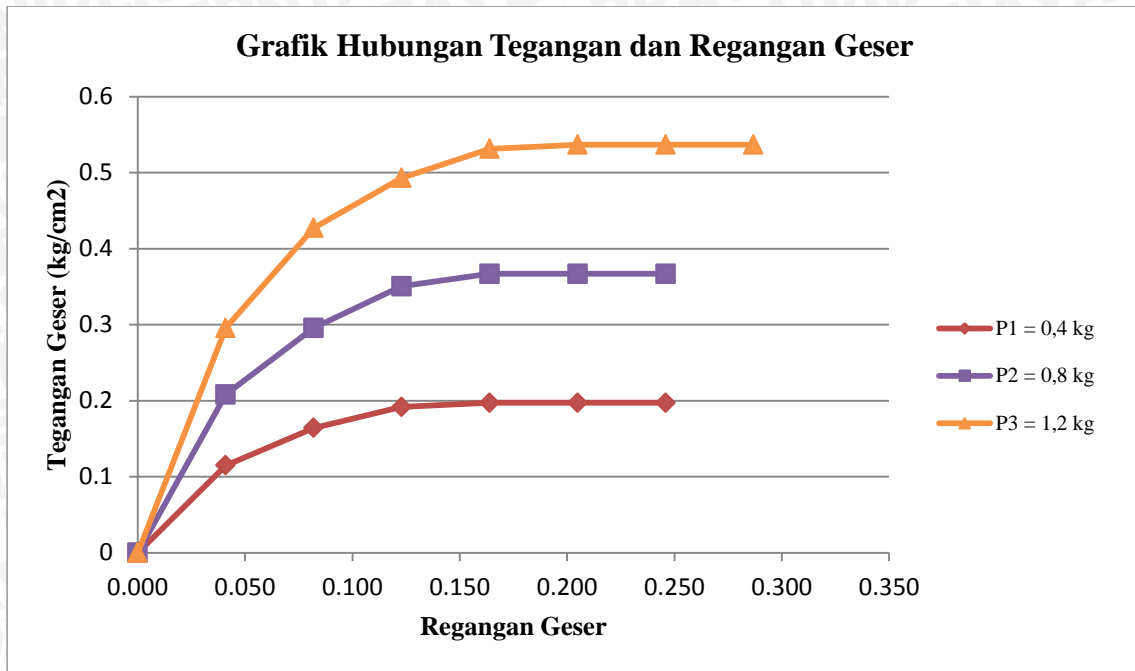
4.1.3.2 Kepadatan Tanah Model

Kepadatan tanah model (γ_{Lap}) digunakan karena saat percobaan sulit untuk mencapai kepadatan maksimum seperti yang didapatkan pada percobaan di laboratorium. Untuk mendapatkan berat isi kering pada model tanah, digunakan *density ring* yang menghasilkan nilai berat isi kering dari model tanah (γ_{Lap}). Perbandingan bert isi kering model tanah (γ_{Lap}) dengan berat isi kering yang didapatkan di laboratorium (γ_{Lab}) menghasilkan nilai kepadatan relative (RC). Berat isi kering (γ_{Lap}) yang dipakai dalam penelitian ini ialah 1,68 gr/cm³ dengan kepadatan relatif 85%.

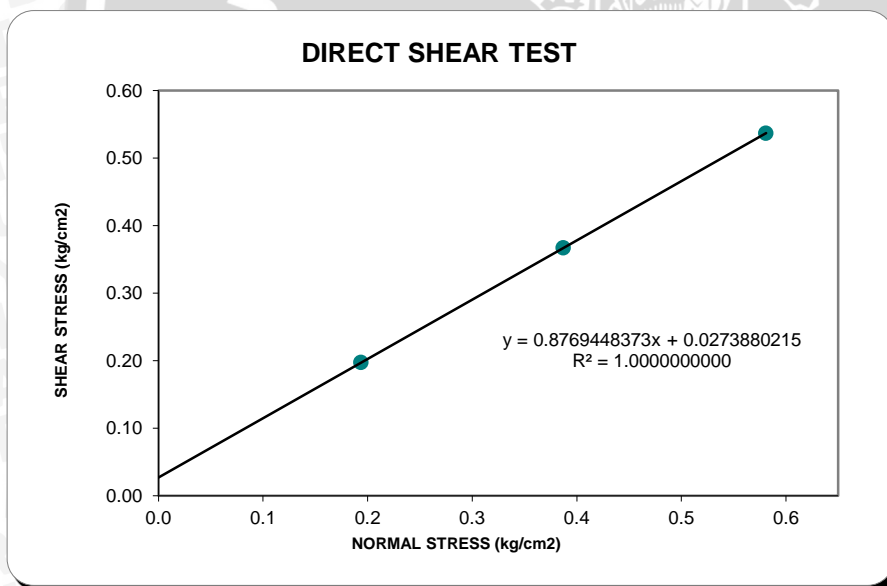
Permodelan tanah pasir dibagi menjadi 7 lapisan dengan tinggi masing-masing lapisan sebesar 10 cm. Tiap lapisan dipadatkan dengan cara menggilas tanah menggunakan silinder beton seberat 11,28 kg dan tinggi 30 cm hingga mencapai ketinggian target yaitu 10 cm. Setelah dicapai ketinggian 10 cm, kemudian dilakukan pengujian kepadatan menggunakan *density ring* untuk mengontrol agar kepadatan sesuai dengan kepadatan rencana.

4.1.4 Analisis Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*)

Pengujian geser langsung dilakukan untuk mendapatkan parameter nilai kohesi tanah (c) serta nilai sudut geser dalam tanah (ϕ). Hasil pengujian ini disajikan dalam grafik hubungan antara tegangan normal (σ) dan tegangan geser maksimum (τ). Dari grafik tersebut didapatkan nilai kohesi tanah serta nilai sudut geser tanah dengan menghubungkan ketiga titik yang diperoleh dengan garis linear sehingga membentuk garis lurus yang memotong sumbu vertikal pada nilai kohesi (c) dan memotong sumbu horizontal dengan membentuk sebuah sudut yang merupakan sudut geser dalam tanah (ϕ). Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh nilai sudut geser tanah (ϕ) sebesar 41,25° dan nilai kohesi (c) sebesar 0,027 kg/cm². Grafik hasil pengujian *direct shear* disajikan pada Gambar 4.3 berikut ini.



(a)



(b)

Gambar 4.3 (a) Hubungan antara tegangan geser dan regangan geser, (b) Hubungan antara tegangan geser dengan regangan normal

4.2 Pengujian Model Test

Pada penelitian ini digunakan boks uji dengan ukuran 100 cm x 150 cm x 100 cm yang selanjutnya akan diisi dengan tanah pasir. Pengisian pasir dilakukan dengan membagi menjadi 7 lapisan dengan ukuran tiap lapisannya ialah 100 cm x 100 cm x 10 cm. Dilakukan kontrol volume di setiap lapisan pasir yaitu dengan memasukkan pasir (WC =

10%) seberat 168,5 kg . Selanjutnya dilakukan kontrol kepadatan tanah di setiap lapisan dengan menggunakan *density ring*.

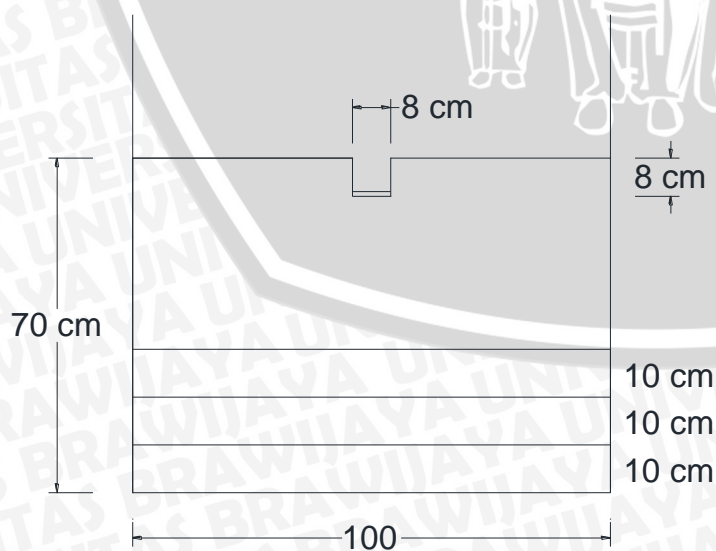
Pada lapisan terakhir, tinggi pasir di batasi untuk membentuk faktor kedalaman pondasi (d/B) = 1 yaitu 8 cm dari permukaan tanah. Setelah mencapai ketinggian 62 cm, kemudian diletakkan pondasi di atas tanah tersebut dimana di kanan dan kiri pondasi tersebut diberi multiplex untuk menahan tanah pasir agar tidak jatuh dan memberi beban tambahan pada pondasi. Selanjutnya dimasukkan pasir di kanan dan kiri sisi pondasi hingga mencapai ketinggian 70 cm. Setelah mencapai ketinggian target, permodelan pasir didiamkan selama ± 30 menit agar tanah pasir dapat mengisi rongga-rongga yang masih kosong. Selanjutnya dilakukan pemasangan alat uji pembebanan pada permodelan tersebut dan dilakukan pembebanan setiap kelipatan 50 kg hingga tanah pasir tersebut mengalami keruntuhan dan tidak mampu lagi menahan beban di atasnya.

4.3 Hasil Pengujian *Model Test*

4.3.1 Tanah Pasir Tanpa Perkuatan

Pada tahapan awal penelitian, dilakukan pengujian model tanah pasir tanpa perkuatan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang akan dibandingkan dengan model tanah pasir dengan perkuatan geogrid. Permodelan tanah pasir tanpa perkuatan dilakukan hanya terhadap 1 kondisi yaitu tanah pasir RC 85% dengan pondasi 8 cm dan rasio kedalaman pondasi (d/B) = 1.

Contoh permodelan tanah pasir tanpa perkuatan ditunjukkan pada Gambar 4.4 berikut



Gambar 4.4 Permodelan Tanah Pasir Tanpa Perkuatan

4.3.1.1 Hasil Pemeriksaan Kepadatan dan Kadar Air

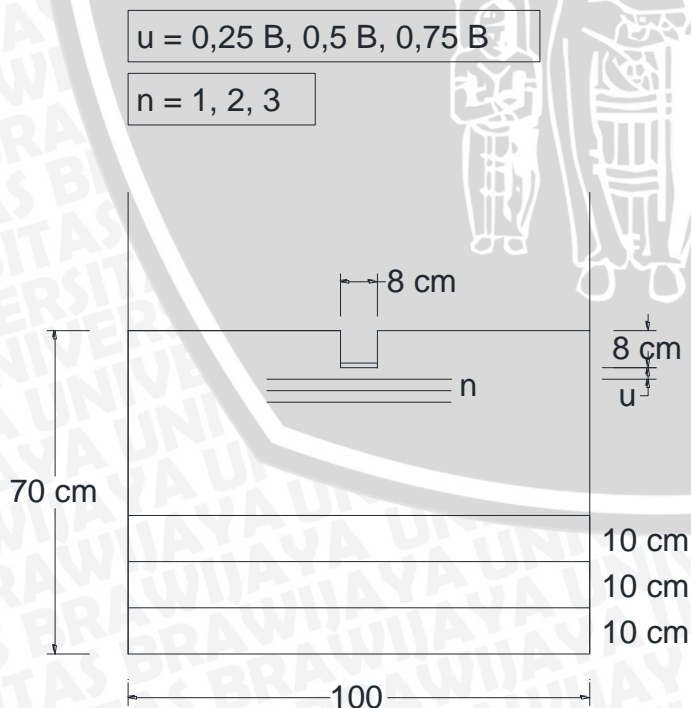
Dari hasil pengujian yang dilakukan pada permodelan tanah pasir, didapatkan nilai kadar air dan berat isi kering menggunakan *density ring* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Nilai kadar air dan berat isi kering tanah lereng tanpa perkuatan

No	Lebar Pondasi (cm)	Faktor kedalaman (d/B)	Berat Isi Kering (gr/cm^3)	Kadar air (%)
1.	8	1	1,532	9,77

4.3.2 Tanah Pasir Dengan Perkuatan Geogrid

Pengujian model tanah pasir dengan perkuatan geogrid dilakukan sebanyak 9 kali sesuai dengan variable yang diteliti. Permodelan tanah pasir dilakukan dengan variasi jarak lapis geogrid teratas (u/B) yaitu 2 cm; 4 cm; 6cm dan dengan variasi jumlah lapisan perkuatan geogrid (n) yaitu 1, 2, dan 3. Variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini ialah lebar pondasi (B) sebesar 8 cm dengan kedalaman pondasi (d) sebesar 8 cm. contoh permodelan tanah pasir dengan perkuatan geogrid ditunjukkan pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Permodelan tanah pasir dengan perkuatan

4.3.2.1 Hasil Pemeriksaan Kepadatan dan Kadar Air

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada permodelan tanah pasir dengan perkuatan, diperoleh nilai kadar air dan berat isi kering dengan menggunakan *density ring* yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Nilai Kadar Air dan Berat Isi Kering Tanah Pasir dengan Perkuatan

No	Variabel Terikat	Variabel Bebas		Berat Isi Kering (gr/cm ³)	Kadar air (%)
		u	n		
1	B = 8 cm d/B = 1	0,25 B = 2,5 cm	1	1,519	10,08
2			2	1,527	10,72
3			3	1,532	9,62
4		0,5 B = 5 cm	1	1,521	10,29
5			2	1,531	10,08
6			3	1,519	9,90
7		0,75 B = 7,5 cm	1	1,533	10,38
8			2	1,523	10,23
9			3	1,530	10,02

4.4 Analisi Daya Dukung Tanah Pasir RC 85 %

4.4.1 Tanah Pasir Tanpa Perkuatan

4.4.1.1 Metode Analitik

Selain melakukan pengujian langsung di laboratorium, ada cara pendekatan perhitungan secara analitik pada tanah pasir tanpa perkuatan. Untuk mendapatkan prakiraan dasar nilai daya dukung tersebut maka digunakan metode Meyerhof dan Terzaghi modifikasi. Nilai daya dukung yang didapatkan secara analitik ditunjukkan pada Tabel 4.5 berikut

Tabel 4.5 Nilai daya dukung analitik untuk tanah pasir tanpa perkuatan

Lebar pondasi (cm)	Kedalaman pondasi (cm)	Metode Analitik	Qu
			(kN/m ²)
8	8	Meyerhof	223,258
		Hansen	190,537
		Vesic	214,722

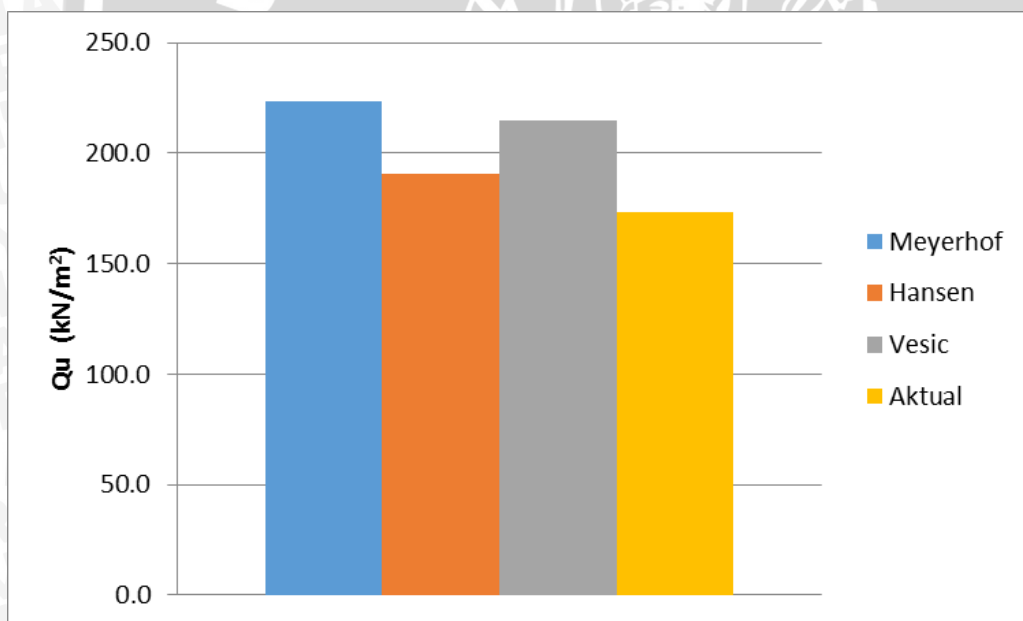
4.4.1.2 Metode Eksperimen

Salah satu hal yang ingin dicapai dalam penelitian ini ialah untuk mengetahui daya dukung maksimum yang dapat terjadi pada permodelan tanah. Dari uji pembebanan yang dilakukan pada permodelan pasir tanpa perkuatan, diperoleh hasil daya dukung seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen untuk tanah pasir tanpa perkuatan

Lebar Pondasi (cm)	Kedalaman Pondasi (cm)	Penurunan (mm)	s/B (%)	Qu (kN/m ²)
8	8	7,935	9,919	173,177

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



Gambar 4.6 Perbandingan nilai daya dukung pada model tanah pasir tanpa perkuatan berdasarkan metode eksperimen dan analitik.

4.4.2 Tanah Pasir Dengan Perkuatan Geogrid

Pada pengujian yang dilakukan pada tanah pasir dengan perkuatan geogrid dengan variasi jarak lapis pertama geogrid (u) dan jumlah lapisan perkuatan geogrid (n) diperoleh nilai daya dukung sebagai berikut.

Tabel 4.7 Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen untuk tanah pasir dengan perkuatan dengan variasi jumlah lapisan geogrid (n)

Jarak Lapisan Pertama Geogrid (u/B)	Jumlah Lapisan Geogrid (n)	Beban (kg)	Penurunan (mm)	s/B (%)	Qu	Qu
					(kg/cm ²)	(kN/cm ²)
0,25	1	1706	8,705	10,881	2,221	222,135
	2	2131	10,150	12,688	2,775	277,474
	3	2330	5,758	7,197	3,034	303,385
0,5	1	1901	8,820	11,025	2,475	247,526
	2	2214	8,170	10,213	2,883	288,281
	3	2400	4,778	5,972	3,125	312,500
0,75	1	1558	7,398	9,247	2,029	202,865
	2	2000	10,613	13,266	2,604	260,417
	3	2186	15,485	19,356	2,846	284,635

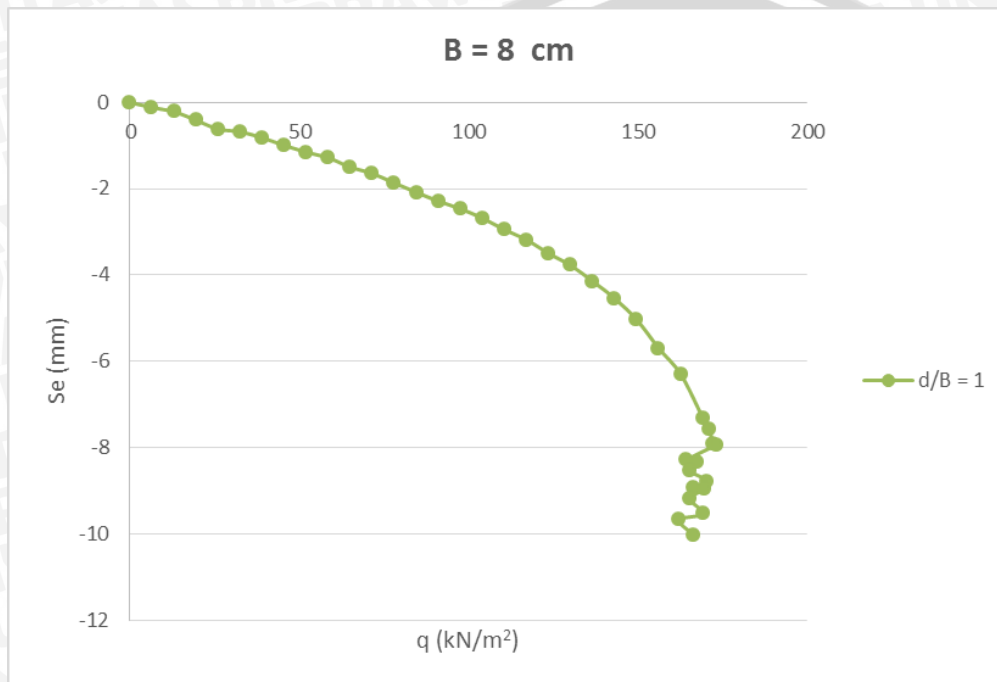
Tabel 4.8 Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen untuk tanah pasir dengan perkuatan dengan variasi rasio jarak lapisan teratas geogrid (u/B)

Jumlah Lapisan Geogrid (n)	Jarak Lapisan Pertama Geogrid (u/B)	Beban (kg)	Penurunan (mm)	s/B (%)	Qu	Qu
					(kg/cm ²)	(kN/cm ²)
1	0,25	1706	8,705	10,881	2,221	222,135
	0,5	1901	8,820	11,025	2,475	247,526
	0,75	1558	7,398	9,247	2,029	202,865
2	0,25	2131	10,150	12,688	2,775	277,474
	0,5	2214	8,170	10,213	2,883	288,281
	0,75	2000	10,613	13,266	2,604	260,417
3	0,25	2330	5,758	7,197	3,034	303,385
	0,5	2400	4,778	5,972	3,125	312,500
	0,75	2186	15,485	19,356	2,846	284,635

4.5 Analisis Penurunan Tanah Pasir RC 85 %

4.5.1 Tanah Pasir Tanpa Perkuatan

Dari pekerjaan pembebanan yang dilakukan pada model tanah pasir tanpa perkuatan didapatkan hasil pembacaan terhadap daya dukung dan penurunan yang terjadi. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan yang terjadi disajikan pada grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan pada Gambar 4.7 berikut ini.



Gambar 4.7 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir tanpa perkuatan

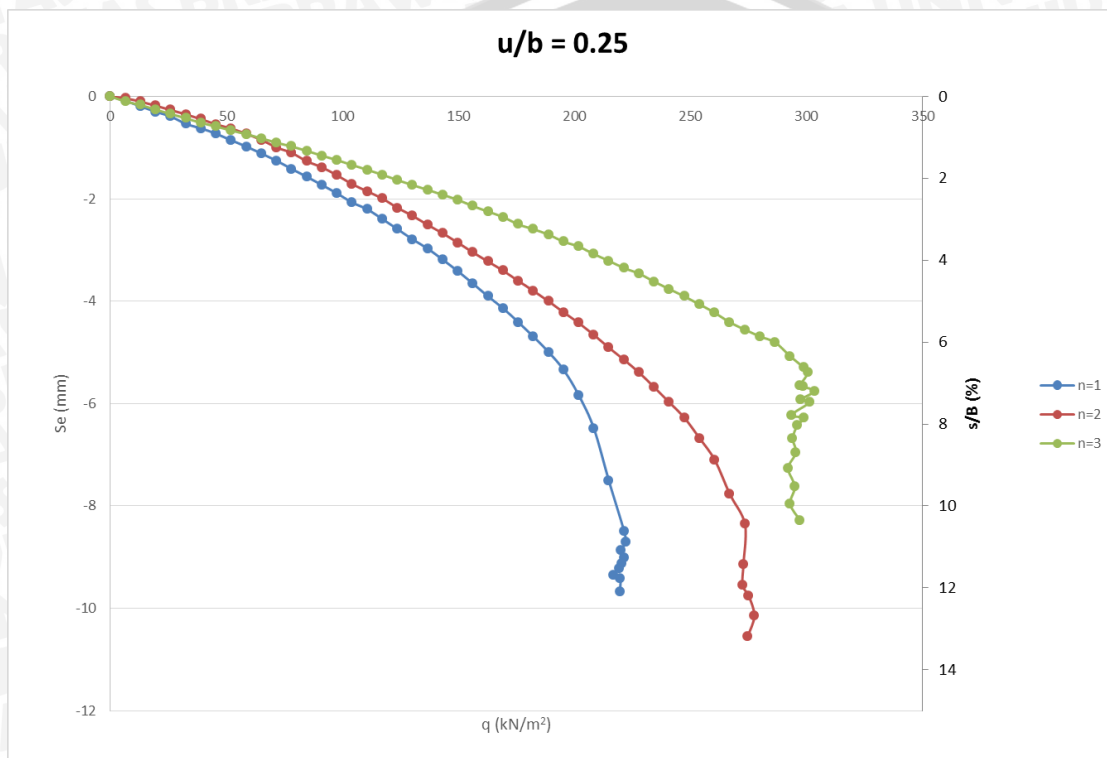
Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa permodelan tanah dengan lebar pondasi $B=8$ cm dan $d/B=1$ didapatkan besar daya dukung $173,177$ kN/m² dengan penurunan hingga $10,020$ mm.

4.5.2 Tanah Pasir Dengan Perkuatan Geogrid

4.5.2.1 Penurunan Tanah Pasir Pada Variasi Jumlah Lapisan Perkuatan Geogrid

4.5.2.1.1 Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas Dari Dasar Pondasi ($u/B=0,25$)

Dari hasil pembebanan yang dilakukan pada model tanah pasir di laboratorium dengan menggunakan rasio jarak lapis geogrid teratas (u/B) = 0,25 yaitu berjarak 2 cm dari dasar pondasi, didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan yang terjadi pada variasi tersebut disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan pada Gambar 4.8 berikut ini.

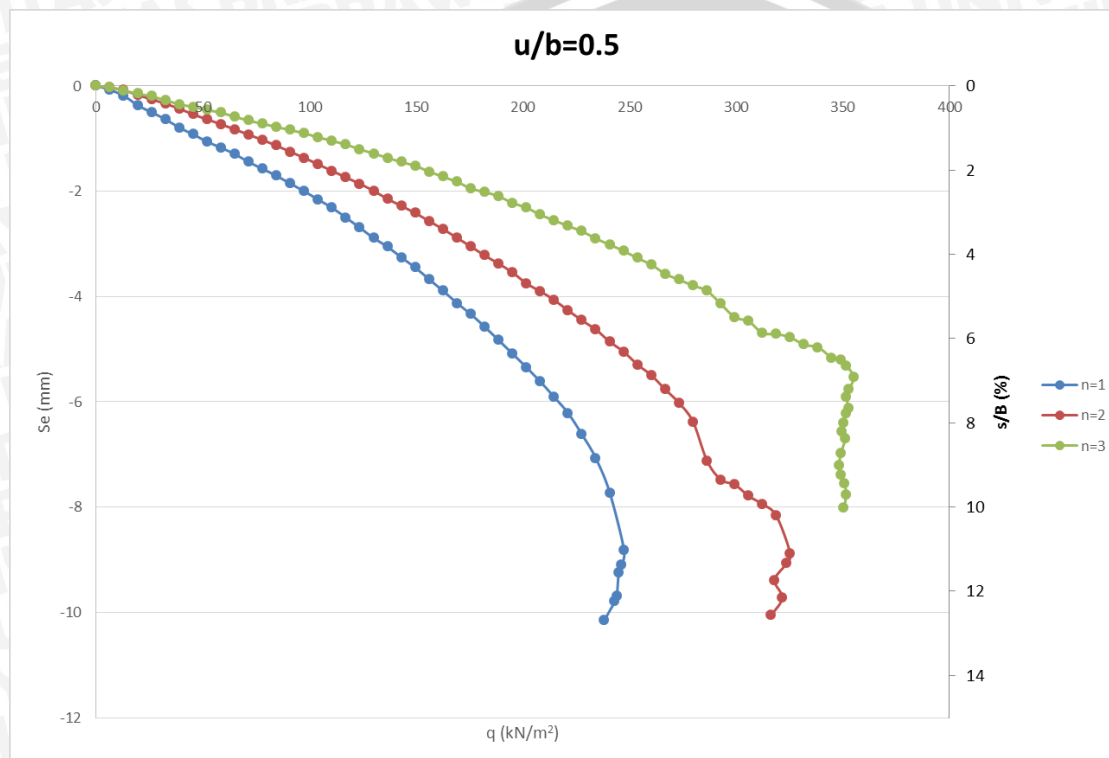


Gambar 4.8 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan perkuatan geogrid pada rasio $u/B = 0,25$

Dari Gambar 4.8 tersebut dapat dilihat bahwa penurunan akan semakin kecil jika jumlah lapisan geogrid yang diberikan semakin banyak. Sementara itu jika ditinjau dari beban runtuhnya, penurunan yang terjadi akan semakin besar jika jumlah lapisan geogrid yang diberikan semakin banyak. Untuk hasil pembebanan model tanah pasir dengan rasio jarak lapis teratas perkuatan geogrid (u/B) = 0,25 didapatkan beban runtuh sebesar 222,135 kN/m² dengan penurunan yang terjadi sebesar 8,705 mm pada tanah yang diberi perkuatan 1 lapis geogrid. Sementara itu untuk hasil pembebanan pada tanah pasir dengan 2 lapis geogrid didapatkan penurunan sebesar 10,150 mm dengan beban runtuh 277,474 kN/m² dan pada tanah pasir dengan 3 lapis geogrid didapatkan penurunan sebesar 5,758 mm dengan beban runtuh 303,385 kN/m².

4.5.2.1.2 Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas Dari Dasar Pondasi ($u/B=0,5$)

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada permodelan tanah pasir di laboratorium dengan rasio jarak lapis geogrid teratas dari dari dasar pondasi (u/B)=0,5 yaitu dengan jarak 4 cm dari dasar pondasi, diperoleh hasil penurunan yang beragam. Hasil penurunan dan daya dukung yang terjadi di ditampilkan pada grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan pada Gambar 4.9 berikut ini

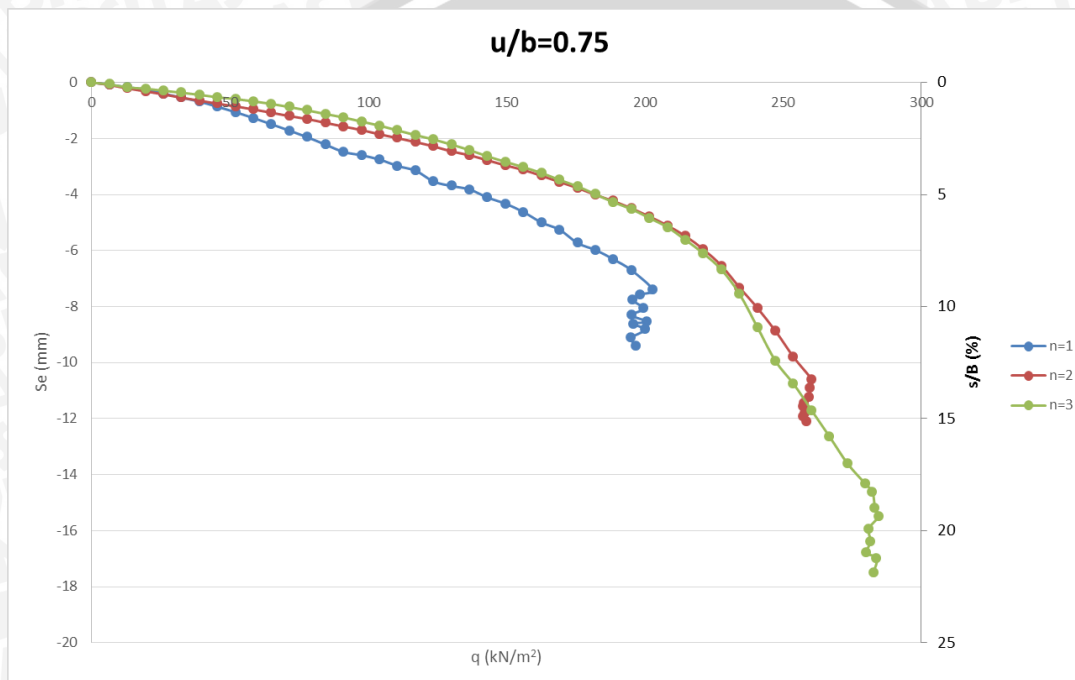


Gambar 4.9 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan perkuatan geogrid pada rasio $u/B = 0.5$

Berdasarkan Gambar 4.9 diatas, hubungan antara penurunan dengan daya dukung, dapat dilihat bahwa pola penurunan akan semakin kecil jika jumlah lapisan geogrid yang diberikan semakin banyak. Jika ditinjau dari beban runtuhnya, penurunan yang terjadi akan semakin besar jika jumlah lapisan geogrid yang diberikan semakin banyak. Pada hasil pembebanan model tanah pasir dengan rasio jarak lapis pertama perkuatan geogrid (u/B) = 0,5 didapatkan beban runtuh sebesar 247,526 kN/m² dengan penurunan yang terjadi sebesar 8,820 mm pada tanah yang diberi perkuatan 1 lapis geogrid. Sementara itu untuk hasil pembebanan pada tanah pasir dengan 2 lapis geogrid didapatkan penurunan sebesar 8,893 mm dengan beban runtuh sebesar 325,521 kN/m² dan pada tanah pasir dengan 3 lapis geogrid didapatkan penurunan sebesar 5,540 mm dengan beban runtuh 355,208 kN/m².

4.5.2.1.3 Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas Dari Dasar Pondasi ($u/B=0,75$)

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada permodelan tanah pasir di laboratorium dengan rasio jarak lapis geogrid teratas (u/B)=0,75 yaitu dengan jarak lapisan geogrid teratas berada pada 6 cm dari dasar pondasi, diperoleh hasil penurunan serta daya dukung yang beragam. Hasil penurunan dan daya dukung yang terjadi pada permodelan tanah pasir di ditampilkan pada grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan pada Gambar 4.10 berikut ini



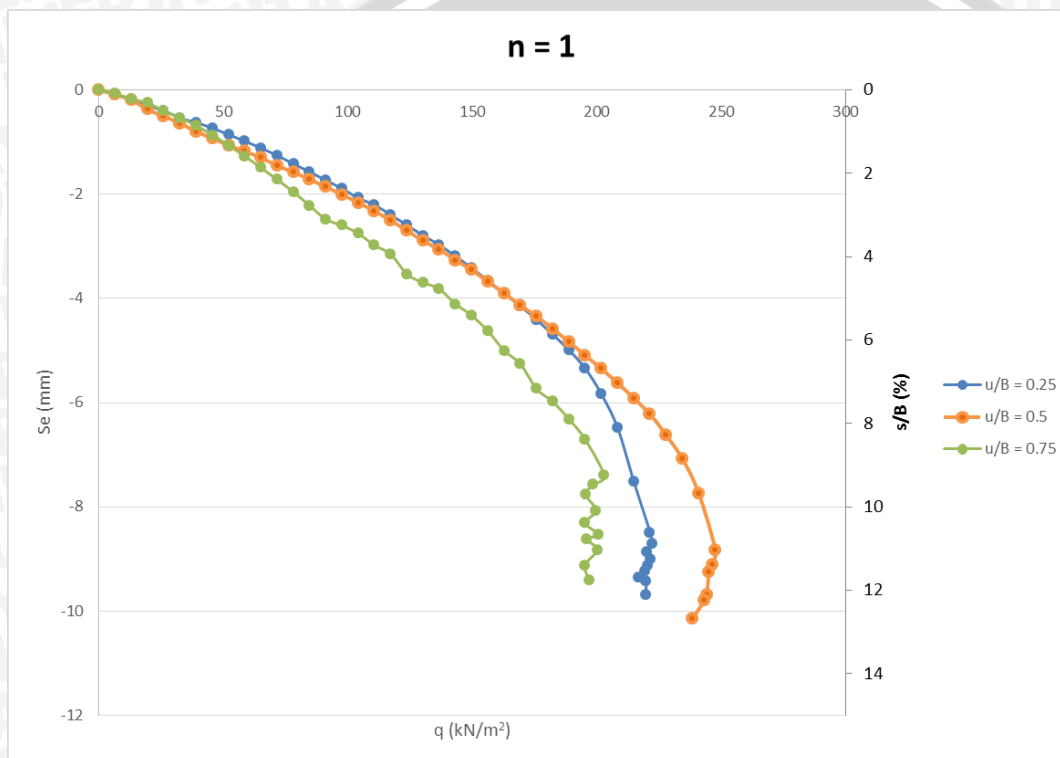
Gambar 4.10 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan kekuatan geogrid pada rasio $u/B = 0.75$

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pola penurunan yang terjadi beragam pada variasi jumlah lapis geogrid 1 lapis, 2 lapis dan 3 lapis perkuatan. Pada tanah pasir yang diberi 1 lapis perkuatan geogrid beban runtuh terjadi sebesar $202,865 \text{ kN/m}^2$ dengan penurunan sebesar $7,398 \text{ mm}$. Sementara itu pada tanah pasir yang diberi 2 lapis perkuatan dan 3 lapis perkuatan, grafik hasil menunjukkan bentuk yang hampir berhimpitan namun tetap memiliki daya dukung dan penurunan yang besarnya berbeda. Pada perkuatan dengan 2 lapis geogrid terjadi penurunan hingga $10,613 \text{ mm}$ dengan beban runtuh $260,417 \text{ kN/m}^2$ dan pada permodelan tanah pasir dengan 3 lapis perkuatan, didapatkan penurunan hingga $15,485 \text{ mm}$ dengan beban runtuh $284,635 \text{ kN/m}^2$. Dari hasil pembebanan tersebut terlihat bahwa semakin bertambahnya jumlah geogrid maka penurunan yang terjadi semakin besar dengan beban runtuh yang semakin besar pula.

4.5.2.2 Penurunan Tanah Pasir Pada Variasi Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B)

4.5.2.2.1 Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 1

Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan pada model tanah pasir di laboratorium dengan menggunakan 1 lapisan perkuatan geogrid, diperoleh nilai penurunan dan daya dukung yang terjadi. Hasil pembacaan daya dukung dan penurunan pada permodelan tanah pasir tersebut ditunjukkan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.

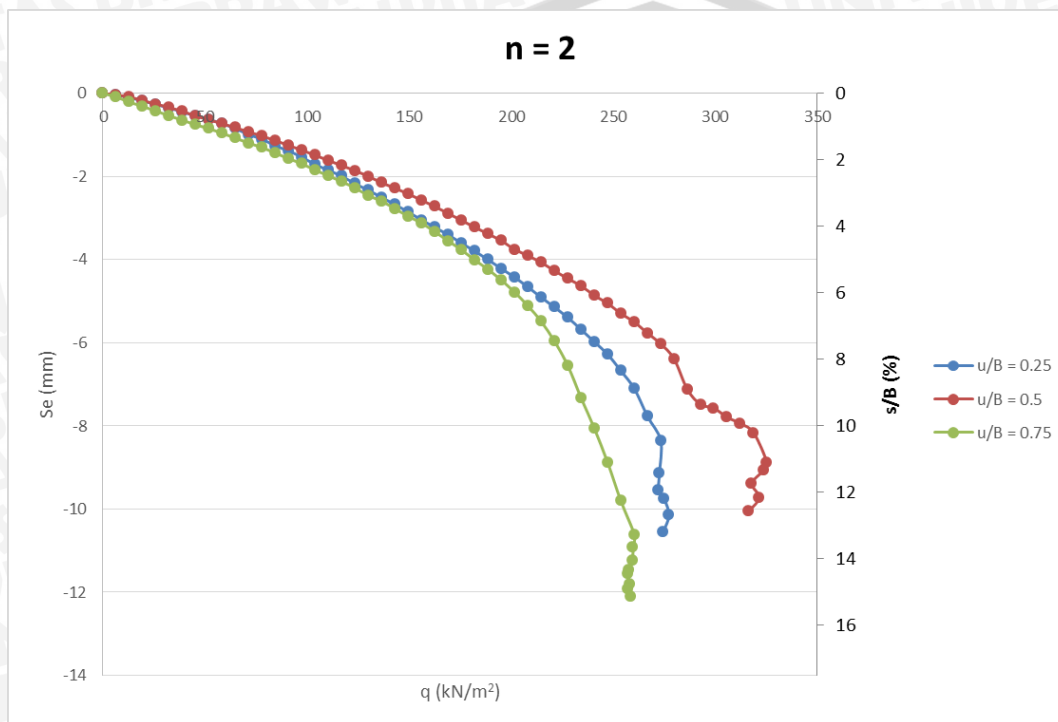


Gambar 4.11 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan perkuatan geogrid pada jumlah lapisan perkuatan (n) = 1

Dari Gambar 4.11 tersebut dapat dilihat bahwa pola penurunan yang terjadi hampir serupa namun menunjukkan hasil yang optimum pada rasio jarak lapis geogrid teratas yaitu $u/B = 0,5$. Untuk hasil pembebanan dengan 1 lapisan perkuatan geogrid, pada rasio $u/B = 0,25$ didapatkan penurunan yang terjadi sebesar 8,705 mm dengan beban runtuh 222,135 kN/m², pada rasio $u/B=0,5$ diperoleh penurunan yang terjadi sebesar 8,820 mm dengan beban runtuh 247,526 kN/m², dan pada rasio $u/B = 0,75$ diperoleh penurunan sebesar 7,398 mm dengan beban runtuh 202,865 kN/m². Dari grafik tersebut ditunjukkan bahwa pola penurunan dan daya dukung permodelan tanah pasir dengan perkuatan geogrid cenderung meningkat dari rasio $u/B = 0,25$ menuju $u/B = 0,5$, namun mengalami penurunan daya dukung pada rasio $u/B = 0,75$.

4.5.2.2.2 Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 2

Dari hasil pembebanan yang dilakukan pada permodelan tanah pasir di laboratorium dengan menggunakan 2 lapisan perkuatan geogrid, diperoleh hasil penurunan dan daya dukung yang terjadi. Pembacaan hasil penurunan dan daya dukung pada permodelan tanah pasir tersebut disajikan pada grafik hubungan antara penurunan dan daya dukung pada Gambar 4.12 berikut ini.

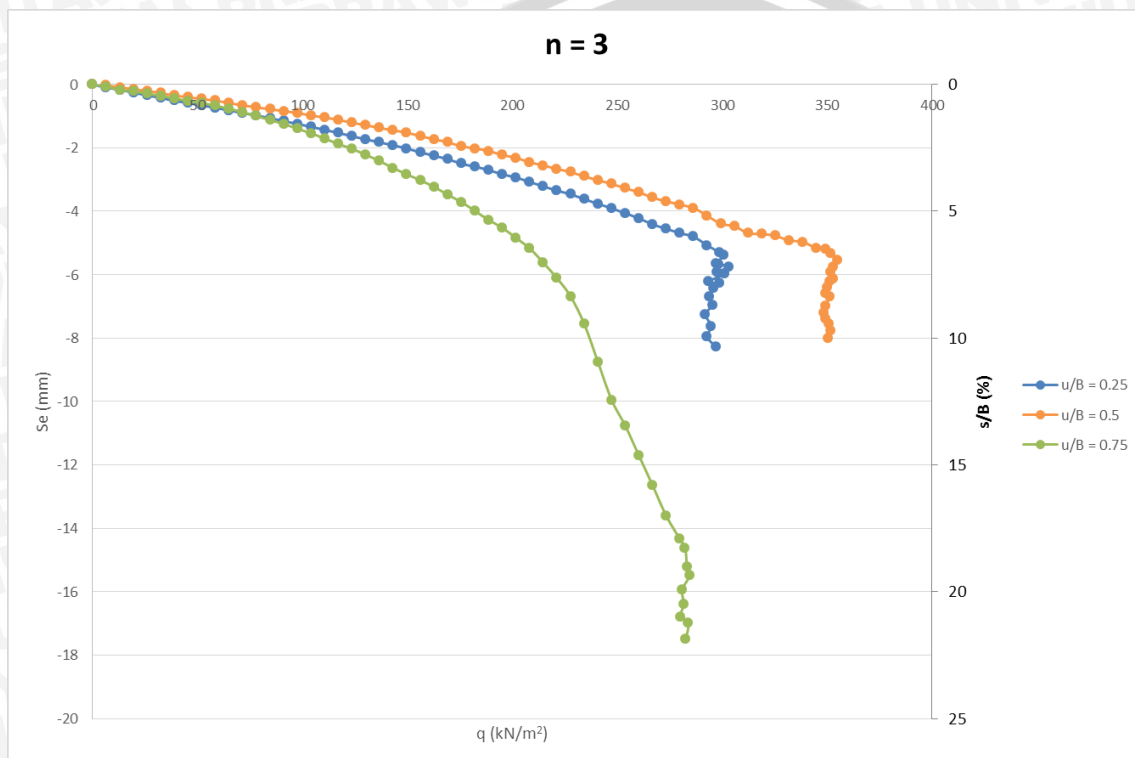


Gambar 4.12 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan perkuatan geogrid pada jumlah lapis perkuatan (n) = 2

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.12 diatas, pola penurunan yang terjadi pada permodelan tanah pasir dengan 2 lapis geogrid ini memiliki bentuk yang tidak serupa. Namun hasil dari pembebanan menunjukkan pola yang hampir sama seperti pembebanan pada geogrid yang diberi perkuatan satu lapis geogrid yaitu penurunan dan daya dukung cenderung meningkat dari rasio $u/B = 0,25$ menuju rasio $u/B = 0,5$ dan terjadi penurunan pada rasio $u/B = 0,75$. Hasil pembebanan yang dilakukan di laboratorium menunjukkan bahwa pada rasio $u/B = 0,25$ terjadi penurunan sebesar 10,150 mm dengan beban runtuh 277,474 kN/m^2 dan pada rasio $u/B = 0,5$ terjadi penurunan sebesar 8,893 mm dengan beban runtuh 325,521 kN/m^2 . Pada rasio $u/B = 0,75$ penurunan yang terjadi melebihi penurunan yang terjadi pada rasio $u/B = 0,5$ yaitu sebesar 10,613 mm, sementara itu daya dukungnya mengalami penurunan daya dukung yang berada dibawah besaran daya dukung rasio $u/B = 0,25$ yaitu terjadi beban runtuh sebesar 260,417 kN/m^2 .

4.5.2.2.3 Jumlah Lapisan Geogrid (n)

Pada uji pembebanan yang dilakukan terhadap permodelan tanah pasir di laboratorium dengan menggunakan 3 lapisan perkuatan, maka diperoleh hasil penurunan dan daya dukung yang terjadi. Hasil pembacaan penurunan dan daya dukung pada uji pembebanan permodelan tanah pasir di sajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan seperti yang ditunjukkan Gambar 4.13 berikut ini.



Gambar 4.13 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan perkuatan geogrid pada jumlah lapis perkuatan (n) = 3

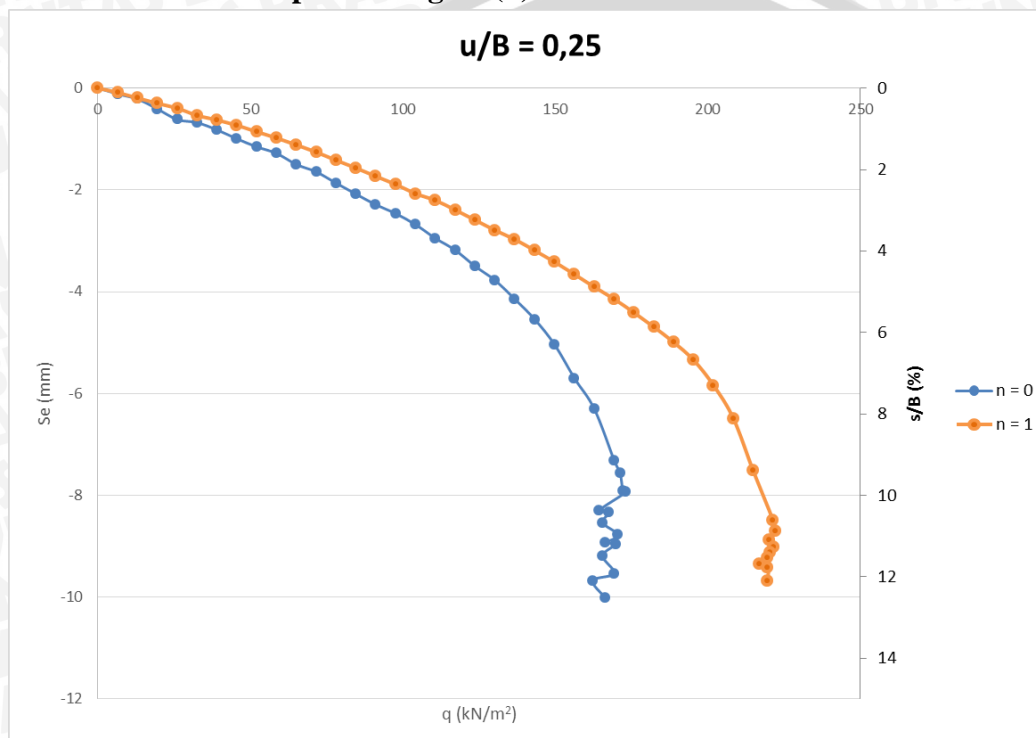
Dari grafik diatas, pola penurunan yang terjadi antar variasi memiliki perbedaan pola penurunan dan daya dukung. Ditinjau dari penurunannya, pada rasio $u/B = 0,25$ dan rasio $u/B = 0,5$ memiliki besar penurunan yang hampir sama, namun pada rasio $u/B = 0,75$ penurunan yang terjadi amat besar jauh dari kedua variasi lainnya. Jika ditinjau dari daya dukungnya, beban runtuh yang terjadi meningkat dari rasio $u/B = 0,25$ hingga $u/B = 0,5$, namun mengalami penurunan pada rasio $u/B = 0,75$. Hasil dari pembebanan yang dilakukan pada variasi u/B tersebut menunjukkan bahwa pada rasio $u/B = 0,25$ penurunan yang terjadi ialah sebesar 5,758 mm dengan beban runtuh sebesar 303,385 kN/m², pada rasio $u/B = 0,5$ penurunan yang terjadi ialah sebesar 5,540 mm dengan beban runtuh sebesar 355,208 kN/m², dan pada rasio $u/B = 0,75$ diperoleh hasil penurunan sebesar 15,485 mm dengan beban runtuh yang terjadi sebesar 284,635 kN/m².

4.6 Perbandingan Hubungan Daya Dukung dan Penurunan antara Tanah Pasir Tanpa Perkuatan dengan Tanah Pasir yang Menggunakan Perkuatan Geogrid

4.6.1 Perbandingan Hubungan Daya Dukung dan Penurunan Tanah Pasir Tanpa Perkuatan dengan Tanah Pasir yang Menggunakan Perkuatan Geogrid pada Variasi Jumlah Lapisan Perkuatan Geogrid

4.6.1.1 Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B) = 0,25

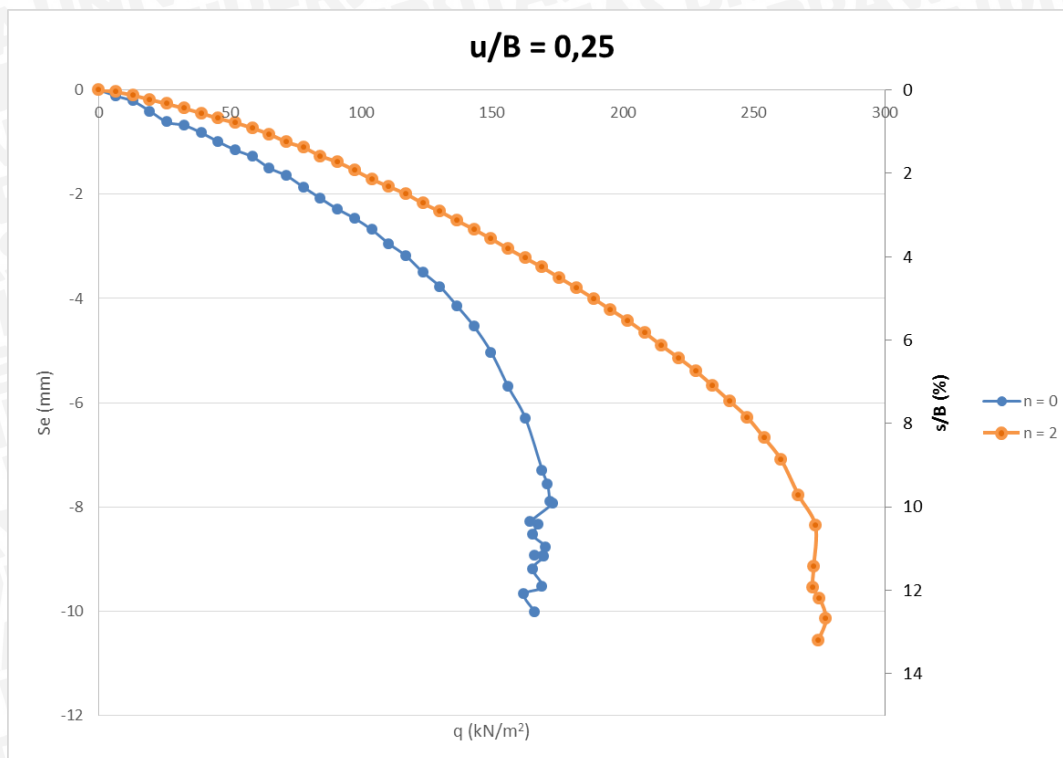
4.6.1.1.1 Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 1



Gambar 4.14 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan perkuatan geogrid dengan rasio jarak lapis geogrid teratas (u/B)=0,25 pada jumlah lapis perkuatan (n) = 1

Dari Gambar 4.14 tersebut terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada permodelan tanah pasir dengan perkuatan 1 lapis geogrid lebih besar di dibandingkan dengan tanah pasir yang tidak diberi perkuatan, akan tetapi jika ditinjau pada beban yang sama penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan 1 lapis perkuatan geogrid cenderung lebih kecil. Sementara itu untuk beban runtuh yang terjadi pada tanah pasir yang diberi 1 lapis perkuatan geogrid menghasilkan beban runtuh yang lebih besar. Hasil dari penurunan untuk permodelan tanah pasir tanpa perkuatan adalah 7,935 mm dengan beban runtuh 173,177 kN/m^2 . Sementara untuk penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan 1 lapis perkuatan geogrid adalah 8,705 mm dengan beban runtuh yang terjadi sebesar 222,135 kN/m^2 .

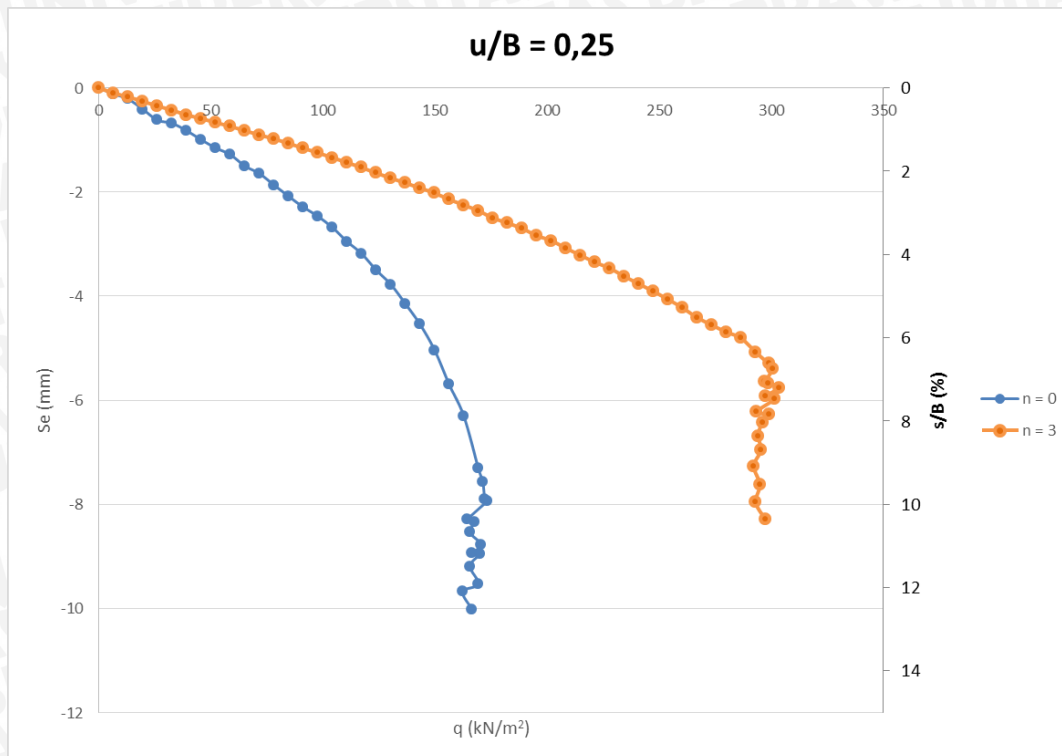
4.6.1.1.2 Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 2



Gambar 4.15 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan kekuatan geogrid dengan rasio jarak lapis geogrid teratas (u/B)=0,25 pada jumlah lapis kekuatan (n) = 2

Dari Gambar 4.15 diatas terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan 2 lapis kekuatan geogrid cenderung lebih kecil dibandingkan dengan tanah pasir tanpa kekuatan jika ditinjau dari beban yang sama. Akan tetapi jika ditinjau beban runtuhnya, maka tanah pasir dengan 2 lapis kekuatan geogrid memiliki beban runtuh yang lebih besar dibandingkan tanah pasir tanpa kekuatan, sehingga daya dukung yang dihasilkan oleh tanah pasir dengan 2 lapis kekuatan geogrid cenderung lebih besar. Pembebanan yang dilakukan pada pengujian menghasilkan penurunan untuk tanah pasir tanpa kekuatan adalah 7,935 mm dengan beban runtuh 173,177 kN/m^2 . Sementara itu pada pembebanan yang dilakukan untuk tanah pasir dengan rasio jarak lapis geogrid teratas (u/B) = 0,25 menggunakan 2 lapis kekuatan geogrid menghasilkan penurunan sebesar 10,150 mm dengan beban runtuh 277,474 kN/m^2 .

4.6.1.1.3 Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 3

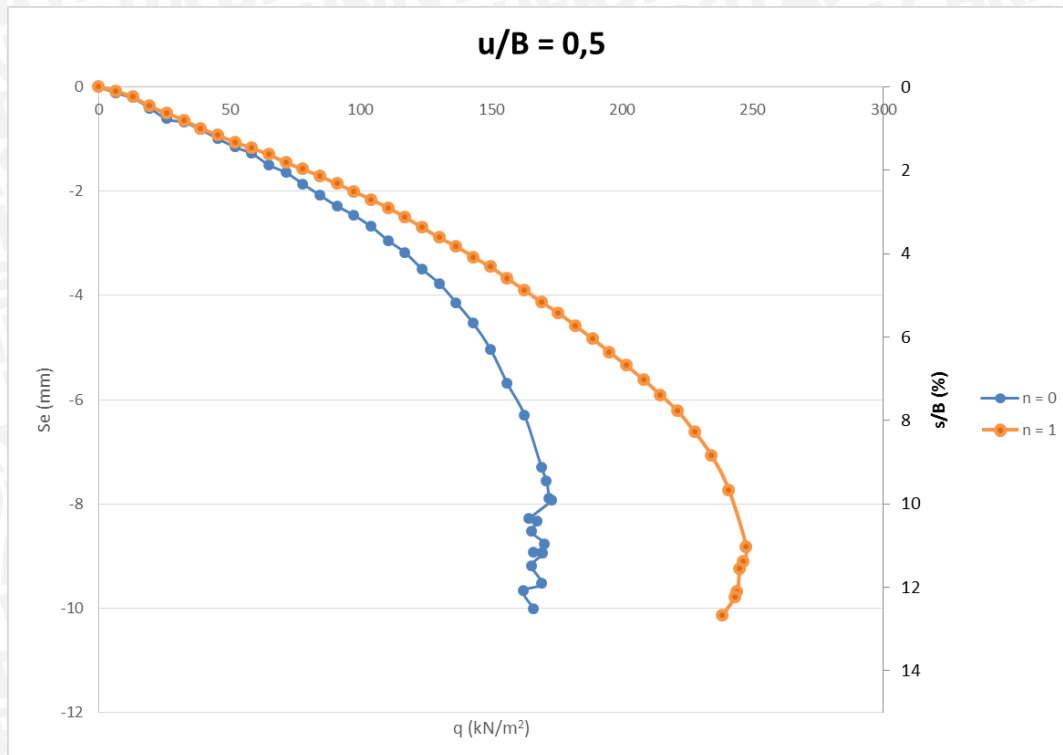


Gambar 4.16 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan kekuatan geogrid dengan rasio jarak lapis geogrid teratas (u/B)=0,25 pada jumlah lapis perkuatan (n) = 1

Dari Gambar 4.16 diatas terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan 3 lapis perkuatan geogrid jauh lebih kecil dibanding dengan tanah pasir tanpa perkuatan. Sementara itu jika ditinjau dari beban runtuhnya, tanah pasir dengan 3 lapis perkuatan geogrid akan menghasilkan beban runtuh yang lebih besar bahkan mencapai dua kali lipat dari tanah pasir tanpa perkuatan. Oleh karena itu daya dukung yang dihasilkan oleh tanah pasir dengan 3 lapis perkuatan menjadi lebih besar dibandingkan tanah pasir tanpa perkuatan. Hasil dari pembebanan yang dilakukan pada tanah pasir dengan 3 lapis perkuatan geogrid menunjukkan penurunan sebesar 5,758 mm dengan beban runtuh 303,385 kN/m², sementara untuk tanah pasir tanpa perkuatan, terjadi penurunan sebesar 7,935 mm dengan beban runtuh 173,177 kN/m².

4.6.1.2 Rasio Jarak Lapis Pertama Geogrid (u/B) = 0,5

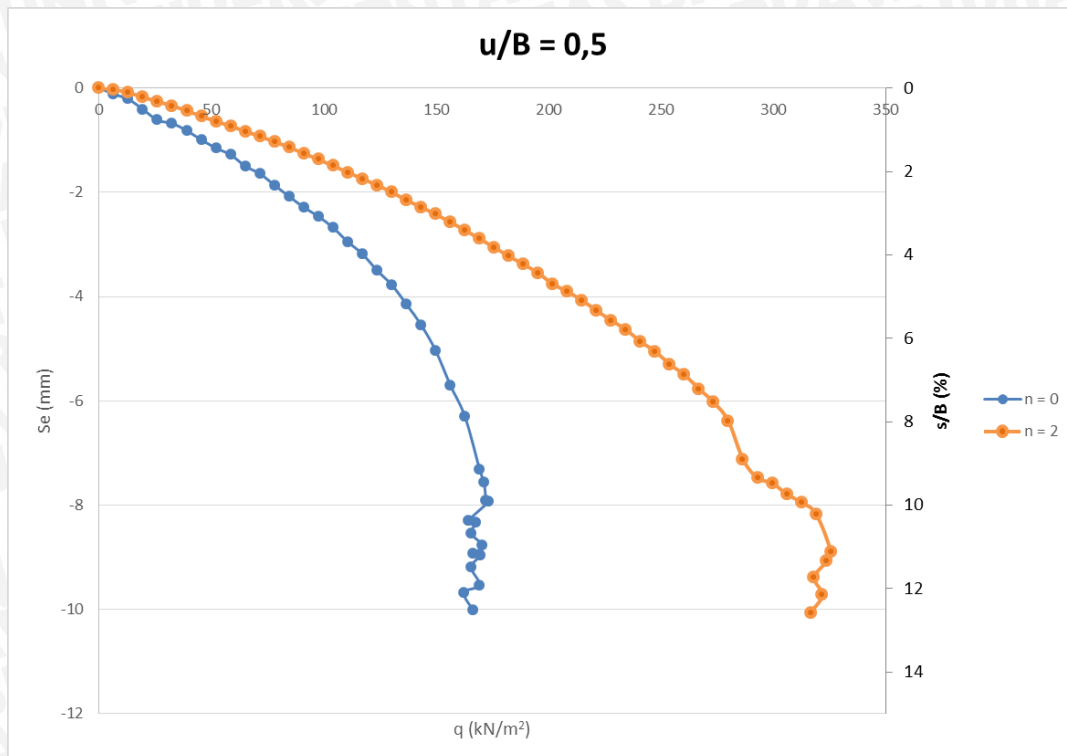
4.6.1.2.1 Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 1



Gambar 4.17 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan kekuatan geogrid dengan rasio jarak lapis geogrid teratas (u/B)=0,5 pada jumlah lapis perkuatan (n) = 1

Dari Gambar 4.17 diatas dapat dilihat bahwa pola penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan 1 lapis perkuatan geogrid dan tanah pasir tanpa perkuatan hampir serupa di awal pembebanan, namun berubah dan menunjukkan penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan 1 lapis perkuatan geogrid cenderung lebih kecil pada beban yang sama. Sementara itu beban runtuh yang dihasilkan oleh dua uji pembebanan tersebut menunjukkan beban runtuh yang lebih besar terjadi pada tanah pasir dengan 1 lapis perkuatan geogrid dibanding dengan tanah pasir tanpa perkuatan, karena itu daya dukung yang dihasilkan oleh tanah pasir dengan 1 lapis perkuatan geogrid cenderung lebih besar. Hasil penurunan yang diperoleh dari pembebanan pada tanah pasir tanpa perkuatan adalah 7,935 mm dengan beban runtuh 173,177 kN/m^2 , sementara itu pembebanan yang dilakukan pada tanah pasir dengan 1 lapis perkuatan geogrid menghasilkan penurunan sebesar 8,820 mm dengan beban runtuh yang terjadi sebesar 247,526 kN/m^2 .

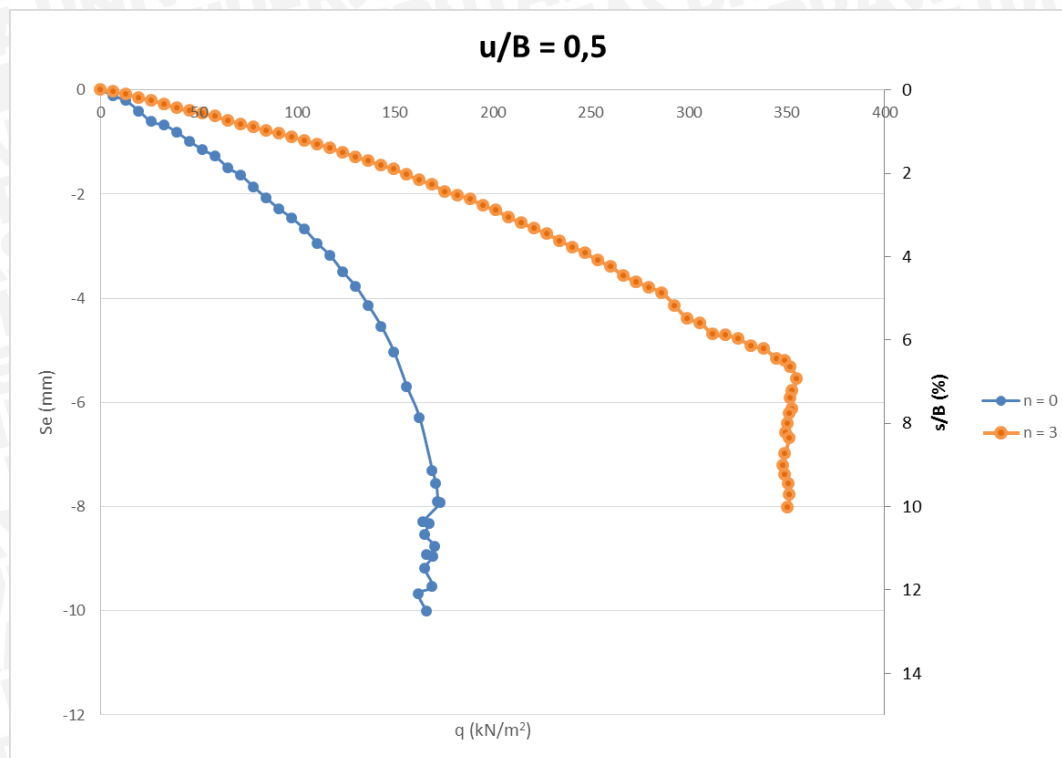
4.6.1.2.2 Jumlah Lapisan Perkuatan (n) = 2



Gambar 4.18 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan perkuatan geogrid dengan rasio jarak lapis geogrid teratas (u/B)=0,5 pada jumlah lapis perkuatan (n) = 2

Pola penurunan dari dua permodelan pasir seperti Gambar 4.18 diatas menunjukkan pola yang hampir serupa namun dengan penurunan yang lebih kecil pada permodelan tanah pasir dengan 2 lapis perkuatan geogrid. Penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan 2 lapis perkuatan geogrid cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan tanah pasir tanpa perkuatan yang ditinjau pada beban yang sama, akan tetapi jika ditinjau dari bebannya maka tanah pasir dengan 2 lapis perkuatan geogrid menunjukkan beban runtuh yang lebih besar. Karena kapasitas beban runtuh yang lebih besar dan penurunan yang lebih kecil pada tanah pasir dengan 2 lapis perkuatan geogrid maka daya dukung yang dihasilkan pun cenderung lebih besar. Hasil pengujian pembebanan pada tanah pasir tanpa perkuatan menunjukkan penurunan sebesar 7,935 mm dengan beban runtuh 173,177 kN/m², sementara itu pada tanah pasir yang diberi 2 lapis perkuatan geogrid terjadi penurunan sebesar 8,893 mm dengan beban runtuh yang terjadi sebesar 325,521 kN/m² yaitu lebih besar 2 kali lipat dibandingkan dengan tanah pasir tanpa perkuatan.

4.6.1.2.3 Jumlah Lapisan Perkuatan (n) = 3

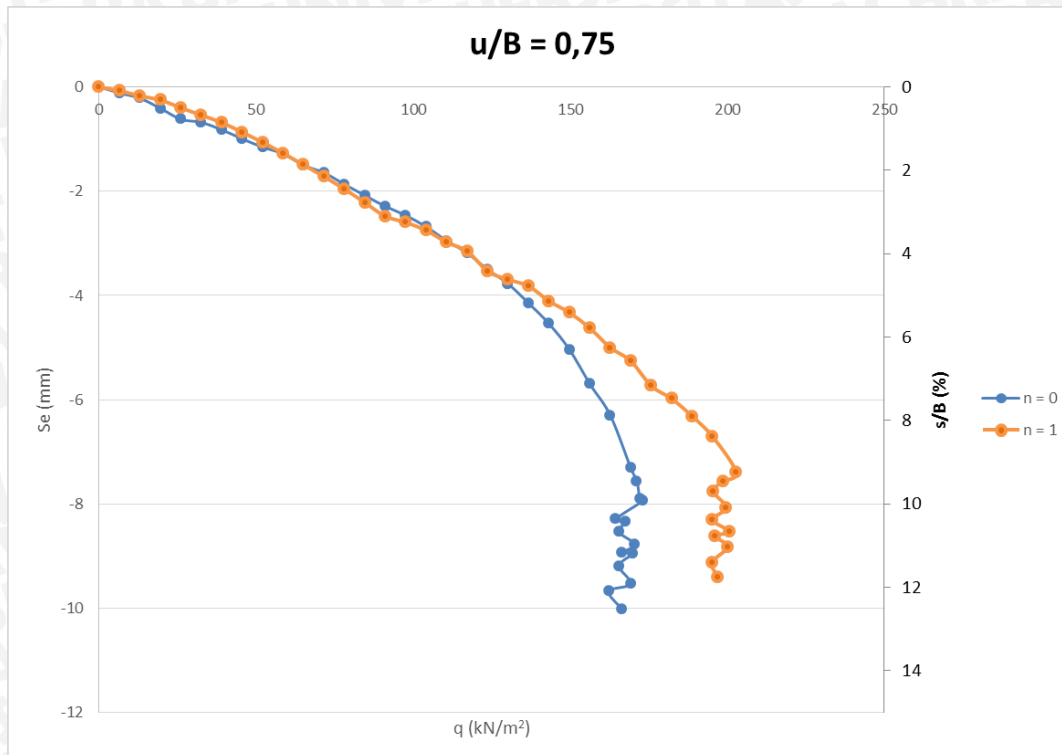


Gambar 4.19 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan perkuatan geogrid dengan rasio jarak lapis geogrid teratas (u/B)=0,5 pada jumlah lapis perkuatan (n) = 3

Dari data tersebut pola penurunan yang terjadi cenderung berbeda di kedua permodelan tanah pasir. Penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan 3 lapis perkuatan geogrid jauh lebih kecil dibanding dengan tanah pasir tanpa perkuatan, sedangkan untuk beban runtuh yang terjadi pada tanah pasir dengan 3 lapis perkuatan geogrid jauh lebih besar dibandingkan dengan beban runtuh yang terjadi pada tanah pasir tanpa perkuatan. Karena itu daya dukung yang dihasilkan oleh tanah pasir dengan 3 lapis perkuatan geogrid cenderung lebih besar. Hasil pembebanan yang dilakukan pada tanah pasir tanpa perkuatan menunjukkan penurunan sebesar 7,935 mm dengan beban runtuh sebesar 173,177 kN/m², sedangkan pada tanah pasir dengan 3 lapis perkuatan geogrid penurunan yang terjadi adalah 5,540 mm dengan beban runtuh 355,208 kN/m² yaitu mencapai 2 kali lipat lebih besar dari tanah pasir tanpa perkuatan.

4.6.1.3 Rasio Jarak Lapis Pertama Geogrid (u/B) = 0,75

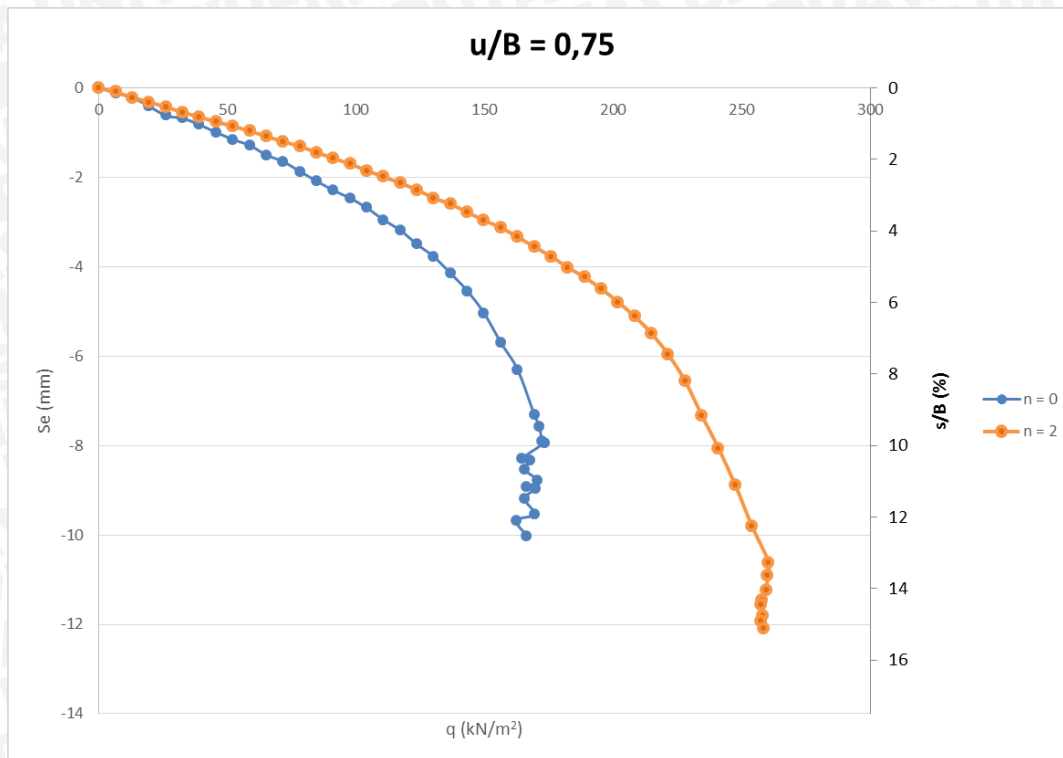
4.6.1.3.1 Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 1



Gambar 4.20 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan kekuatan geogrid dengan rasio jarak lapis geogrid teratas (u/B)=0,75 pada jumlah lapis perkuatan (n) = 1

Dari Gambar 4.20 diatas, terlihat bahawa pola penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan 1 lapis perkuatan geogrid terlihat tidak teratur. Penurunan yang terjadi antara tanah pasir dengan 1 lapis perkuatan geogrid cenderung berhimpit dengan penurunan yang terjadi pada tanah pasir tanpa perkuatan, namun di pertengahan hingga akhir pembebanan pada tanah pasir dengan 1 lapis perkuatan geogrid mengalami penurunan yang cenderung lebih kecil sedangkan beban runtuhnya cenderung lebih besar dibandingkan dengan tanah pasir tanpa perkuatan. Hasil penurunan yang terjadi pada tanah pasir tanpa perkuatan adalah 7,935 mm dengan beban runtuh $173,177 \text{ kN/m}^2$, sementara pada tanah pasir dengan 1 lapis perkuatan geogrid terjadi penurunan sebesar 9,247 mm dengan beban runtuh $202,865 \text{ kN/m}^2$.

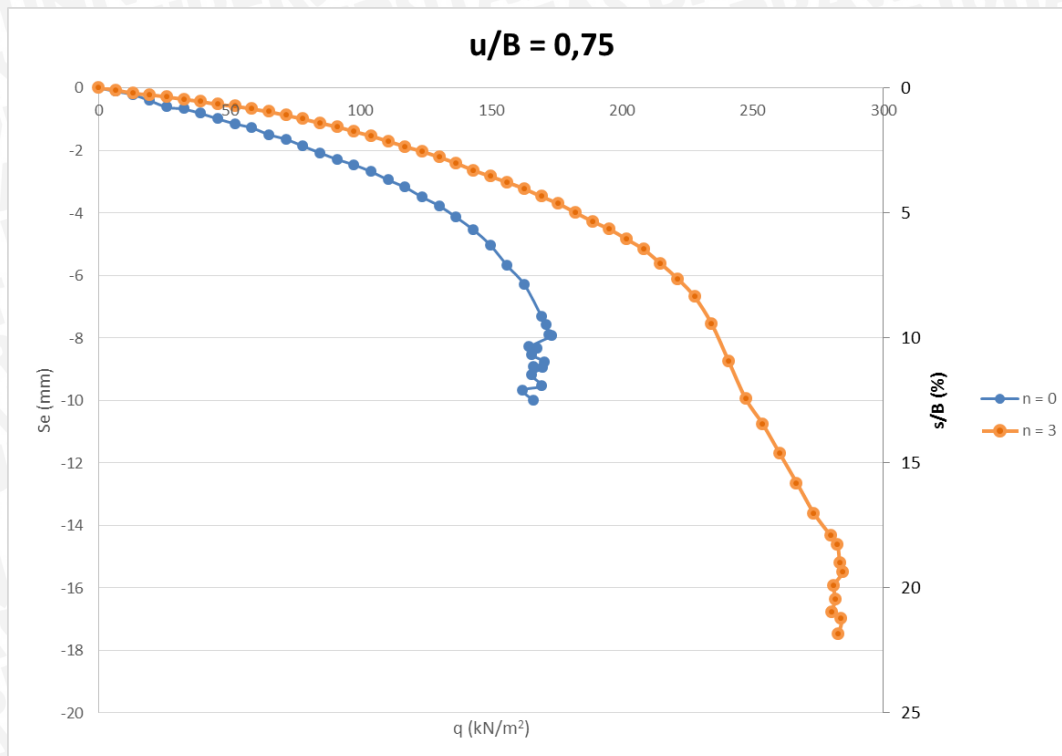
4.6.1.3.2 Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 2



Gambar 4.21 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan kekuatan geogrid dengan rasio jarak lapis geogrid teratas (u/B)=0,75 pada jumlah lapis kekuatan (n) = 2

Dari Gambar 4.21 diatas terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan 2 lapis kekuatan geogrid cenderung lebih kecil dibandingkan dengan tanah pasir tanpa kekuatan jika ditinjau dari beban yang sama. Akan tetapi beban runtuhnya beban runtuh yang terjadi pada tanah pasir dengan 2 lapis kekuatan geogrid lebih besar dibandingkan tanah pasir tanpa kekuatan, karena hal tersebut maka daya dukung yang dihasilkan oleh tanah pasir dengan 2 lapis kekuatan geogrid cenderung lebih besar. Hasil penurunan dari pengujian pembebanan pada tanah pasir tanpa kekuatan adalah 7,935 mm dengan beban runtuh 173,177 kN/m². Sementara itu penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan 2 lapis kekuatan geogrid ialah 10,613 dengan beban runtuh sebesar 260.417 kN/m².

4.6.1.3.3 Jumlah Lapisan Geogrid (n) = 3



Gambar 4.22 Grafik hubungan q_u dan penurunan pada model tanah pasir dengan perkuatan geogrid dengan rasio jarak lapis geogrid teratas (u/B)=0,75 pada jumlah lapis perkuatan (n) = 3

Dari Gambar 4.22 diatas terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan 3 lapis perkuatan geogrid cenderung lebih kecil dibandingkan dengan tanah pasir tanpa perkuatan geogrid pada beban yang sama. Akan tetapi jika ditinjau beban runtuhnya, maka pada tanah pasir dengan 3 lapis perkuatan geogrid memiliki beban runtuh yang cenderung lebih besar dibandingkan beban runtuh pada tanah pasir tanpa perkuatan. Hasil dari pengujian pembebanan yang dilakukan pada tanah pasir tanpa perkuatan menunjukkan penurunan sebesar 7,935 mm dengan beban runtuh sebesar 173,177 kN/m². Sementara itu pembebanan yang dilakukan pada permodelan tanah pasir dengan rasio jarak lapis geogrid teratas (u/B) = 1 dengan 3 lapis perkuatan geogrid menunjukkan penurunan yang cukup besar yaitu hingga 15,485 mm dengan beban runtuh yang terjadi sebesar 284,635 kN/m².

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

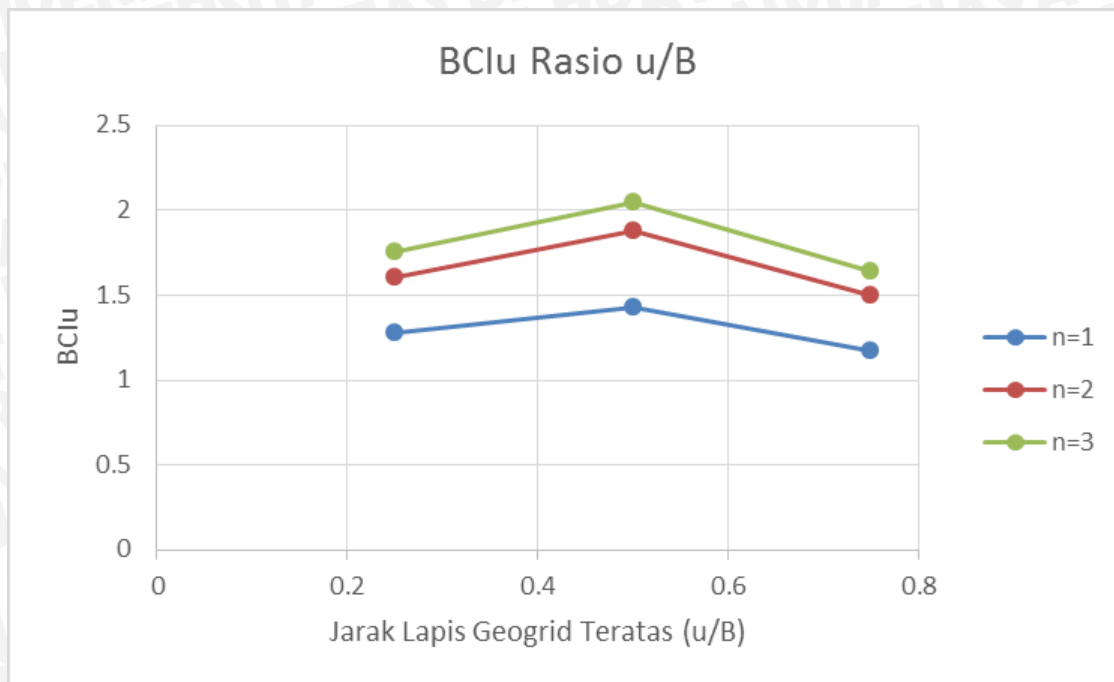
Analisis BCI_u ialah analisis daya dukung maksimum (ultimate) pada saat beban runtuh antara tanah pasir tanpa perkuatan dan tanah pasir dengan perkuatan. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan yang terjadi pada nilai daya dukung ketika tanah pasir telah diberi perkuatan geogrid. Sehingga dapat diperoleh rasio jarak lapis geogrid teratas (u/B) dan jumlah lapisan geogrid (n) yang menghasilkan peningkatan daya dukung yang optimum.

4.7.1 Perbandingan BCI_u pada Variasi Rasio Jarak Lapisan Teratas Geogrid Terhadap Jumlah Lapisan Geogrid

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada setiap variasi rasio jarak lapisan teratas geogrid (u/B) pada tanah pasir, maka didapatkan nilai *Bearing Capacity Improvement* (BCI_u) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.9 berikut. Sementara itu grafik perbandingan nilai BCI_u untuk variasi rasio jarak lapisan teratas geogrid (u/B) ditunjukkan pada gambar berikut.

Tabel 4.9 Nilai BCI_u untuk Variasi Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B)

Jumlah Lapisan Geogrid	Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B)	Qu Tanpa Perkuatan (kN/m ²)	Qu Dengan Perkuatan (kN/m ²)	BCI _u
1	0,25	173,177	222,135	1,283
	0,5	173,177	247,526	1,429
	0,5	173,177	202,865	1,171
2	0,25	173,177	277,474	1,602
	0,5	173,177	325,521	1,880
	0,75	173,177	260,417	1,504
3	0,25	173,177	303,385	1,752
	0,5	173,177	355,208	2,051
	0,75	173,177	284,635	1,644



Gambar 4.23 Perbandingan Nilai BCI_u untuk Variasi Jarak Lapis Geogrid Teratas

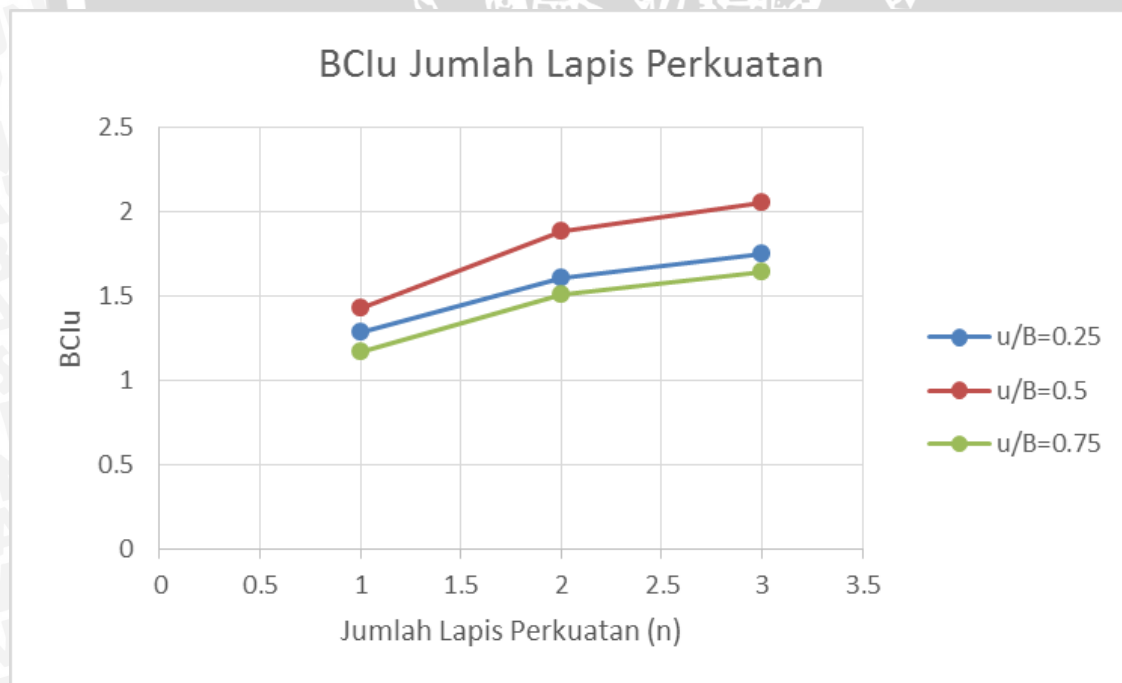
Dari Tabel 4.9 dan Gambar 4.23 diatas dapat diamati bahwa nilai daya dukung meningkat dari rasio $u/B = 0,25$ menuju $u/B = 0,5$ dan menurun pada rasio $u/B = 0,75$, maka dari data tersebut terlihat bahwa daya dukung optimum pada rasio $u/B = 0,5$. Sehingga dapat diperoleh nilai BCI_u maksimum dalam penelitian ini adalah ketika tanah pasir diberi perkuatan 3 lapisan geogrid dengan rasio jarak lapis geogrid teratas (u/B) = 0,5 yaitu sebesar 355,208 kN/m².

4.7.2 Perbandingan BCI_u pada Variasi Jumlah Lapisan Geogrid terhadap Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada setiap variasi jumlah lapisan perkuatan geogrid (n) pada tanah pasir, maka diperoleh nilai *Bearing Capacity Improvement* (BCI_u) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.10. Sementara itu grafik perbandingan nilai BCI_u untuk variasi jumlah lapisan perkuatan geogrid (n) ditunjukkan pada Gambar 4.24 berikut.

Tabel 4.10 Nilai BCI_u untuk Variasi Jumlah Lapisan Geogrid

Rasio Jarak Lapisan Teratas Geogrid (u/B)	Jumlah Lapisan Geogrid	Q_u Tanpa Perkuatan (kN/m^2)	Q_u Dengan Perkuatan (kN/m^2)	BCI_u
0,25	1	173,177	222,135	1,283
	2	173,177	277,474	1,602
	3	173,177	303,385	1,752
0,5	1	173,177	247,526	1,429
	2	173,177	325,521	1,880
	3	173,177	355,208	2,051
0,75	1	173,177	202,865	1,171
	2	173,177	260,417	1,504
	3	173,177	284,635	1,643

Gambar 4.24 Perbandingan Nilai BCI_u untuk Variasi Jumlah Lapis Perkuatan

Dari tabel dan gambar diatas dapat diamati bahwa semakin banyak jumlah geogrid yang diberikan maka daya dukung yang dihasilkan semakin besar, dari data tersebut terlihat bahwa daya dukung optimum saat tanah pasir diberi 3 lapis perkuatan geogrid. Sehingga dapat diperoleh nilai BCIu maksimum dalam penelitian ini adalah ketika tanah pasir diberi perkuatan 3 lapisan geogrid dengan rasio jarak lapisan teratas geogrid (u/B) = 0,5 yaitu sebesar 355,208 kN/m².

4.8 Analisis Peningkatan Nilai Daya Dukung pada Tanah Pasir Tanpa Perkuatan dengan Tanah Pasir yang Menggunakan Perkuatan Geogrid

Dari hasil analisis BCIu yang dilakukan, maka dapat dilihat peningkatan daya dukung yang terjadi setelah tanah pasir diberi perkuatan. Presentase peningkatan nilai daya dukung dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut. Sedangkan untuk peningkatan daya dukung antara variabel pada lereng dengan perkuatan dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.11 Peningkatan Daya Dukung Tanah Pasir

Rasio Jarak Lapisan Teratas Geogrid (u/B)	Jumlah Lapisan Geogrid	Qu Tanpa Perkuatan (kN/m ²)	Qu Dengan Perkuatan (kN/m ²)	Peningkatan (%)
0,25	1	173,177	222,135	22,040
	2	173,177	277,474	37,588
	3	173,177	303,385	42,918
0,5	1	173,177	247,526	30,037
	2	173,177	325,521	46,800
	3	173,177	355,208	51,246
0,75	1	173,177	202,865	14,634
	2	173,177	260,417	33,500
	3	173,177	284,635	39,158

Tabel 4.12 Peningkatan Daya Dukung antara Variasi Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B)

Jumlah Lapisan Geogrid	Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B)	Qu (kN/m ²)	Penigkatan antar variabel (%)
1	0,25	222,135	-
	0,5	247,526	11,430
	0,75	202,865	-18,043
2	0,25	277,474	-
	0,5	325,521	17,316
	0,75	260,417	-19,999
3	0,25	303,385	-
	0,5	355,208	17,082
	0,75	284,635	-19,868

Tabel 4.13 Peningkatan Daya Dukung antara Variasi Jumlah Lapisan Geogrid

Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas (u/B)	Jumlah Lapisan Geogrid	Qu (kN/m ²)	Penigkatan antar variabel (%)
0,25	1	222,135	-
	2	277,474	24,912
	3	303,385	9,338
0,5	1	247,526	-
	2	325,521	31,510
	3	355,208	9,120
0,75	1	202,865	-
	2	260,417	28,369
	3	284,635	9,300

Dari Tabel 4.12 dan Tabel 4.13, dapat dilihat bahwa persentase rata-rata peningkatan daya dukung yang terjadi pada tanah pasir dengan perkuatan geogrid untuk variasi jarak lapisan teratas geogrid mencapai 17,316 %, sementara untuk variabel jumlah lapisan geogrid adalah sebesar 31,510 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini, variabel jumlah lapisan perkuatan geogrid (n) berpengaruh lebih besar terhadap peningkatan daya dukung tanah pasir dengan pondasi menerus.

4.9 Pengaruh Rasio Jarak Lapis Geogrid Teratas dan Jumlah Lapisan Geogrid terhadap Nilai Daya Dukung

Berdasarkan Penelitian yang telah dilakukan pada tanah pasir RC 85% dengan variabel tetap yaitu lebar pondasi 8 cm dan dengan jarak kedalaman pondasi yaitu 8 cm ($d/B = 1$), serta dengan variabel bebas yaitu variasi rasio jarak lapisan geogrid teratas ($u/B = 0,25$, $u/B = 0,5$, $u/B = 0,75$) dan variasi jumlah lapisan geogrid (1 lapisan, 2 lapisan, 3 lapisan), menunjukkan adanya variasi hasil daya dukung dan penurunan tanah pasir dari 2 jenis variabel bebas yang diterapkan pada model tanah pasir.

Dari uji pembebanan yang dilakukan pada masing-masing variabel, pada variasi jarak lapisan teratas geogrid jika ditinjau dari beban *ultimate* maka diperoleh daya dukung optimum pada jarak lapis geogrid teratas di rasio $u/B = 0,5$. Dari hasil pengujian yang dilakukan, daya dukung semakin meningkat dari rasio $u/B = 0,25$ hingga rasio $u/B = 0,5$, namun pada rasio $u/B = 0,75$ daya dukung yang dihasilkan turun hingga dibawah besaran daya dukung pada rasio $u/B = 0,25$. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Qiming (2007) yaitu jika rasio jarak lapis geogrid teratas lebih besar dari $2/3 B$, maka keruntuhan akan terjadi diatas permukaan geogrid sehingga daya dukung yang terjadi tidak bisa meningkat dengan besar. Sedangkan hasil pengujian yang dilakukan pada variasi jumlah lapisan geogrid (n), menunjukkan adanya peningkatan daya dukung tanah pasir sebanding dengan bertambahnya jumlah lapisan geogrid yang diberikan. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Pontjo Utomo (2004) dimana daya dukung semakin meningkat sebanding dengan bertambahnya jumlah lapisan geogrid yang diberikan. Oleh karena itu pada penelitian ini diperoleh nilai daya dukung paling besar pada variasi jarak lapisan teratas geogrid ($u/B = 0,5$ dengan 3 lapisan perkuatan geogrid. Variasi tersebutlah yang menunjukkan nilai BCI_u paling maksimum dalam penelitian.

Ditinjau dari beban yang sama, penurunan yang terjadi pada tanah pasir dengan perkuatan geogrid menghasilkan penurunan lebih kecil dibandingkan dengan tanah pasir tanpa perkuatan. Pada variasi jarak lapisan teratas geogrid, penurunan yang terjadi tidak stabil. Nilai penurunan semakin kecil terjadi dari rasio $u/B = 0,25$ menuju rasio $u/B = 0,5$ namun pada rasio $u/B = 0,75$ terjadi perubahan pola dimana penurunan menjadi lebih besar ditinjau pada beban yang sama. Sehingga dapat disimpulkan nilai penurunan paling kecil terjadi pada rasio $u/B = 0,5$. Sedangkan pada variasi jumlah lapisan perkuatan geogrid, nilai penurunan yang terjadi semakin berkurang seiring dengan ditambahkannya jumlah lapisan geogrid pada model tanah pasir.

Berdasarkan daya dukung maksimum yang terjadi pada pengujian, dapat dianalisis rasio BCI_u yang terjadi pada penelitian. Dari hasil pembebanan yang dilakukan pada model tanah pasir dengan variasi rasio jarak lapisan teratas geogrid (u/B) dapat dilihat bahwa nilai BCI_u meningkat dari $u/B = 0,25$ hingga $u/B = 0,5$, kemudian mengalami penurunan pada rasio $u/B = 0,75$. Sehingga dapat disimpulkan rasio BCI_u optimum yang terjadi pada variasi jarak lapisan teratas geogrid berada pada rasio $u/B = 0,5$. Sementara itu pada hasil pengujian model tanah pasir dengan variasi jumlah lapisan perkuatan, menunjukkan BCI_u maksimum pada model tanah pasir dengan 3 lapis perkuatan geogrid. Pada variasi tersebut, rasio BCI_u meningkat signifikan dari model tanah pasir dengan 1 lapis geogrid hingga 2 lapis geogrid. Dan pada model tanah pasir dengan 3 lapis perkuatan geogrid menunjukkan peningkatan rasio BCI_u , namun peningkatan yang terjadi dari 2 lapis perkuatan ke 3 lapis perkuatan cenderung kecil yaitu berkisar 9,1 % hingga 9,4 %.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada permodelan tanah pasir RC 85 % dengan lebar pondasi 8 cm dan jarak kedalaman pondasi dari permukaan pasir (d/B) = 1 pada variasi rasio jarak lapis teratas geogrid (u/B) yaitu 0,25, 0,5, dan 0,75 serta jumlah lapisan perkuatan geogrid (n) sebanyak 1, 2, dan 3 lembar, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya dukung *ultimate* pada tanah pasir dengan perkuatan lebih besar dibandingkan daya dukung *ultimate* pada tanah pasir tanpa perkuatan dengan variasi pada tanah pasir dengan perkuatan yaitu jumlah lapisan perkuatan geogrid (n) dan jarak lapisan teratas geogrid (u/B), sehingga adanya perkuatan geogrid pada tanah pasir meningkatkan daya dukung pada tanah pasir rata-rata sebesar 35,325 %.
2. Daya dukung *ultimate* pada tanah pasir meningkat pada rasio $u/B = 0,25$ dan rasio $u/B = 0,5$. Sedangkan ketika jarak lapis geogrid teratas mencapai rasio $u/B = 0,75$, daya dukung tanah pasir menurun hingga dibawah rasio $u/B = 0,25$. Sehingga penentuan jarak lapisan teratas geogrid pada tanah pasir menunjukkan adanya peningkatan daya dukung yang optimum pada rasio $u/B = 0,5$.
3. Semakin banyak jumlah lapis geogrid yang diberikan pada tanah pasir maka daya dukung *ultimate* tanah pasir tersebut semakin meningkat. Dengan rata-rata peningkatan daya dukung pada tanah pasir tersebut sebesar 19,606 %.
4. Berdasarkan hasil analisis BCI_u , nilai daya dukung dari tanah pasir dengan variasi rasio jarak lapis teratas geogrid $u/B = 0,25$ hingga $u/B = 0,75$ dan penggunaan 1 lapisan geogrid hingga 3 lapisan geogrid didapatkan daya dukung optimum pada variasi $u/B = 0,5$ dengan 3 lapis perkuatan geogrid.

5.2 Saran

Penelitian ini membutuhkan ketelitian, waktu yang cukup, dan metode pelaksanaan yang baik dan sesuai untuk mencapai kesempurnaan dalam hasil penelitian. Karena itu ada beberapa saran untuk penelirian selanjutnya antarlain sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pemadatan yang baik pada model tanah pasir dimana pemadatan harus merata pada keseluruhan luas tanah pasir, karena pemadatan yang kurang baik dapat mengakibatkan respon yang kurang sempurna ditunjukkan oleh kurva qu dan penurunan yang kurang sempurna.
2. Sebaiknya menggunakan box benda uji dengan sisi tinggi box yang transparan agar dapat mengamati keruntuhan bukan hanya dari permukaan tanah namun juga dari kedalamannya.



DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. 2002. *ASTM D 4439-02 Standard Terminology for Geosynthetics*. United States: ASTM
- Bowles, J.E. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Chen, Qiming. 2007. An Experimental Study on Characteristics and Behavior of Reinforced Soil Foundation. *Disertasi*. Tidak dipublikasikan. China: Tongji University.
- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B.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.
- Gouw, Tjie Liong. 2006. *Geosynthetics Design Concept for Road Construction. Proceeding of Seminar Road Construction in Indonesia with Special Reference to the Role of Geosynthetics*. Jakarta, 6 April 2006
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Teknik Fondasi 1 Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H.C. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hausman, Manfred .1990. "Engineering Principles Of Ground Modification".Singapore: McGraw-Hill,Inc.

Indrawahyuni, H., Suroso, Suyadi, W., & Zaika, Y. 2012. Pengaruh Perkuatan Pile Terhadap Daya Dukung Pada Pemodelan Fisik Lereng Tanah Pasir. *Jurnal Rekayasa Sipil*. 6 (3):1978-5658.

Isparmo. 2011. Geogrid, Definisi dan Fungsi. (<http://geotextile.web.id/geogrid-definisi-dan-fungsi.html>), diakses pada 11 februari 2016.

Koerner, R.M. 2005. *Designing With Geosynthetics, Fifth Edition*. New Jersey: Pearson/Prentice Hall.

Munawir, A., Suyadi, W., & Noviyanto, T. 2009. Alternatif Perkuatan Tanah Pasir Menggunakan Lapis Anyaman Bambu Dengan Variasi Jarak dan Jumlah Lapis. *Jurnal Rekayasa Sipil*. 3 (1).

Musthafa, Aris. 2015. Pengaruh Sudut Kemiringan dan Jarak Pondasi Menerus Dari Tepi Lereng Pada Pemodelan Fisik Lereng Pasir Dengan Perkuatan Geogrid. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Nurly Gofar dan Bakrie Oemar .1990. *Perencanaan reinforced retaining wall dengan menggunakan spreadsheet program*. Bandung: HATTI.

Pettijohn, F. J., Potter, E. P., & Siever, R. 1973. *Sand and Sandstone*. New York: Springer-Verlag.

Prasasti, Yosephine Diajeng Januar. 2014. Pengaruh Variasi Panjang Lapisan dan Jarak Vertikal Antar Geotekstil terhadap Daya Dukung Pondasi Menerus Pada Pemodelan Lereng Pasir Kepadatan 74%. *Jurnal Terpublikasi*, 1 – 6.

Safitri, Triana. 2015. Studi Eksperimental Daya Dukung Tanah Pasir Pada Telapak Beban Menggunakan Perkuatan Geogrid. *Tesis*. Tidak dipublikasikan. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Shin, E. C. & Das, B. M. 2000. Experimental Study of Bearing Capacity of a Strip Foundation on Geogrid-Reinforced Sand. *Geosynthetics International*. 7 (1): 59 – 71.

Sulistyo, Herlambang Bagus. 2015. Pagaruh Lebar Pondasi dan Jumlah Lapisan Geogrid terhadap Daya Dukung Pondasi Menerus pada Permodelan Fisik Lereng Pasir Keiringan 46° . *Jurnal Terpublikasi*, 1 – 11.

Surendro, Bambang. 2004. *Mekanika Tanah - Teori, Soal, dan Penyelesaian*. Magelang: Andi Yogyakarta.

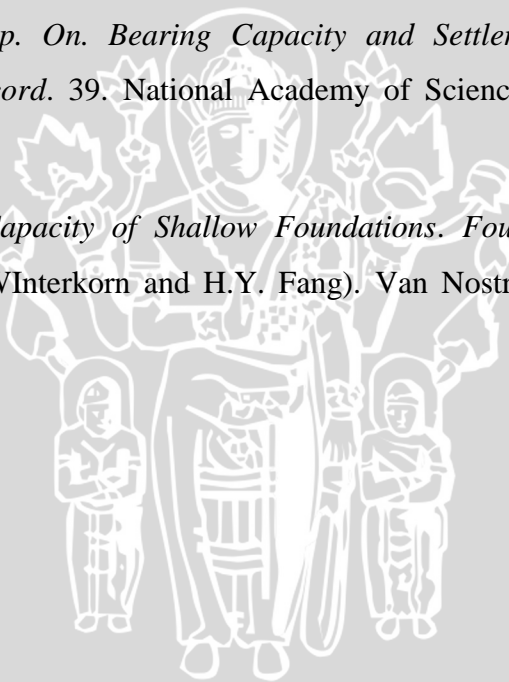
Suroso, As'ad Munawir, dan Herlien Indrawahyuni. 2007. *Buku Ajar Teknik Pondasi*. Malang: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Teng, Wayne C. 1981. *Foundation Design*. New Delhi: Prentice Hall.

Utomo, Pontjo. 2004. Daya Dukung Ultimit Pondasi Dangkal diatas Tanah Pasir yang diperkuat Geogrid. *Civil Engginerring Dimension*. 6 (1): 15 – 20.

Vesic, A. 1963. *Proc. Symp. On. Bearing Capacity and Settlement of Foundation. Highway Research Record*. 39. National Academy of Sciences, National Reserch Council. Pp 112-153.

Vesic. A.. 1975. *Bearing Capacity of Shallow Foundations. Foundation Engineering Handbook* (eds. H.F. Winterkorn and H.Y. Fang). Van Nostrand Reinhold, New York. Pp 121-147.

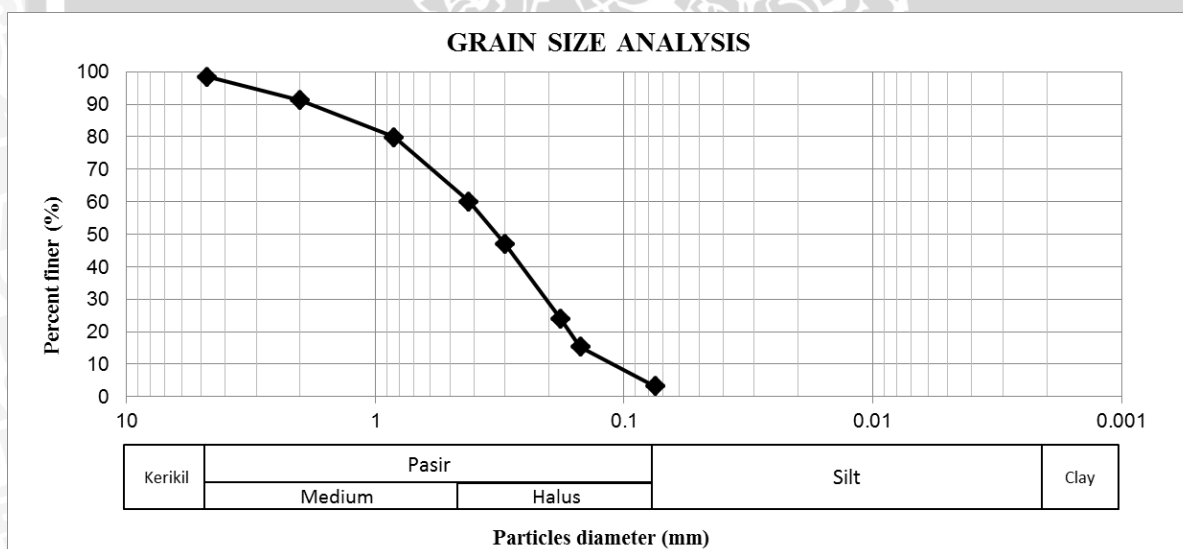




LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Gradasi Butir Tanah

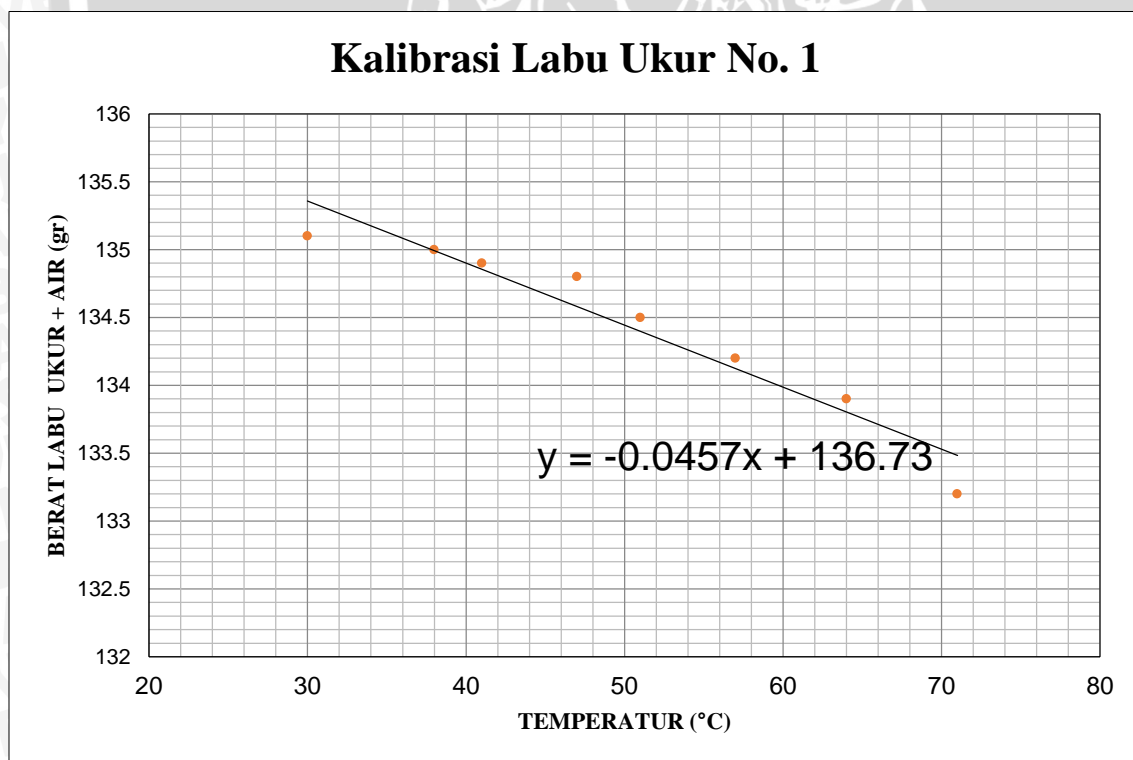
Saringan		Tertahan Saringan (gram)	Jumlah Tertahan (gram)	% Komulatif Tertahan	% Komulatif Lolos Saringan
Diameter (mm)	Ayakan Nomor				
4.75	4	7.95	7.95	1	99
2	10	39.99	47.94	9	91
0.84	20	62.08	110.02	20.04	79.96
0.42	40	108.76	218.78	39.85	60.15
0.3	50	72.05	290.83	52.97	47.03
0.18	80	126.38	417.21	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



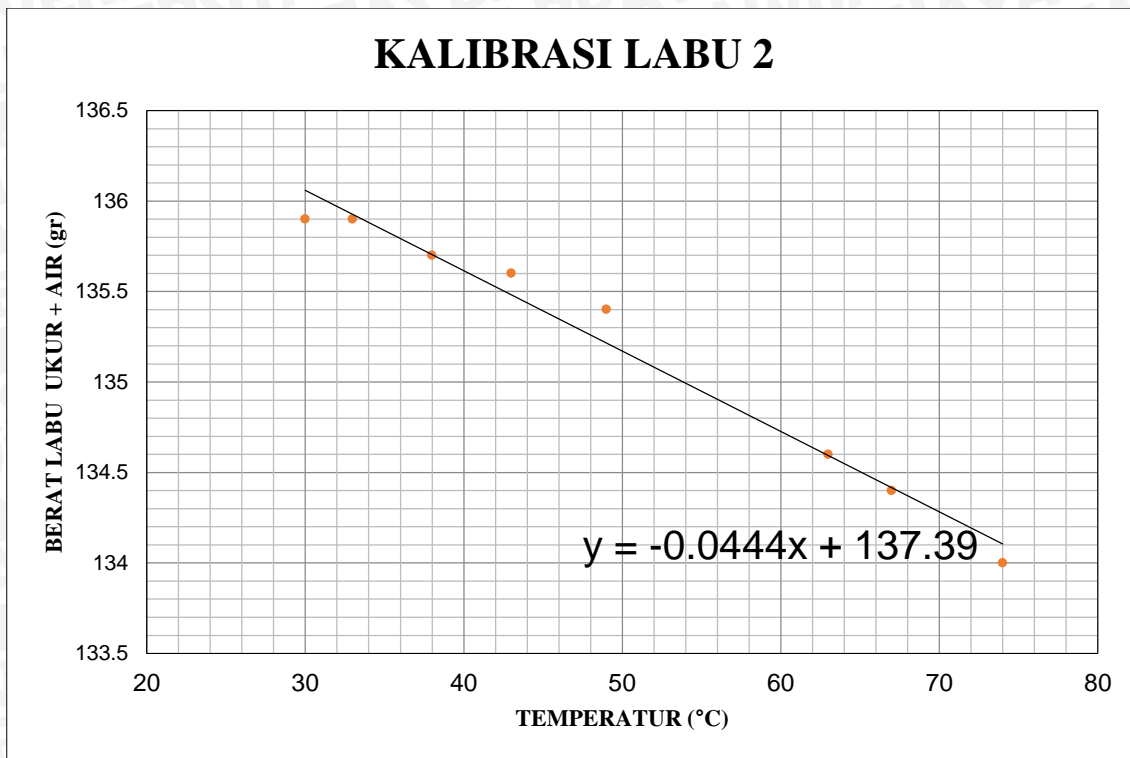
Lampiran 2. Analisis *Specific Gravity* Tanah

Data Percobaan Kalibrasi Labu Ukur

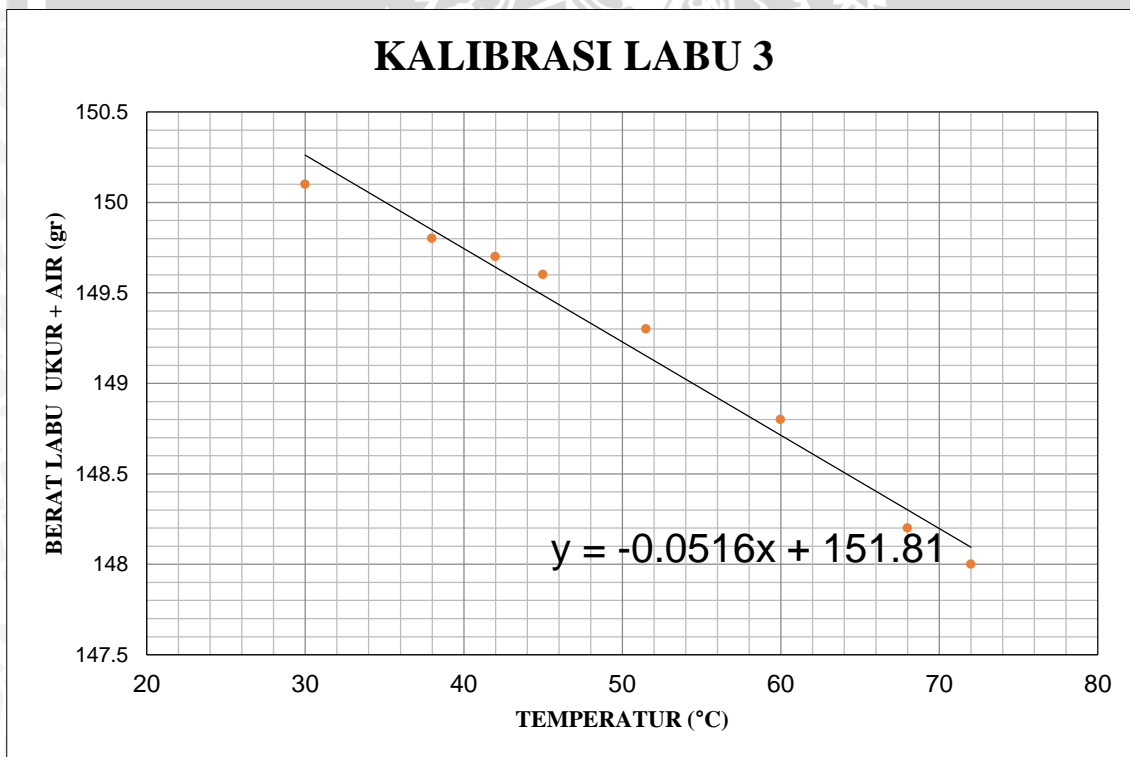
No	1		2		3	
	Berat Labu ukur +air	Temp. (°C)	Berat Labu ukur +air	Temp. (°C)	Berat Labu ukur +air	Temp. (°C)
1	133.2	71	134	74	148	72
2	133.9	64	134.4	67	148.2	68
3	134.2	57	134.6	63	148.8	60
4	134.5	51	135.4	49	149.3	51.5
5	134.8	47	135.6	43	149.6	45
6	134.9	41	135.7	38	149.7	42
7	135	38	135.9	33	149.8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



KALIBRASI LABU 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	146	146,4	146,7	146,8	147,1	147,3	147,5	147,6
Suhu (°C)	°C	67	60	52	47	45	41	37	30
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	133,536	134,04	134,496	134,716	134,79	134,914	135,006	135,09
Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm ³	2,6539	2,6178	2,5654	2,5265	2,6008	2,6267	2,6645	2,6702
Rata-rata Berat Jenis	gram/cm ³	2,6157							

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	146,4	147	147,5	147,7	148	148,2	148,4	148,5
Suhu (°C)	°C	71	63	54	52	45	39	33	30
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	134,0	134,5	135,0	135,1	135,4	135,7	135,8	135,9
Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm ³	2,6313	2,6562	2,6551	2,6914	2,6887	2,6827	2,6923	2,7031
Rata-rata Berat Jenis	gram/cm ³	2,6751							

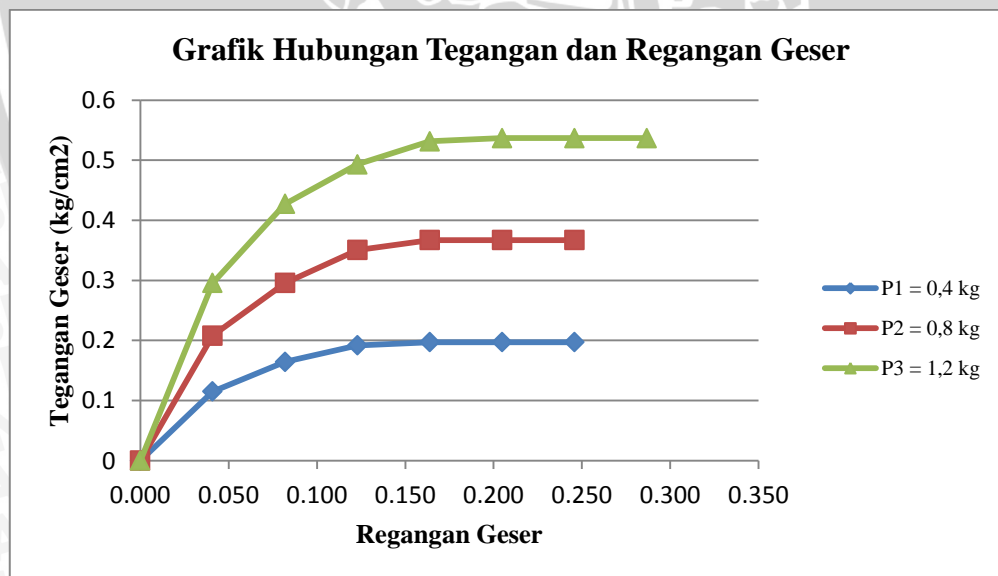
LABU UKUR	SATUAN	3							
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20	20	20	20	20	20	20	20
Berat Labu Ukur + Air + Tanah Kering (W1)	gram	161	161,2	161,6	161,9	162	162,3	162,5	162,5
Suhu (°C)	°C	67	63	55	49	47	40	33	30
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	148,4	148,7	149,2	149,5	149,5	149,8	150,0	150,1
Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm ³	2,6854	2,6644	2,6432	2,6451	2,6491	2,6589	2,6541	2,6285
Rata-rata Berat Jenis	gram/cm ³	2,6536							

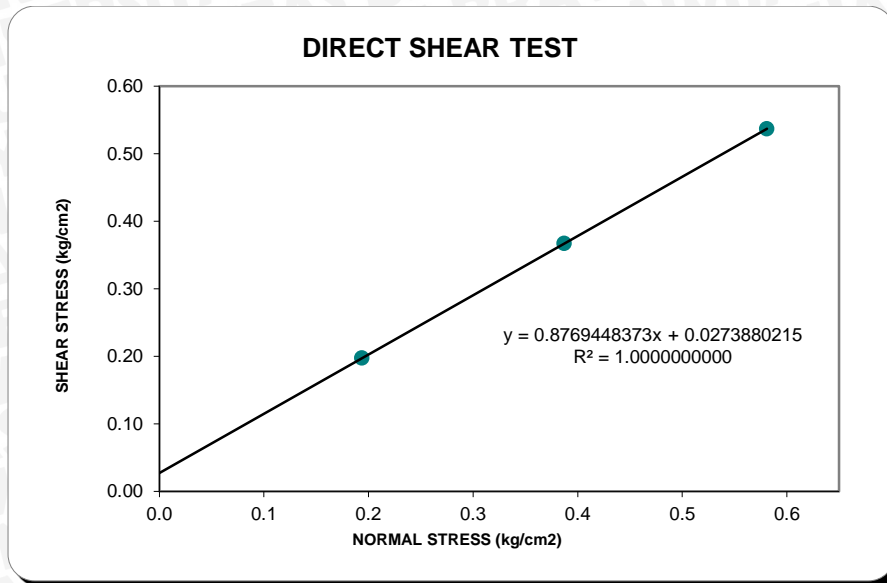
Rata-rata = 2,6481

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

<i>Diameter</i>	:	6.1	cm
<i>Area</i>	:	29.21	cm ²
<i>Height</i>	:	1.8	cm
<i>Lever Ratio</i>	:	14.14	
<i>Volume Weight</i>	:	1.531	gr/cm ³
<i>Calibration</i>	:	0.32	

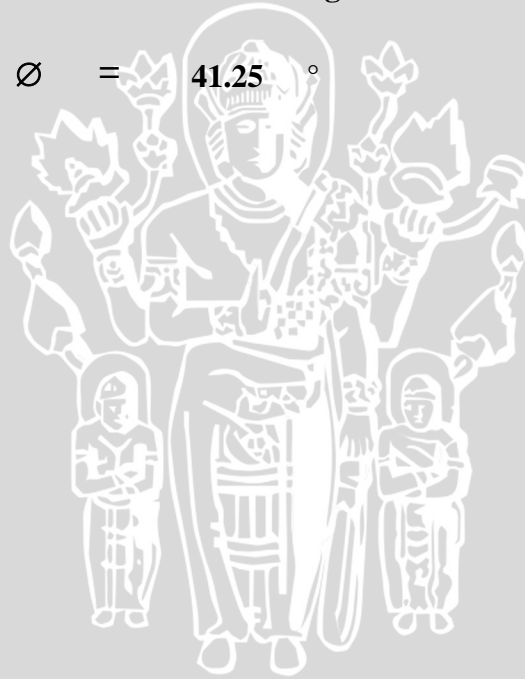
NORMAL FORCE	P1 = 0.4 kg			P2 = 0.8 kg			P3 = 1.2 kg			Regangan Geser
NORMAL STRESS	s1 = 0.2 kg/cm ²			s2 = 0.4 kg/cm ²			s3 = 0.6 kg/cm ²			
STRAIN	DIAL READING	SHEAR FORCE	SHEAR STRESS	DIAL READING	SHEAR FORCE	SHEAR STRESS	DIAL READING	SHEAR FORCE	SHEAR STRESS	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
25	10.5	3.3600	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										





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

$\phi = 41.25^\circ$



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

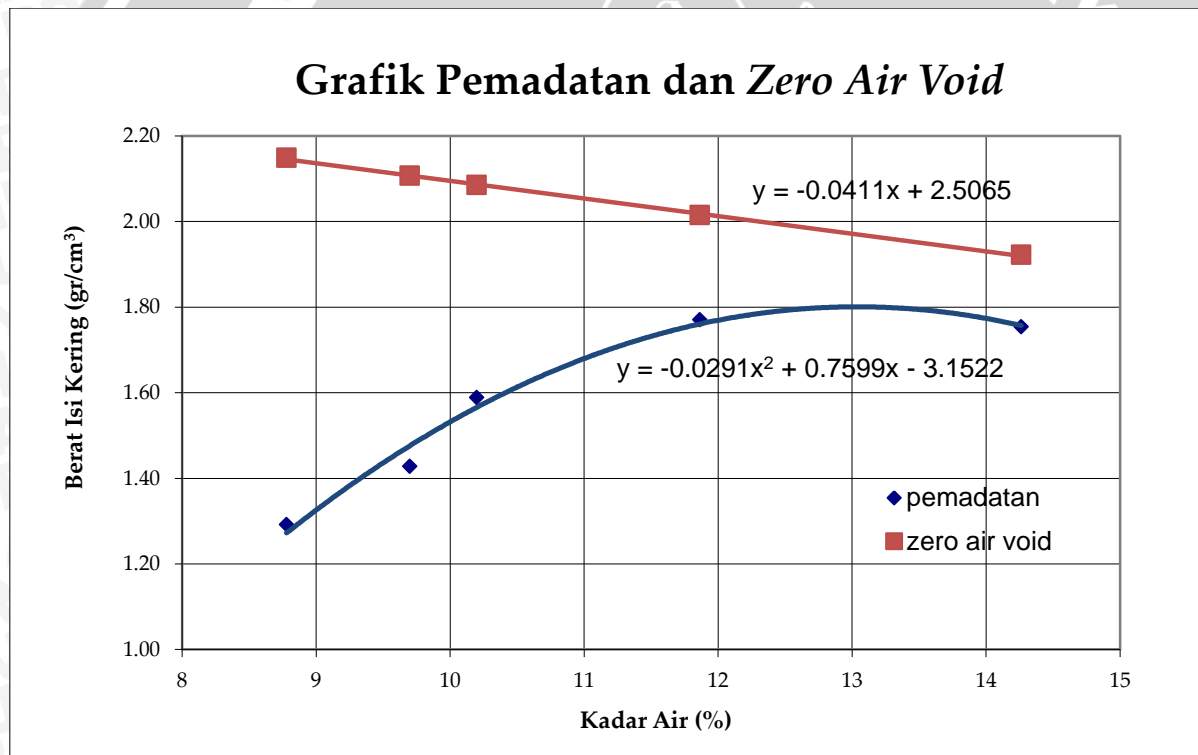
Penambahan Air	p1			p2			p3			p4			p5		
	atas	tengah	bawah	atas	tengah	bawah	atas	tengah	bawah	atas	tengah	bawah	atas	tengah	bawah
Berat Cawan	6.00	4.00	4.00	5.60	4.00	4.10	6.00	5.50	5.30	7.80	6.10	4.10	5.50	5.50	5.60
Berat Tanah Basah + Cawan	29.40	31.80	35.80	29.30	17.20	28.60	29.10	27.90	20.00	32.00	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		

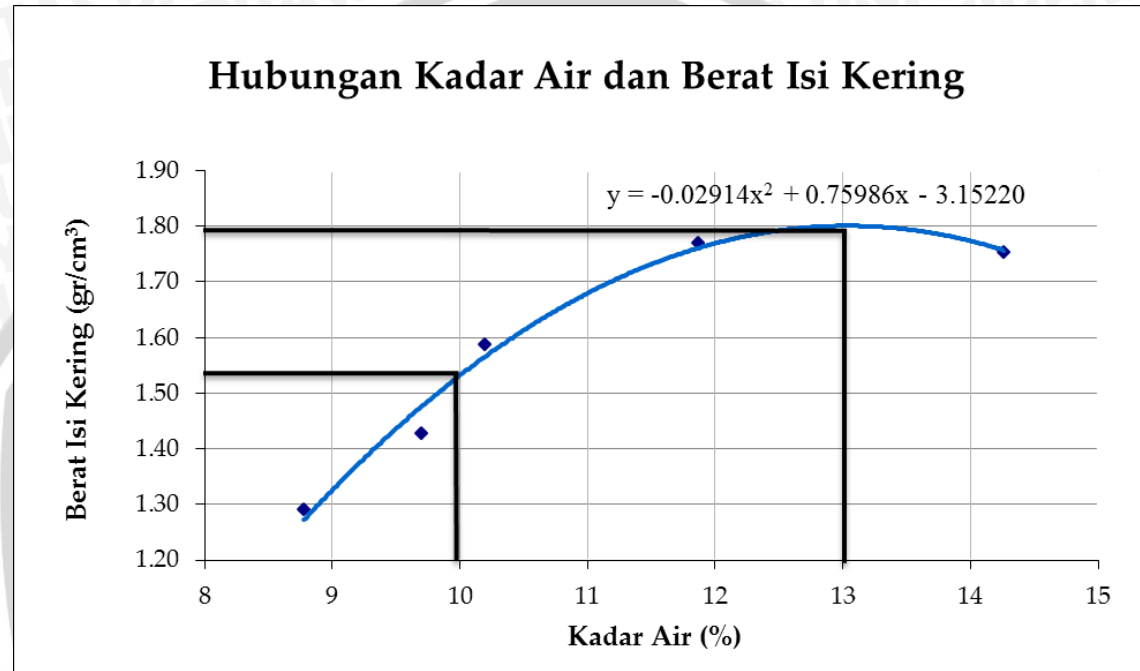
Density

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





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

Lampiran 5. Pengujian Kadar Air dan Kepadatan Pasir

Tanpa Perkuatan $B = 8$, $d/B = 1$

bc	5.7	5.7	5.6	5.5	5.9	6.2	4.3	6	5.6	5.5	6.1	5.7	6	5.7	5.7	5.8	5.9	5.6	5.5	5.68	4.2
bb	24.4	23.1	23	23.5	23.9	24.3	22	23.8	24.2	23.9	25	24	24	24.6	24.3	24.1	24.7	23.9	23.9	24.2	21
bk	22.75	21.54	21.46	21.93	22.31	22.75	20.41	22.32	22.53	22.34	23.22	22.27	22.3	22.99	22.67	22.55	22.94	22.31	22.18	22.46	19.56

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																				

Dengan Perkuatan $B = 8$, $d/B = 1$, $u/B = 0,25$, $n = 1$

bc	5.6	6.1	6.1	5.6	5.6	5.5	4.2	4.2	5.8	5.9	5.7	5.7	5.7	5.7	5.8	5.5	5.7	5.7	5.3	5.5	6
bb	23.4	24.7	23.6	23.5	23.9	23.8	22.1	22.8	23.9	23.8	23.5	23.7	23.9	23.9	24.3	24	24.2	23.5	23.2	23.7	23.2
bk	21.86	22.93	22.01	21.85	22.24	22.18	20.51	21.09	22.23	22.18	21.94	22.18	22.25	22.26	22.51	22.3	22.45	21.82	21.49	21.95	21.6

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	36.04	36.67	35.52	36.14	36.37	36.32	36.14	36.67	36.12	36.14	35.87	36.02	36.44	36.27	36.52	36.74	36.57	35.82	36.14	36.27	35.22
3. Berat Tanah Basah	gr	17.80	18.60	17.50	17.90	18.30	18.30	17.90	18.60	18.10	17.90	17.80	18.00	18.20	18.20	18.50	18.50	18.50	17.80	17.90	18.20	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	1.578	1.755	1.651	1.587	1.727	1.727	1.587	1.755	1.708	1.587	1.679	1.698	1.613	1.717	1.745	1.640	1.745	1.679	1.587	1.717	1.623
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.50	34.90	33.93	34.49	34.71	34.70	34.55	34.96	34.45	34.52	34.31	34.50	34.79	34.63	34.73	35.04	34.82	34.14	34.43	34.52	33.62
7. Berat Tanah Kering	gr	16.26	16.83	15.91	16.25	16.64	16.68	16.31	16.89	16.43	16.28	16.24	16.48	16.55	16.56	16.71	16.80	16.75	16.12	16.19	16.45	15.60
8. Berat Air	gr	1.54	1.77	1.59	1.65	1.66	1.62	1.59	1.71	1.67	1.62	1.56	1.52	1.65	1.64	1.79	1.70	1.75	1.68	1.71	1.75	1.60
9. Kadar Air	%	9.47	10.52	9.99	10.15	9.98	9.71	9.75	10.12	10.16	9.95	9.61	9.22	9.97	9.90	10.71	10.12	10.45	10.42	10.56	10.64	10.26
10. Kadar Air Rata-Rata	%											10.08										
11. γ_d	gr/cm ³	1.441	1.588	1.501	1.440	1.570	1.574	1.446	1.594	1.550	1.443	1.532	1.555	1.467	1.562	1.577	1.489	1.580	1.521	1.435	1.552	1.472
12. γ_d rata-rata	gr											1.519										

Dengan Perkuatan $B = 8$, $d/B = 1$, $u/B = 0,25$, $n = 2$

bc	5.5	5.7	5.7	4.1	4.2	6.2	4.2	5.5	6.1	6.1	5.6	6	5.8	4.2	5.9	6.1	4.2	5.8	5.9	6	5.6
bb	24.5	23.9	23.9	22.1	22.6	24.9	22.6	23.4	24.6	24.9	23.1	24.4	24.3	22.8	23.8	24.5	22.9	23.7	24.1	23.9	23.7
bk	22.48	22.14	21.97	20.45	20.89	22.83	20.82	21.64	22.74	23.1	21.36	22.59	22.58	21.02	22.07	22.8	21.08	22.06	22.45	22.28	22.04

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	37.24	36.27	36.22	36.24	36.47	36.72	36.64	35.97	36.52	37.04	35.57	36.42	36.74	36.67	35.92	36.64	36.77	35.92	36.44	35.97	36.12
3. Berat Tanah Basah	gr	19.00	18.20	18.20	18.00	18.40	18.70	18.40	17.90	18.50	18.80	17.50	18.40	18.50	18.60	17.90	18.40	18.70	17.90	18.20	17.90	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	1.684	1.717	1.717	1.596	1.736	1.764	1.631	1.689	1.745	1.666	1.651	1.736	1.640	1.755	1.689	1.631	1.764	1.689	1.613	1.689	1.708
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.22	34.51	34.29	34.59	34.76	34.65	34.86	34.21	34.66	35.24	33.83	34.61	35.02	34.89	34.19	34.94	34.95	34.28	34.79	34.35	34.46
7. Berat Tanah Kering	gr	16.98	16.44	16.27	16.35	16.69	16.63	16.62	16.14	16.64	17.00	15.76	16.59	16.78	16.82	16.17	16.70	16.88	16.26	16.55	16.28	16.44
8. Berat Air	gr	2.02	1.76	1.93	1.65	1.71	2.07	1.78	1.76	1.86	1.80	1.74	1.81	1.72	1.78	1.73	1.70	1.82	1.64	1.65	1.62	1.66
9. Kadar Air	%	11.90	10.71	11.86	10.09	10.25	12.45	10.71	10.90	11.18	10.59	11.04	10.91	10.25	10.58	10.70	10.18	10.78	10.09	9.97	9.95	10.10
10. Kadar Air Rata-Rata	%											10.72										
11. γ_d	gr/cm ³	1.505	1.551	1.535	1.449	1.575	1.569	1.473	1.523	1.570	1.507	1.487	1.565	1.487	1.587	1.526	1.480	1.593	1.534	1.467	1.536	1.551
12. γ_d rata-rata	gr											1.527										

Dengan Perkuatan $B = 8$, $d/B = 1$, $u/B = 0,25$, $n = 3$

bc	4.2	5.9	5.7	5.9	5.5	5.9	5.5	5.6	4.3	5.4	5.7	4.2	4.3	6	5.6	6	5.9	5.6	5.8	5.7	6.1
bb	22.1	24.6	23.6	23.7	23.6	24.2	23.8	23.2	22.6	23.4	24.3	22.6	21.9	24.4	24.2	24.2	23.9	23.5	23.8	24.1	24.3
bk	20.37	23.74	21.92	22.05	21.9	22.48	23.09	21.58	20.93	21.77	22.56	20.9	20.29	22.69	22.54	22.56	22.31	21.9	22.1	22.39	22.6

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	18.02
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.14	36.77	35.92	36.04	36.17	36.32	36.54	35.67	36.32	36.24	36.67	36.42	35.84	36.47	36.62	36.44	36.07	35.92	36.24	36.47	36.22	36.22
3. Berat Tanah Basah	gr	17.90	18.70	17.90	17.80	18.10	18.30	18.30	17.60	18.30	18.00	18.60	18.40	17.60	18.40	18.60	18.20	18.00	17.90	18.00	18.40	18.20	18.20
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	10.60
5. γ_w	gr/cm ³	1.587	1.764	1.689	1.578	1.708	1.727	1.622	1.661	1.727	1.596	1.755	1.736	1.560	1.736	1.755	1.613	1.698	1.689	1.596	1.736	1.717	1.717
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.41	35.91	34.24	34.39	34.47	34.60	35.83	34.05	34.65	34.61	34.93	34.72	34.23	34.76	34.96	34.80	34.48	34.32	34.54	34.76	34.52	34.52
7. Berat Tanah Kering	gr	16.17	17.84	16.22	16.15	16.40	16.58	17.59	15.98	16.63	16.37	16.86	16.70	15.99	16.69	16.94	16.56	16.41	16.30	16.30	16.69	16.50	16.50
8. Berat Air	gr	1.73	0.86	1.68	1.65	1.70	1.72	0.71	1.62	1.67	1.63	1.74	1.70	1.61	1.71	1.66	1.64	1.59	1.60	1.70	1.71	1.70	1.70
9. Kadar Air	%	10.70	4.82	10.36	10.22	10.37	10.37	4.04	10.14	10.04	9.96	10.32	10.18	10.07	10.25	9.80	9.90	9.69	9.82	10.43	10.25	10.30	10.30
10. Kadar Air Rata-Rata	%											9.62											
11. γ_d	gr/cm ³	1.433	1.683	1.530	1.432	1.547	1.564	1.559	1.508	1.569	1.451	1.591	1.576	1.417	1.575	1.598	1.468	1.548	1.538	1.445	1.575	1.557	1.557
12. γ_d rata-rata	gr											1.532											

Dengan Perkuatan $B = 8$, $d/B = 1$, $u/B = 0,5$, $n = 1$

bc	6	5.5	6.1	5.7	6.2	4.2	5.7	5.7	6	5.6	5.9	4.2	5.9	5.4	4.3	6	5.8	4.2	5.8	4.2	4.2
bb	23.5	24.3	24.3	23.9	24.4	22.9	24.2	24	24.1	23.3	24.9	22.1	24.5	23.3	22	24	24.3	22.2	23.5	21.7	22.1
bk	21.84	22.51	22.52	22.18	22.74	21.21	22.47	22.18	22.39	21.65	22.99	20.45	22.8	21.78	20.49	22.4	22.64	20.57	21.73	19.96	20.47

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	36.22	36.44	36.27	36.72	36.74	36.37	36.12	35.94	37.07	35.92	36.84	35.97	35.72	36.24	36.57	36.02	35.94	35.57	35.92
3. Berat Tanah Basah	gr	17.50	18.80	18.20	18.20	18.20	18.70	18.50	18.30	18.10	17.70	19.00	17.90	18.60	17.90	17.70	18.00	18.50	18.00	17.70	17.50	17.90
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	1.717	1.613	1.717	1.764	1.640	1.727	1.708	1.569	1.793	1.689	1.649	1.689	1.670	1.596	1.745	1.698	1.569	1.651	1.689
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.08	35.08	34.44	34.72	34.61	35.03	35.01	34.55	34.41	34.29	35.16	34.27	35.14	34.45	34.21	34.64	34.91	34.39	34.17	33.83	34.29
7. Berat Tanah Kering	gr	15.84	17.01	16.42	16.48	16.54	17.01	16.77	16.48	16.39	16.05	17.09	16.25	16.90	16.38	16.19	16.40	16.84	16.37	15.93	15.76	16.27
8. Berat Air	gr	1.66	1.79	1.78	1.72	1.66	1.69	1.73	1.82	1.71	1.65	1.91	1.65	1.70	1.52	1.51	1.60	1.66	1.63	1.77	1.74	1.63
9. Kadar Air	%	10.48	10.52	10.84	10.44	10.04	9.94	10.32	11.04	10.43	10.28	11.18	10.15	10.06	9.28	9.33	9.76	9.86	9.96	11.11	11.04	10.02
10. Kadar Air Rata-Rata	%											10.29										
11. γ_d	gr/cm ³	1.404	1.605	1.549	1.461	1.561	1.605	1.486	1.555	1.546	1.423	1.612	1.533	1.498	1.545	1.528	1.454	1.589	1.545	1.412	1.487	1.535
12. γ_d rata-rata	gr											1.521										

Dengan Perkuatan $B = 8$, $d/B = 1$, $u/B = 0,5$, $n = 2$

bc	4.2	4.2	6.1	5.9	5.7	4.2	4.2	5.6	5.6	5.6	4.2	5.6	5.6	5.9	5.5	5.7	6.1	4.2	6.2	5.7	5.5
bb	22.4	22.3	24	23.4	23.5	22.3	22.9	23.6	24.3	23.2	24	23.2	23.5	24.9	23.3	23.9	24.4	22.9	24.4	23.7	24.2
bk	20.75	20.6	22.35	21.77	21.89	20.65	21.19	21.95	22.61	21.49	22.3	21.57	21.86	23.14	21.66	22.23	22.68	21.22	22.69	22.1	22.57

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	36.44	36.17	35.92	35.74	35.87	36.12	36.94	36.07	36.72	35.84	37.87	35.62	36.14	37.07	35.82	36.44	36.37	36.72	36.44	36.07	36.72
3. Berat Tanah Basah	gr	18.20	18.10	17.90	17.50	17.80	18.10	18.70	18.00	18.70	17.60	19.80	17.60	17.90	19.00	17.80	18.20	18.30	18.70	18.20	18.00	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	1.613	1.708	1.689	1.551	1.679	1.708	1.658	1.698	1.764	1.560	1.868	1.661	1.587	1.793	1.679	1.613	1.727	1.764	1.613	1.698	1.764
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.79	34.47	34.27	34.11	34.26	34.47	35.23	34.42	35.03	34.13	36.17	33.99	34.50	35.31	34.18	34.77	34.65	35.04	34.73	34.47	35.09
7. Berat Tanah Kering	gr	16.55	16.40	16.25	15.87	16.19	16.45	16.99	16.35	17.01	15.89	18.10	15.97	16.26	17.24	16.16	16.53	16.58	17.02	16.49	16.40	17.07
8. Berat Air	gr	1.65	1.70	1.65	1.63	1.61	1.65	1.71	1.65	1.69	1.71	1.70	1.63	1.64	1.76	1.64	1.67	1.72	1.68	1.71	1.60	1.63
9. Kadar Air	%	9.97	10.37	10.15	10.27	9.94	10.03	10.06	10.09	9.94	10.76	9.39	10.21	10.09	10.21	10.15	10.10	10.37	9.87	10.37	9.76	9.55
10. Kadar Air Rata-Rata	%											10.08										
11. γ_d	gr/cm ³	1.467	1.547	1.533	1.407	1.528	1.552	1.506	1.543	1.605	1.408	1.708	1.507	1.441	1.627	1.525	1.465	1.564	1.606	1.462	1.547	1.611
12. γ_d rata-rata	gr											1.531										

Dengan Perkuatan $B = 8$, $d/B = 1$, $u/B = 0,5$, $n = 3$

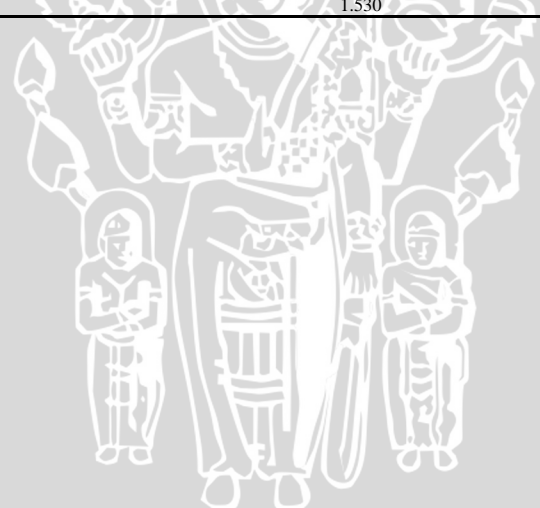
bc	5.7	5.5	5.7	4.2	6.1	5.7	5.5	5.9	5.6	5.6	4.3	4.2	5.6	5.6	5.6	5.9	5.7	5.6	5.9	5.6	6
bb	23.5	23.7	23.2	21.9	23.6	23.9	23.8	24.6	23.4	23.8	22.5	22.4	23.3	23.6	23.2	23.5	24.4	23.1	24.7	24.1	24.3
bk	21.97	22	21.67	20.25	21.95	22.15	22.08	22.86	21.7	21.99	20.75	20.61	21.79	23.06	21.81	21.82	22.67	21.31	23.04	22.43	22.54

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	36.04	36.27	35.52	35.94	35.57	36.22	36.54	36.77	35.82	36.44	36.27	36.22	35.94	36.07	35.62	35.84	36.77	35.52	37.04	36.57	36.32
3. Berat Tanah Basah	gr	17.80	18.20	17.50	17.70	17.50	18.20	18.30	18.70	17.80	18.20	18.20	17.70	18.00	17.60	17.60	17.60	18.70	17.50	18.80	18.50	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	1.578	1.717	1.651	1.569	1.651	1.717	1.622	1.764	1.679	1.613	1.717	1.717	1.569	1.698	1.661	1.560	1.764	1.651	1.666	1.745	1.727
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.51	34.57	33.99	34.29	33.92	34.47	34.82	35.03	34.12	34.63	34.52	34.43	34.43	35.53	34.23	34.16	35.04	33.73	35.38	34.90	34.56
7. Berat Tanah Kering	gr	16.27	16.50	15.97	16.05	15.85	16.45	16.58	16.96	16.10	16.39	16.45	16.41	16.19	17.46	16.21	15.92	16.97	15.71	17.14	16.83	16.54
8. Berat Air	gr	1.53	1.70	1.53	1.65	1.65	1.75	1.72	1.74	1.70	1.81	1.75	1.79	1.51	0.54	1.39	1.68	1.73	1.79	1.66	1.67	1.76
9. Kadar Air	%	9.40	10.30	9.58	10.28	10.41	10.64	10.37	10.26	10.56	11.04	10.64	10.91	9.33	3.09	8.57	10.57	10.19	11.39	9.68	9.92	10.64
10. Kadar Air Rata-Rata	%											9.90										
11. γ_d	gr/cm ³	1.442	1.557	1.507	1.423	1.495	1.552	1.470	1.600	1.519	1.453	1.552	1.548	1.435	1.647	1.529	1.411	1.601	1.482	1.519	1.588	1.561
12. γ_d rata-rata	gr											1.519										

Dengan Perkuatan $B = 8$, $d/B = 1$, $u/B = 0,75$, $n =$

bc	5.5	6.1	4.3	5.7	6	5.7	5.4	5.4	6.1	6.3	5.6	5.4	5.7	5.7	5.5	6.2	5.8	5.7	4.2	5.6	5.7
bb	24.1	24.9	22.5	23.8	24.2	24.4	23.2	23.2	24	24.5	23.9	24	23.8	24.4	23.5	24.9	22.3	23.7	22.7	24	24
bk	22.31	23.05	20.66	22.14	22.45	22.57	21.52	21.51	22.36	22.88	22.36	22.42	22.11	22.79	21.95	23.21	20.86	22.21	21.1	22.35	22.38

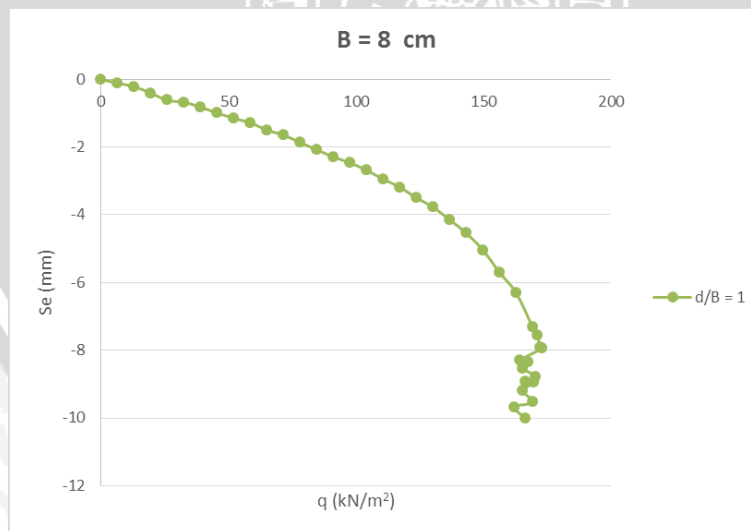
Lapisan		1	2	3	4	5	6	7														
Tinggi Ring	cm	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55	2.60	2.55	2.55
Diameter Ring	cm	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30	2.35	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.24	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										



Lampiran 6. Rekapitulasi Data Daya Dukung dan Penurunan Berdasarkan Eksperimen

Tanah pasir tanpa perkuatan.

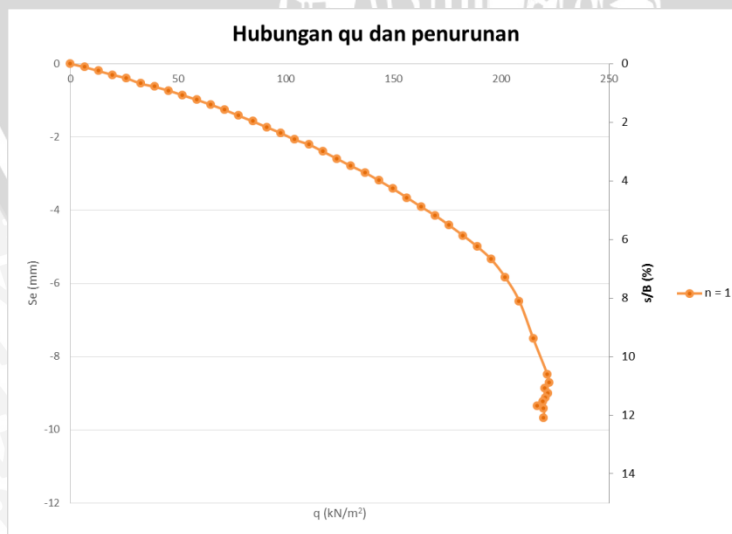
BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-2597	-3760	-25.970	-18.800	0	0	0	0	0	0
50	-2585	-3738	-25.850	-18.690	0.120	0.110	0.115	0.144	0.065	6.510
100	-2577	-3714	-25.770	-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	-2445	-16.730	-12.225	9.240	6.575	7.908	9.884	1.721	172.135
1330	-1670	-2440	-16.700	-12.200	9.270	6.600	7.935	9.919	1.732	173.177
1263	-1615	-2407	-16.150	-12.035	9.820	6.765	8.293	10.366	1.645	164.453
1287	-1609	-2401	-16.090	-12.005	9.880	6.795	8.338	10.422	1.676	167.578
1271	-1579	-2381	-15.790	-11.905	10.180	6.895	8.538	10.672	1.655	165.495
1310	-1543	-2357	-15.430	-11.785	10.540	7.015	8.778	10.972	1.706	170.573
1278	-1522	-2337	-15.220	-11.685	10.750	7.115	8.933	11.166	1.664	166.406
1304	-1522	-2328	-15.220	-11.640	10.750	7.160	8.955	11.194	1.698	169.792
1271	-1485	-2309	-14.850	-11.545	11.120	7.255	9.188	11.484	1.655	165.495
1300	-1436	-2269	-14.360	-11.345	11.610	7.455	9.533	11.916	1.693	169.271
1246	-1398	-2288	-13.980	-11.440	11.990	7.360	9.675	12.094	1.622	162.240
1278	-1368	-2210	-13.680	-11.050	12.290	7.750	10.020	12.525	1.664	166.406



Tanah Pasir Dengan Perkuatan

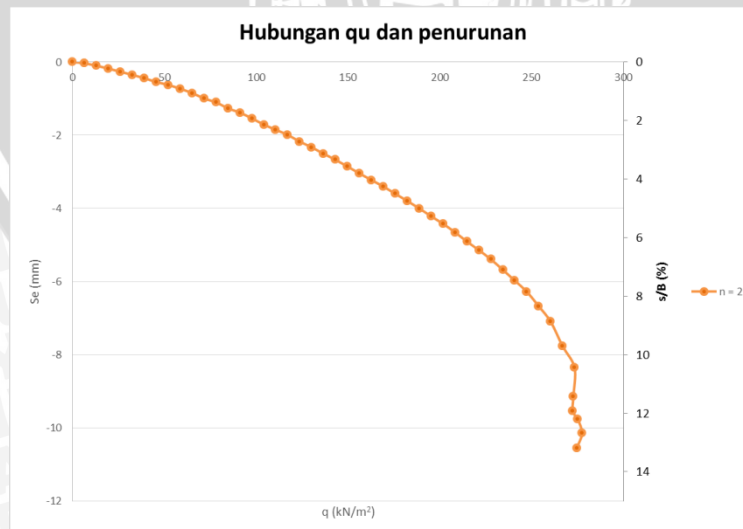
$u/B = 0,5 ; n = 1$

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	-976	-1044	-9.760	-5.220	0	0	0	0	0	0
50	-965	-1031	-9.650	-5.155	0.110	0.065	0.087	0.109	0.065	6.510
100	-953	-1012	-9.530	-5.060	0.230	0.160	0.195	0.244	0.130	13.021
150	-942	-992	-9.420	-4.960	0.340	0.260	0.300	0.375	0.195	19.531
200	-932	-974	-9.320	-4.870	0.440	0.350	0.395	0.494	0.260	26.042
250	-918	-945	-9.180	-4.725	0.580	0.495	0.538	0.672	0.326	32.552
300	-909	-928	-9.090	-4.640	0.670	0.580	0.625	0.781	0.391	39.063
350	-898	-908	-8.980	-4.540	0.780	0.680	0.730	0.912	0.456	45.573
400	-885	-883	-8.850	-4.415	0.910	0.805	0.858	1.072	0.521	52.083
450	-872	-860	-8.720	-4.300	1.040	0.920	0.980	1.225	0.586	58.594
500	-858	-834	-8.580	-4.170	1.180	1.050	1.115	1.394	0.651	65.104
550	-843	-807	-8.430	-4.035	1.330	1.185	1.258	1.572	0.716	71.615
600	-826	-777	-8.260	-3.885	1.500	1.335	1.418	1.772	0.781	78.125
650	-810	-748	-8.100	-3.740	1.660	1.480	1.570	1.963	0.846	84.635
700	-792	-719	-7.920	-3.595	1.840	1.625	1.733	2.166	0.911	91.146
750	-776	-687	-7.760	-3.435	2.000	1.785	1.893	2.366	0.977	97.656
800	-756	-655	-7.560	-3.275	2.200	1.945	2.073	2.591	1.042	104.167
850	-744	-626	-7.440	-3.130	2.320	2.090	2.205	2.756	1.107	110.677
900	-723	-592	-7.230	-2.960	2.530	2.260	2.395	2.994	1.172	117.188
950	-701	-557	-7.010	-2.785	2.750	2.435	2.593	3.241	1.237	123.698
1000	-680	-519	-6.800	-2.595	2.960	2.625	2.793	3.491	1.302	130.208
1050	-659	-489	-6.590	-2.445	3.170	2.775	2.973	3.716	1.367	136.719
1100	-635	-450	-6.350	-2.250	3.410	2.970	3.190	3.988	1.432	143.229
1150	-610	-410	-6.100	-2.050	3.660	3.170	3.415	4.269	1.497	149.740
1200	-582	-369	-5.820	-1.845	3.940	3.375	3.658	4.572	1.563	156.250
1250	-554	-325	-5.540	-1.625	4.220	3.595	3.908	4.884	1.628	162.760
1300	-527	-285	-5.270	-1.425	4.490	3.795	4.143	5.178	1.693	169.271
1350	-497	-238	-4.970	-1.190	4.790	4.030	4.410	5.513	1.758	175.781
1400	-465	-189	-4.650	-0.945	5.110	4.275	4.693	5.866	1.823	182.292
1450	-429	-141	-4.290	-0.705	5.470	4.515	4.993	6.241	1.888	188.802
1500	-388	-83	-3.880	-0.415	5.880	4.805	5.343	6.678	1.953	195.313
1550	-330	-1	-3.300	-0.005	6.460	5.215	5.838	7.297	2.018	201.823
1600	-254	106	-2.540	0.530	7.220	5.750	6.485	8.106	2.083	208.333
1650	-131	272	-1.310	1.360	8.450	6.580	7.515	9.394	2.148	214.844
1700	-14	428	-0.140	2.140	9.620	7.360	8.490	10.613	2.214	221.354
1706	10	466	0.100	2.330	9.860	7.550	8.705	10.881	2.221	222.135
1691	30	491	0.300	2.455	10.060	7.675	8.868	11.084	2.202	220.182
1702	45	517	0.450	2.585	10.210	7.805	9.008	11.259	2.216	221.615
1693	60	533	0.600	2.665	10.360	7.885	9.123	11.403	2.204	220.443
1685	72	550	0.720	2.750	10.480	7.970	9.225	11.531	2.194	219.401
1665	88	570	0.880	2.850	10.640	8.070	9.355	11.694	2.168	216.797
1687	95	580	0.950	2.900	10.710	8.120	9.415	11.769	2.197	219.661
1686	126	625	1.260	3.125	11.020	8.345	9.683	12.103	2.195	219.531



$u/B = 0,25 ; n = 2$

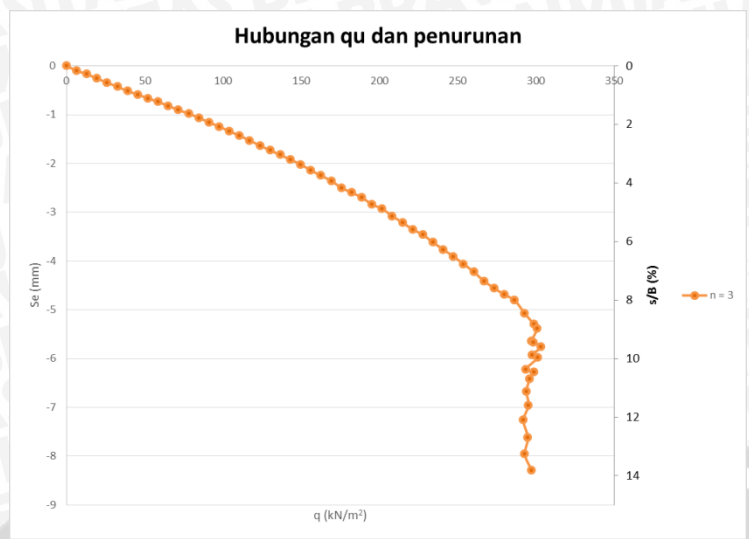
BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-3579	-2640	-35.790	-13.200	0	0	0	0	0	0
50	-3575	-2633	-35.750	-13.165	0.040	0.035	0.037	0.047	0.065	6.510
100	-3571	-2615	-35.710	-13.075	0.080	0.125	0.102	0.128	0.130	13.021
150	-3565	-2595	-35.650	-12.975	0.140	0.225	0.183	0.228	0.195	19.531
200	-3558	-2575	-35.580	-12.875	0.210	0.325	0.268	0.334	0.260	26.042
250	-3551	-2555	-35.510	-12.775	0.280	0.425	0.353	0.441	0.326	32.552
300	-3543	-2534	-35.430	-12.670	0.360	0.530	0.445	0.556	0.391	39.063
350	-3534	-2511	-35.340	-12.555	0.450	0.645	0.547	0.684	0.456	45.573
400	-3526	-2495	-35.260	-12.475	0.530	0.725	0.628	0.784	0.521	52.083
450	-3516	-2473	-35.160	-12.365	0.630	0.835	0.732	0.916	0.586	58.594
500	-3504	-2450	-35.040	-12.250	0.750	0.950	0.850	1.063	0.651	65.104
550	-3489	-2421	-34.890	-12.105	0.900	1.095	0.998	1.247	0.716	71.615
600	-3479	-2398	-34.790	-11.990	1.000	1.210	1.105	1.381	0.781	78.125
650	-3463	-2365	-34.630	-11.825	1.160	1.375	1.268	1.584	0.846	84.635
700	-3451	-2342	-34.510	-11.710	1.280	1.490	1.385	1.731	0.911	91.146
750	-3435	-2311	-34.350	-11.555	1.440	1.645	1.543	1.928	0.977	97.656
800	-3418	-2277	-34.180	-11.385	1.610	1.815	1.713	2.141	1.042	104.167
850	-3404	-2248	-34.040	-11.240	1.750	1.960	1.855	2.319	1.107	110.677
900	-3390	-2220	-33.900	-11.100	1.890	2.100	1.995	2.494	1.172	117.188
950	-3373	-2181	-33.730	-10.905	2.060	2.295	2.178	2.722	1.237	123.698
1000	-3356	-2153	-33.560	-10.765	2.230	2.435	2.333	2.916	1.302	130.208
1050	-3338	-2118	-33.380	-10.590	2.410	2.610	2.510	3.138	1.367	136.719
1100	-3321	-2086	-33.210	-10.430	2.580	2.770	2.675	3.344	1.432	143.229
1150	-3303	-2049	-33.030	-10.245	2.760	2.955	2.858	3.572	1.497	149.740
1200	-3284	-2011	-32.840	-10.055	2.950	3.145	3.048	3.809	1.563	156.250
1250	-3266	-1975	-32.660	-9.875	3.130	3.325	3.228	4.034	1.628	162.760
1300	-3248	-1940	-32.480	-9.700	3.310	3.500	3.405	4.256	1.693	169.271
1350	-3229	-1898	-32.290	-9.490	3.500	3.710	3.605	4.506	1.758	175.781
1400	-3210	-1859	-32.100	-9.295	3.690	3.905	3.798	4.747	1.823	182.292
1450	-3189	-1819	-31.890	-9.095	3.900	4.105	4.003	5.003	1.888	188.802
1500	-3166	-1779	-31.660	-8.895	4.130	4.305	4.218	5.272	1.953	195.313
1550	-3145	-1738	-31.450	-8.690	4.340	4.510	4.425	5.531	2.018	201.823
1600	-3122	-1691	-31.220	-8.455	4.570	4.745	4.658	5.822	2.083	208.333
1650	-3097	-1640	-30.970	-8.200	4.820	5.000	4.910	6.138	2.148	214.844
1700	-3072	-1596	-30.720	-7.980	5.070	5.220	5.145	6.431	2.214	221.354
1750	-3046	-1548	-30.460	-7.740	5.330	5.460	5.395	6.744	2.279	227.865
1800	-3017	-1491	-30.170	-7.455	5.620	5.745	5.683	7.103	2.344	234.375
1850	-2987	-1433	-29.870	-7.165	5.920	6.035	5.978	7.472	2.409	240.885
1900	-2954	-1378	-29.540	-6.890	6.250	6.310	6.280	7.850	2.474	247.396
1950	-2914	-1299	-29.140	-6.495	6.650	6.705	6.678	8.347	2.539	253.906
2000	-2873	-1212	-28.730	-6.060	7.060	7.140	7.100	8.875	2.604	260.417
2050	-2805	-1080	-28.050	-5.400	7.740	7.800	7.770	9.713	2.669	266.927
2100	-2747	-962	-27.470	-4.810	8.320	8.390	8.355	10.444	2.734	273.438
2095	-2674	-795	-26.740	-3.975	9.050	9.225	9.138	11.422	2.728	272.786
2092	-2636	-708	-26.360	-3.540	9.430	9.660	9.545	11.931	2.724	272.396
2113	-2616	-661	-26.160	-3.305	9.630	9.895	9.763	12.203	2.751	275.130
2131	-2578	-582	-25.780	-2.910	10.010	10.290	10.150	12.688	2.775	277.474
2109	-2541	-494	-25.410	-2.470	10.380	10.730	10.555	13.194	2.746	274.609



$$u/B = 0,25 ; n = 3$$

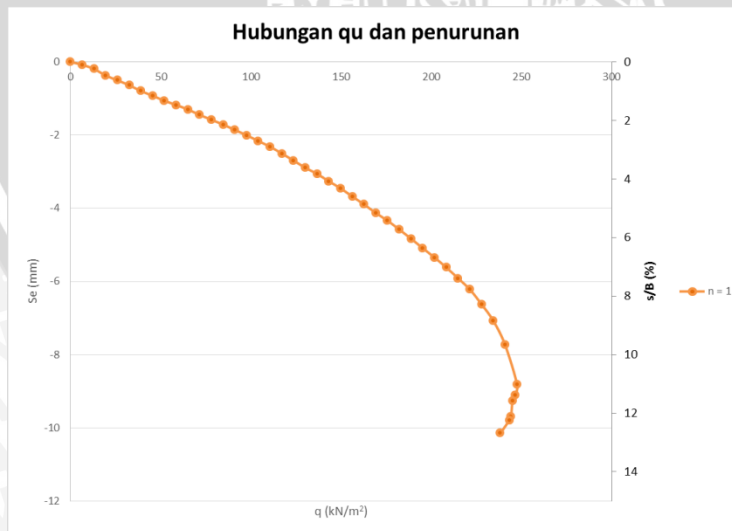
BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-2923	-3767	-29.230	-18.835	0	0	0	0	0	0
50	-2913	-3747	-29.130	-18.735	0.100	0.100	0.100	0.125	0.065	6.510
100	-2907	-3731	-29.070	-18.655	0.160	0.180	0.170	0.213	0.130	13.021
150	-2898	-3713	-28.980	-18.565	0.250	0.270	0.260	0.325	0.195	19.531
200	-2890	-3695	-28.900	-18.475	0.330	0.360	0.345	0.431	0.260	26.042
250	-2882	-3678	-28.820	-18.390	0.410	0.445	0.428	0.534	0.326	32.552
300	-2873	-3660	-28.730	-18.300	0.500	0.535	0.518	0.647	0.391	39.063
350	-2866	-3646	-28.660	-18.230	0.570	0.605	0.588	0.734	0.456	45.573
400	-2858	-3631	-28.580	-18.155	0.650	0.680	0.665	0.831	0.521	52.083
450	-2851	-3616	-28.510	-18.080	0.720	0.755	0.737	0.922	0.586	58.594
500	-2843	-3599	-28.430	-17.995	0.800	0.840	0.820	1.025	0.651	65.104
550	-2834	-3583	-28.340	-17.915	0.890	0.920	0.905	1.131	0.716	71.615
600	-2827	-3568	-28.270	-17.840	0.960	0.995	0.978	1.222	0.781	78.125
650	-2818	-3551	-28.180	-17.755	1.050	1.080	1.065	1.331	0.846	84.635
700	-2808	-3534	-28.080	-17.670	1.150	1.165	1.158	1.447	0.911	91.146
750	-2799	-3517	-27.990	-17.585	1.240	1.250	1.245	1.556	0.977	97.656
800	-2789	-3499	-27.890	-17.495	1.340	1.340	1.340	1.675	1.042	104.167
850	-2779	-3482	-27.790	-17.410	1.440	1.425	1.433	1.791	1.107	110.677
900	-2769	-3463	-27.690	-17.315	1.540	1.520	1.530	1.913	1.172	117.188
950	-2758	-3443	-27.580	-17.215	1.650	1.620	1.635	2.044	1.237	123.698
1000	-2748	-3424	-27.480	-17.120	1.750	1.715	1.733	2.166	1.302	130.208
1050	-2738	-3407	-27.380	-17.035	1.850	1.800	1.825	2.281	1.367	136.719
1100	-2730	-3384	-27.300	-16.920	1.930	1.915	1.923	2.403	1.432	143.229
1150	-2720	-3365	-27.200	-16.825	2.030	2.010	2.020	2.525	1.497	149.740
1200	-2707	-3342	-27.070	-16.710	2.160	2.125	2.143	2.678	1.563	156.250
1250	-2696	-3321	-26.960	-16.605	2.270	2.230	2.250	2.813	1.628	162.760
1300	-2685	-3300	-26.850	-16.500	2.380	2.335	2.358	2.947	1.693	169.271
1350	-2670	-3273	-26.700	-16.365	2.530	2.470	2.500	3.125	1.758	175.781
1400	-2661	-3253	-26.610	-16.265	2.620	2.570	2.595	3.244	1.823	182.292
1450	-2651	-3231	-26.510	-16.155	2.720	2.680	2.700	3.375	1.888	188.802
1500	-2638	-3202	-26.380	-16.010	2.850	2.825	2.838	3.547	1.953	195.313
1550	-2627	-3186	-26.270	-15.930	2.960	2.905	2.933	3.666	2.018	201.823
1600	-2611	-3159	-26.110	-15.795	3.120	3.040	3.080	3.850	2.083	208.333
1650	-2598	-3132	-25.980	-15.660	3.250	3.175	3.213	4.016	2.148	214.844
1700	-2584	-3104	-25.840	-15.520	3.390	3.315	3.353	4.191	2.214	221.354
1750	-2573	-3082	-25.730	-15.410	3.500	3.425	3.463	4.328	2.279	227.865
1800	-2556	-3053	-25.560	-15.265	3.670	3.570	3.620	4.525	2.344	234.375
1850	-2540	-3027	-25.400	-15.135	3.830	3.700	3.765	4.706	2.409	240.885
1900	-2526	-2998	-25.260	-14.990	3.970	3.845	3.908	4.884	2.474	247.396
1950	-2509	-2970	-25.090	-14.850	4.140	3.985	4.063	5.078	2.539	253.906
2000	-2494	-2935	-24.940	-14.675	4.290	4.160	4.225	5.281	2.604	260.417
2050	-2474	-2900	-24.740	-14.500	4.490	4.335	4.413	5.516	2.669	266.927
2100	-2460	-2871	-24.600	-14.355	4.630	4.480	4.555	5.694	2.734	273.438
2150	-2449	-2839	-24.490	-14.195	4.740	4.640	4.690	5.863	2.799	279.948
2200	-2437	-2817	-24.370	-14.085	4.860	4.750	4.805	6.006	2.865	286.458
2250	-2410	-2763	-24.100	-13.815	5.130	5.020	5.075	6.344	2.930	292.969
2295	-2386	-2722	-23.860	-13.610	5.370	5.225	5.298	6.622	2.988	298.828
2310	-2376	-2705	-23.760	-13.525	5.470	5.310	5.390	6.738	3.008	300.781
2282	-2349	-2658	-23.490	-13.290	5.740	5.545	5.643	7.053	2.971	297.135
2292	-2346	-2653	-23.460	-13.265	5.770	5.570	5.670	7.088	2.984	298.438
2330	-2337	-2636	-23.370	-13.180	5.860	5.655	5.758	7.197	3.034	303.385
2285	-2320	-2604	-23.200	-13.020	6.030	5.815	5.923	7.403	2.975	297.526
2314	-2314	-2595	-23.140	-12.975	6.090	5.860	5.975	7.469	3.013	301.302
2254	-2291	-2542	-22.910	-12.710	6.320	6.125	6.223	7.778	2.935	293.490
2296	-2287	-2528	-22.870	-12.640	6.360	6.195	6.278	7.847	2.990	298.958
2274	-2273	-2498	-22.730	-12.490	6.500	6.345	6.423	8.028	2.961	296.094
2258	-2247	-2446	-22.470	-12.230	6.760	6.605	6.683	8.353	2.940	294.010
2269	-2216	-2399	-22.160	-11.995	7.070	6.840	6.955	8.694	2.954	295.443
2243	-2198	-2312	-21.980	-11.560	7.250	7.275	7.263	9.078	2.921	292.057
2265	-2160	-2245	-21.600	-11.225	7.630	7.610	7.620	9.525	2.949	294.922
2250	-2118	-2193	-21.180	-10.965	8.050	7.870	7.960	9.950	2.930	292.969
2283	-2099	-2100	-20.990	-10.500	8.240	8.335	8.288	10.359	2.973	297.266





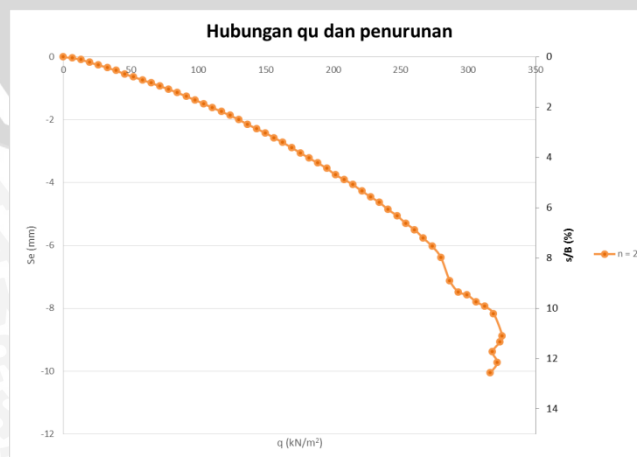
$u/B = 0,5 ; n = 1$

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	-1472	-2383	-14.720	-11.915	0	0	0	0	0	0
50	-1466	-2364	-14.660	-11.820	0.060	0.095	0.078	0.097	0.065	6.510
100	-1453	-2344	-14.530	-11.720	0.190	0.195	0.193	0.241	0.130	13.021
150	-1432	-2314	-14.320	-11.570	0.400	0.345	0.373	0.466	0.195	19.531
200	-1417	-2291	-14.170	-11.455	0.550	0.460	0.505	0.631	0.260	26.042
250	-1403	-2266	-14.030	-11.330	0.690	0.585	0.638	0.797	0.326	32.552
300	-1386	-2236	-13.860	-11.180	0.860	0.735	0.798	0.997	0.391	39.063
350	-1373	-2211	-13.730	-11.055	0.990	0.860	0.925	1.156	0.456	45.573
400	-1360	-2182	-13.600	-10.910	1.120	1.005	1.063	1.328	0.521	52.083
450	-1349	-2158	-13.490	-10.790	1.230	1.125	1.178	1.472	0.586	58.594
500	-1337	-2133	-13.370	-10.665	1.350	1.250	1.300	1.625	0.651	65.104
550	-1323	-2101	-13.230	-10.505	1.490	1.410	1.450	1.813	0.716	71.615
600	-1311	-2073	-13.110	-10.365	1.610	1.550	1.580	1.975	0.781	78.125
650	-1299	-2044	-12.990	-10.220	1.730	1.695	1.713	2.141	0.846	84.635
700	-1285	-2013	-12.850	-10.065	1.870	1.850	1.860	2.325	0.911	91.146
750	-1272	-1981	-12.720	-9.905	2.000	2.010	2.005	2.506	0.977	97.656
800	-1258	-1946	-12.580	-9.730	2.140	2.185	2.163	2.703	1.042	104.167
850	-1243	-1913	-12.430	-9.565	2.290	2.350	2.320	2.900	1.107	110.677
900	-1223	-1879	-12.230	-9.395	2.490	2.520	2.505	3.131	1.172	117.188
950	-1204	-1840	-12.040	-9.200	2.680	2.715	2.698	3.372	1.237	123.698
1000	-1182	-1805	-11.820	-9.025	2.900	2.890	2.895	3.619	1.302	130.208
1050	-1168	-1767	-11.680	-8.835	3.040	3.080	3.060	3.825	1.367	136.719
1100	-1148	-1725	-11.480	-8.625	3.240	3.290	3.265	4.081	1.432	143.229
1150	-1131	-1683	-11.310	-8.415	3.410	3.500	3.455	4.319	1.497	149.740
1200	-1109	-1637	-11.090	-8.185	3.630	3.730	3.680	4.600	1.563	156.250
1250	-1089	-1590	-10.890	-7.950	3.830	3.965	3.898	4.872	1.628	162.760
1300	-1066	-1543	-10.660	-7.715	4.060	4.200	4.130	5.163	1.693	169.271
1350	-1046	-1499	-10.460	-7.495	4.260	4.420	4.340	5.425	1.758	175.781
1400	-1024	-1446	-10.240	-7.230	4.480	4.685	4.583	5.728	1.823	182.292
1450	-999	-1396	-9.990	-6.980	4.730	4.935	4.833	6.041	1.888	188.802
1500	-976	-1338	-9.760	-6.690	4.960	5.225	5.093	6.366	1.953	195.313
1550	-952	-1284	-9.520	-6.420	5.200	5.495	5.348	6.684	2.018	201.823
1600	-928	-1223	-9.280	-6.115	5.440	5.800	5.620	7.025	2.083	208.333
1650	-902	-1157	-9.020	-5.785	5.700	6.130	5.915	7.394	2.148	214.844
1700	-874	-1091	-8.740	-5.455	5.980	6.460	6.220	7.775	2.214	221.354
1750	-836	-1005	-8.360	-5.025	6.360	6.890	6.625	8.281	2.279	227.865
1800	-795	-905	-7.950	-4.525	6.770	7.390	7.080	8.850	2.344	234.375
1850	-739	-755	-7.390	-3.775	7.330	8.140	7.735	9.669	2.409	240.885
1901	-648	-503	-6.480	-2.515	8.240	9.400	8.820	11.025	2.475	247.526
1893	-626	-433	-6.260	-2.165	8.460	9.750	9.105	11.381	2.465	246.484
1882	-616	-393	-6.160	-1.965	8.560	9.950	9.255	11.569	2.451	245.052
1875	-573	-305	-5.730	-1.525	8.990	10.390	9.690	12.113	2.441	244.141
1868	-569	-272	-5.690	-1.360	9.030	10.555	9.793	12.241	2.432	243.229
1830	-540	-188	-5.400	-0.940	9.320	10.975	10.148	12.684	2.383	238.281



u/B = 0,5 ; n = 2

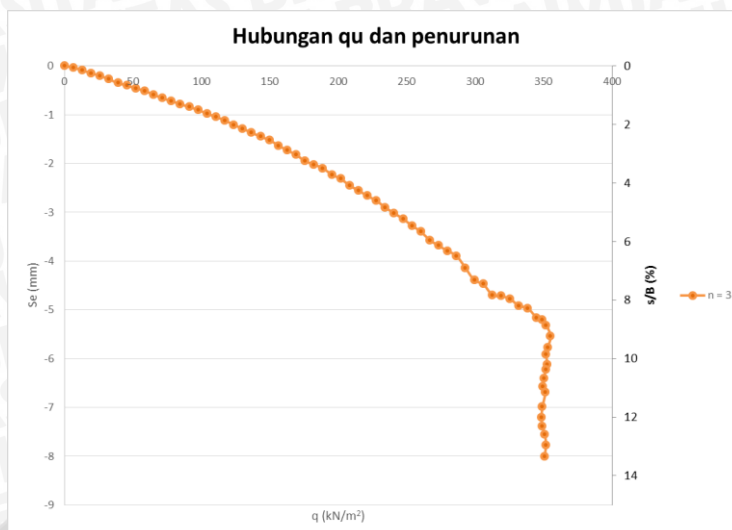
BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-2703	-2913	-27.030	-14.565	0	0	0	0	0	0
50	-2701	-2904	-27.010	-14.520	0.020	0.045	0.032	0.041	0.065	6.510
100	-2698	-2888	-26.980	-14.440	0.050	0.125	0.088	0.109	0.130	13.021
150	-2693	-2863	-26.930	-14.315	0.100	0.250	0.175	0.219	0.195	19.531
200	-2686	-2843	-26.860	-14.215	0.170	0.350	0.260	0.325	0.260	26.042
250	-2679	-2825	-26.790	-14.125	0.240	0.440	0.340	0.425	0.326	32.552
300	-2671	-2803	-26.710	-14.015	0.320	0.550	0.435	0.544	0.391	39.063
350	-2663	-2775	-26.630	-13.875	0.400	0.690	0.545	0.681	0.456	45.573
400	-2657	-2750	-26.570	-13.750	0.460	0.815	0.638	0.797	0.521	52.083
450	-2648	-2730	-26.480	-13.650	0.550	0.915	0.733	0.916	0.586	58.594
500	-2640	-2707	-26.400	-13.535	0.630	1.030	0.830	1.038	0.651	65.104
550	-2632	-2683	-26.320	-13.415	0.710	1.150	0.930	1.163	0.716	71.615
600	-2623	-2661	-26.230	-13.305	0.800	1.260	1.030	1.288	0.781	78.125
650	-2614	-2636	-26.140	-13.180	0.890	1.385	1.138	1.422	0.846	84.635
700	-2604	-2609	-26.040	-13.045	0.990	1.520	1.255	1.569	0.911	91.146
750	-2594	-2583	-25.940	-12.915	1.090	1.650	1.370	1.713	0.977	97.656
800	-2584	-2554	-25.840	-12.770	1.190	1.795	1.493	1.866	1.042	104.167
850	-2573	-2526	-25.730	-12.630	1.300	1.935	1.618	2.022	1.107	110.677
900	-2564	-2495	-25.640	-12.475	1.390	2.090	1.740	2.175	1.172	117.188
950	-2554	-2466	-25.540	-12.330	1.490	2.235	1.863	2.328	1.237	123.698
1000	-2541	-2438	-25.410	-12.190	1.620	2.375	1.998	2.497	1.302	130.208
1050	-2526	-2406	-25.260	-12.030	1.770	2.535	2.153	2.691	1.367	136.719
1100	-2513	-2380	-25.130	-11.900	1.900	2.665	2.283	2.853	1.432	143.229
1150	-2500	-2351	-25.000	-11.755	2.030	2.810	2.420	3.025	1.497	149.740
1200	-2485	-2320	-24.850	-11.600	2.180	2.965	2.573	3.216	1.563	156.250
1250	-2470	-2289	-24.700	-11.445	2.330	3.120	2.725	3.406	1.628	162.760
1300	-2453	-2257	-24.530	-11.285	2.500	3.280	2.890	3.613	1.693	169.271
1350	-2437	-2223	-24.370	-11.115	2.660	3.450	3.055	3.819	1.758	175.781
1400	-2420	-2189	-24.200	-10.945	2.830	3.620	3.225	4.031	1.823	182.292
1450	-2405	-2157	-24.050	-10.785	2.980	3.780	3.380	4.225	1.888	188.802
1500	-2389	-2122	-23.890	-10.610	3.140	3.955	3.548	4.434	1.953	195.313
1550	-2367	-2083	-23.670	-10.415	3.360	4.150	3.755	4.694	2.018	201.823
1600	-2354	-2049	-23.540	-10.245	3.490	4.320	3.905	4.881	2.083	208.333
1650	-2336	-2019	-23.360	-10.095	3.670	4.470	4.070	5.088	2.148	214.844
1700	-2317	-1977	-23.170	-9.885	3.860	4.680	4.270	5.338	2.214	221.354
1750	-2298	-1940	-22.980	-9.700	4.050	4.865	4.458	5.572	2.279	227.865
1800	-2281	-1904	-22.810	-9.520	4.220	5.045	4.633	5.791	2.344	234.375
1850	-2258	-1858	-22.580	-9.290	4.450	5.275	4.863	6.078	2.409	240.885
1900	-2239	-1820	-22.390	-9.100	4.640	5.465	5.053	6.316	2.474	247.396
1950	-2215	-1770	-22.150	-8.850	4.880	5.715	5.298	6.622	2.539	253.906
2000	-2195	-1729	-21.950	-8.645	5.080	5.920	5.500	6.875	2.604	260.417
2050	-2168	-1675	-21.680	-8.375	5.350	6.190	5.770	7.213	2.669	266.927
2100	-2143	-1622	-21.430	-8.110	5.600	6.455	6.028	7.534	2.734	273.438
2150	-2108	-1548	-21.080	-7.740	5.950	6.825	6.388	7.984	2.799	279.948
2200	-2038	-1394	-20.380	-6.970	6.650	7.595	7.123	8.903	2.865	286.458
2250	-2005	-1316	-20.050	-6.580	6.980	7.985	7.483	9.353	2.930	292.969
2300	-1996	-1298	-19.960	-6.490	7.070	8.075	7.573	9.466	2.995	299.479
2350	-1977	-1248	-19.770	-6.240	7.260	8.325	7.793	9.741	3.060	305.990
2400	-1959	-1224	-19.590	-6.120	7.440	8.445	7.943	9.928	3.125	312.500
2450	-1942	-1167	-19.420	-5.835	7.610	8.730	8.170	10.213	3.190	319.010
2500	-1875	-1012	-18.750	-5.060	8.280	9.505	8.893	11.116	3.255	325.521
2487	-1858	-975	-18.580	-4.875	8.450	9.690	9.070	11.338	3.238	323.828
2443	-1833	-898	-18.330	-4.490	8.700	10.075	9.388	11.734	3.181	318.099
2471	-1804	-822	-18.040	-4.110	8.990	10.455	9.723	12.153	3.217	321.745
2431	-1775	-746	-17.750	-3.730	9.280	10.835	10.058	12.572	3.165	316.536



$u/B = 0,5 ; n = 3$

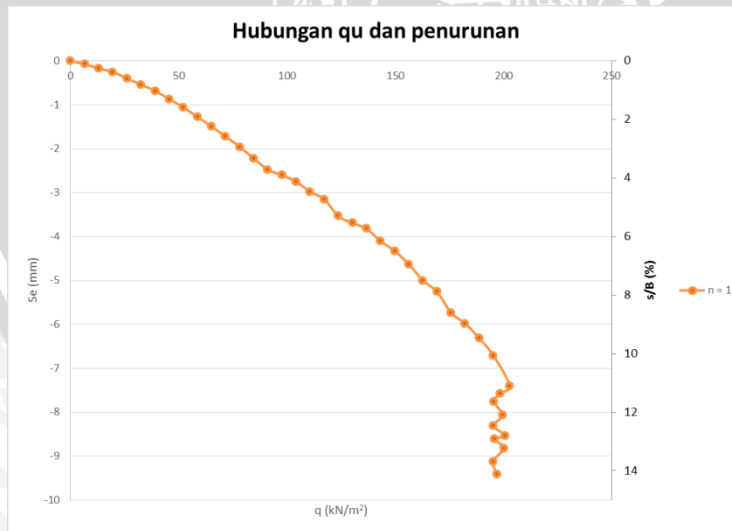
BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-3403	-3718	-34.030	-18.590	0	0	0	0	0	0
50	-3401	-3708	-34.010	-18.540	0.020	0.050	0.035	0.044	0.065	6.510
100	-3396	-3696	-33.960	-18.480	0.070	0.110	0.090	0.113	0.130	13.021
150	-3391	-3681	-33.910	-18.405	0.120	0.185	0.152	0.191	0.195	19.531
200	-3387	-3669	-33.870	-18.345	0.160	0.245	0.203	0.253	0.260	26.042
250	-3380	-3654	-33.800	-18.270	0.230	0.320	0.275	0.344	0.326	32.552
300	-3372	-3639	-33.720	-18.195	0.310	0.395	0.353	0.441	0.391	39.063
350	-3367	-3629	-33.670	-18.145	0.360	0.445	0.403	0.503	0.456	45.573
400	-3361	-3618	-33.610	-18.090	0.420	0.500	0.460	0.575	0.521	52.083
450	-3356	-3607	-33.560	-18.035	0.470	0.555	0.512	0.641	0.586	58.594
500	-3348	-3592	-33.480	-17.960	0.550	0.630	0.590	0.737	0.651	65.104
550	-3340	-3579	-33.400	-17.895	0.630	0.695	0.663	0.828	0.716	71.615
600	-3334	-3567	-33.340	-17.835	0.690	0.755	0.722	0.903	0.781	78.125
650	-3329	-3553	-33.290	-17.765	0.740	0.825	0.783	0.978	0.846	84.635
700	-3324	-3539	-33.240	-17.695	0.790	0.895	0.842	1.053	0.911	91.146
750	-3318	-3527	-33.180	-17.635	0.850	0.955	0.903	1.128	0.977	97.656
800	-3310	-3512	-33.100	-17.560	0.930	1.030	0.980	1.225	1.042	104.167
850	-3303	-3500	-33.030	-17.500	1.000	1.090	1.045	1.306	1.107	110.677
900	-3297	-3483	-32.970	-17.415	1.060	1.175	1.118	1.397	1.172	117.188
950	-3287	-3467	-32.870	-17.335	1.160	1.255	1.208	1.509	1.237	123.698
1000	-3278	-3453	-32.780	-17.265	1.250	1.325	1.288	1.609	1.302	130.208
1050	-3269	-3438	-32.690	-17.190	1.340	1.400	1.370	1.713	1.367	136.719
1100	-3263	-3418	-32.630	-17.090	1.400	1.500	1.450	1.813	1.432	143.229
1150	-3258	-3400	-32.580	-17.000	1.450	1.590	1.520	1.900	1.497	149.740
1200	-3246	-3379	-32.460	-16.895	1.570	1.695	1.633	2.041	1.563	156.250
1250	-3236	-3360	-32.360	-16.800	1.670	1.790	1.730	2.163	1.628	162.760
1300	-3226	-3342	-32.260	-16.710	1.770	1.880	1.825	2.281	1.693	169.271
1350	-3213	-3317	-32.130	-16.585	1.900	2.005	1.953	2.441	1.758	175.781
1400	-3208	-3300	-32.080	-16.500	1.950	2.090	2.020	2.525	1.823	182.292
1450	-3200	-3284	-32.000	-16.420	2.030	2.170	2.100	2.625	1.888	188.802
1500	-3188	-3257	-31.880	-16.285	2.150	2.305	2.228	2.784	1.953	195.313
1550	-3178	-3242	-31.780	-16.210	2.250	2.380	2.315	2.894	2.018	201.823
1600	-3163	-3217	-31.630	-16.085	2.400	2.505	2.453	3.066	2.083	208.333
1650	-3153	-3195	-31.530	-15.975	2.500	2.615	2.558	3.197	2.148	214.844
1700	-3144	-3170	-31.440	-15.850	2.590	2.740	2.665	3.331	2.214	221.354
1750	-3134	-3150	-31.340	-15.750	2.690	2.840	2.765	3.456	2.279	227.865
1800	-3120	-3123	-31.200	-15.615	2.830	2.975	2.903	3.628	2.344	234.375
1850	-3108	-3100	-31.080	-15.500	2.950	3.090	3.020	3.775	2.409	240.885
1900	-3097	-3075	-30.970	-15.375	3.060	3.215	3.138	3.922	2.474	247.396
1950	-3082	-3050	-30.820	-15.250	3.210	3.340	3.275	4.094	2.539	253.906
2000	-3072	-3020	-30.720	-15.100	3.310	3.490	3.400	4.250	2.604	260.417
2050	-3054	-2987	-30.540	-14.935	3.490	3.655	3.573	4.466	2.669	266.927
2100	-3044	-2962	-30.440	-14.810	3.590	3.780	3.685	4.606	2.734	273.438
2150	-3037	-2932	-30.370	-14.660	3.660	3.930	3.795	4.744	2.799	279.948
2200	-3027	-2912	-30.270	-14.560	3.760	4.030	3.895	4.869	2.865	286.458
2250	-3002	-2862	-30.020	-14.310	4.010	4.280	4.145	5.181	2.930	292.969
2300	-2982	-2802	-29.820	-14.010	4.210	4.580	4.395	5.494	2.995	299.479
2350	-2974	-2787	-29.740	-13.935	4.290	4.655	4.473	5.591	3.060	305.990
2400	-2949	-2747	-29.490	-13.735	4.540	4.855	4.698	5.872	3.125	312.500
2450	-2947	-2744	-29.470	-13.720	4.560	4.870	4.715	5.894	3.190	319.010
2500	-2942	-2729	-29.420	-13.645	4.610	4.945	4.778	5.972	3.255	325.521
2550	-2929	-2699	-29.290	-13.495	4.740	5.095	4.918	6.147	3.320	332.031
2600	-2924	-2689	-29.240	-13.445	4.790	5.145	4.968	6.209	3.385	338.542
2650	-2904	-2649	-29.040	-13.245	4.990	5.345	5.168	6.459	3.451	345.052
2682	-2902	-2639	-29.020	-13.195	5.010	5.395	5.203	6.503	3.492	349.219
2703	-2892	-2614	-28.920	-13.070	5.110	5.520	5.315	6.644	3.520	351.953
2728	-2872	-2564	-28.720	-12.820	5.310	5.770	5.540	6.925	3.552	355.208
2711	-2844	-2529	-28.440	-12.645	5.590	5.945	5.768	7.209	3.530	352.995
2702	-2828	-2500	-28.280	-12.500	5.750	6.090	5.920	7.400	3.518	351.823
2710	-2808	-2460	-28.080	-12.300	5.950	6.290	6.120	7.650	3.529	352.865
2700	-2793	-2450	-27.930	-12.250	6.100	6.340	6.220	7.775	3.516	351.563
2691	-2766	-2430	-27.660	-12.150	6.370	6.440	6.405	8.006	3.504	350.391
2685	-2746	-2402	-27.460	-12.010	6.570	6.580	6.575	8.219	3.496	349.609
2698	-2730	-2387	-27.300	-11.935	6.730	6.655	6.693	8.366	3.513	351.302
2682	-2695	-2342	-26.950	-11.710	7.080	6.880	6.980	8.725	3.492	349.219
2676	-2670	-2302	-26.700	-11.510	7.330	7.080	7.205	9.006	3.484	348.438
2682	-2650	-2267	-26.500	-11.335	7.530	7.255	7.393	9.241	3.492	349.219
2695	-2630	-2242	-26.300	-11.210	7.730	7.380	7.555	9.444	3.509	350.911
2701	-2605	-2204	-26.050	-11.020	7.980	7.570	7.775	9.719	3.517	351.693
2693	-2580	-2159	-25.800	-10.795	8.230	7.795	8.013	10.016	3.507	350.651





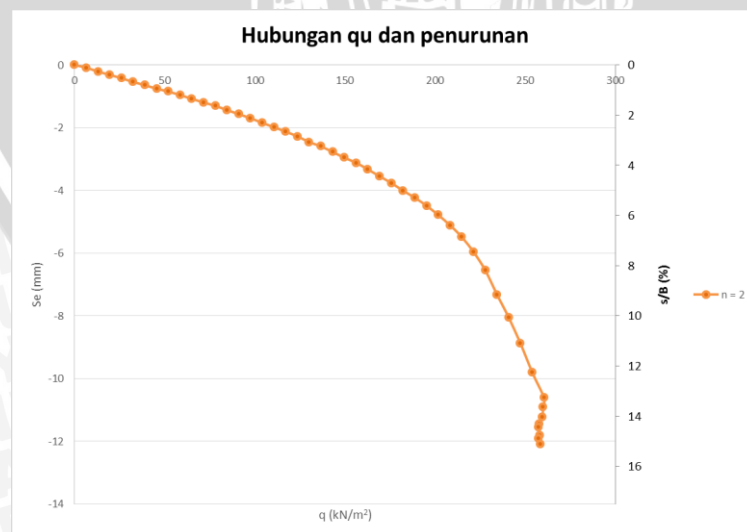
u/B = 0,75 ; n = 1

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	-1515	-3374	-15.150	-16.870	0	0	0	0	0	0
50	-1505	-3365	-15.050	-16.825	0.100	0.045	0.073	0.091	0.065	6.510
100	-1492	-3352	-14.920	-16.760	0.230	0.110	0.170	0.213	0.130	13.021
150	-1484	-3336	-14.840	-16.680	0.310	0.190	0.250	0.313	0.195	19.531
200	-1467	-3310	-14.670	-16.550	0.480	0.320	0.400	0.500	0.260	26.042
250	-1451	-3286	-14.510	-16.430	0.640	0.440	0.540	0.675	0.326	32.552
300	-1434	-3263	-14.340	-16.315	0.810	0.555	0.683	0.853	0.391	39.063
350	-1411	-3235	-14.110	-16.175	1.040	0.695	0.868	1.084	0.456	45.573
400	-1388	-3204	-13.880	-16.020	1.270	0.850	1.060	1.325	0.521	52.083
450	-1362	-3172	-13.620	-15.860	1.530	1.010	1.270	1.588	0.586	58.594
500	-1335	-3137	-13.350	-15.685	1.800	1.185	1.493	1.866	0.651	65.104
550	-1307	-3102	-13.070	-15.510	2.080	1.360	1.720	2.150	0.716	71.615
600	-1278	-3065	-12.780	-15.325	2.370	1.545	1.958	2.447	0.781	78.125
650	-1246	-3024	-12.460	-15.120	2.690	1.750	2.220	2.775	0.846	84.635
700	-1214	-2984	-12.140	-14.920	3.010	1.950	2.480	3.100	0.911	91.146
750	-1205	-2955	-12.050	-14.775	3.100	2.095	2.598	3.247	0.977	97.656
800	-1198	-2907	-11.980	-14.535	3.170	2.335	2.753	3.441	1.042	104.167
850	-1173	-2866	-11.730	-14.330	3.420	2.540	2.980	3.725	1.107	110.677
900	-1169	-2806	-11.690	-14.030	3.460	2.840	3.150	3.938	1.172	117.188
950	-1115	-2760	-11.150	-13.800	4.000	3.070	3.535	4.419	1.237	123.698
1000	-1110	-2707	-11.100	-13.535	4.050	3.335	3.693	4.616	1.302	130.208
1050	-1089	-2698	-10.890	-13.490	4.260	3.380	3.820	4.775	1.367	136.719
1100	-1072	-2617	-10.720	-13.085	4.430	3.785	4.108	5.134	1.432	143.229
1150	-1057	-2559	-10.570	-12.795	4.580	4.075	4.328	5.409	1.497	149.740
1200	-1031	-2491	-10.310	-12.455	4.840	4.415	4.628	5.784	1.563	156.250
1250	-1002	-2400	-10.020	-12.000	5.130	4.870	5.000	6.250	1.628	162.760
1300	-993	-2315	-9.930	-11.575	5.220	5.295	5.258	6.572	1.693	169.271
1350	-941	-2228	-9.410	-11.140	5.740	5.730	5.735	7.169	1.758	175.781
1400	-913	-2186	-9.130	-10.930	6.020	5.940	5.980	7.475	1.823	182.292
1450	-889	-2099	-8.890	-10.495	6.260	6.375	6.318	7.897	1.888	188.802
1500	-857	-2007	-8.570	-10.035	6.580	6.835	6.708	8.384	1.953	195.313
1558	-778	-1889	-7.780	-9.445	7.370	7.425	7.398	9.247	2.029	202.865
1525	-768	-1840	-7.680	-9.200	7.470	7.670	7.570	9.463	1.986	198.568
1502	-754	-1793	-7.540	-8.965	7.610	7.905	7.758	9.697	1.956	195.573
1533	-738	-1700	-7.380	-8.500	7.770	8.370	8.070	10.088	1.996	199.609
1500	-727	-1628	-7.270	-8.140	7.880	8.730	8.305	10.381	1.953	195.313
1542	-702	-1587	-7.020	-7.935	8.130	8.935	8.533	10.666	2.008	200.781
1505	-699	-1560	-6.990	-7.800	8.160	9.070	8.615	10.769	1.960	195.964
1537	-687	-1502	-6.870	-7.510	8.280	9.360	8.820	11.025	2.001	200.130
1499	-663	-1430	-6.630	-7.150	8.520	9.720	9.120	11.400	1.952	195.182
1512	-657	-1325	-6.570	-6.625	8.580	10.245	9.413	11.766	1.969	196.875



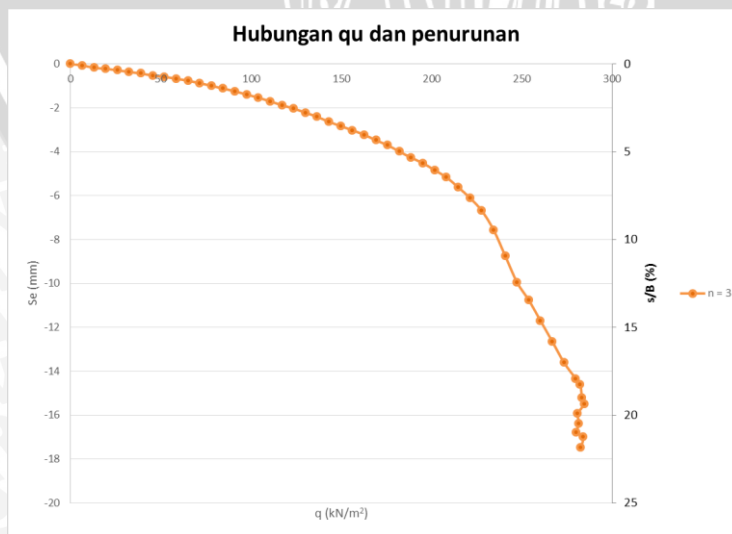
u/B = 0,75 ; n = 2

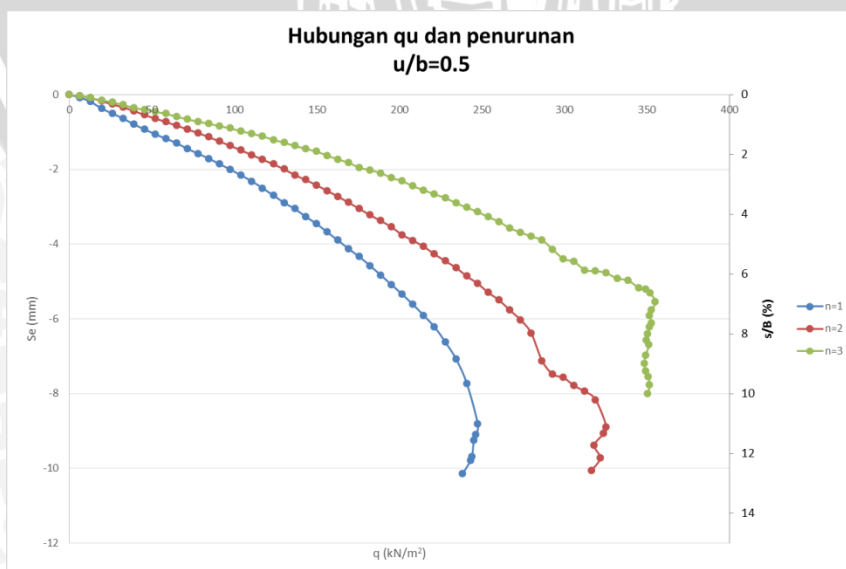
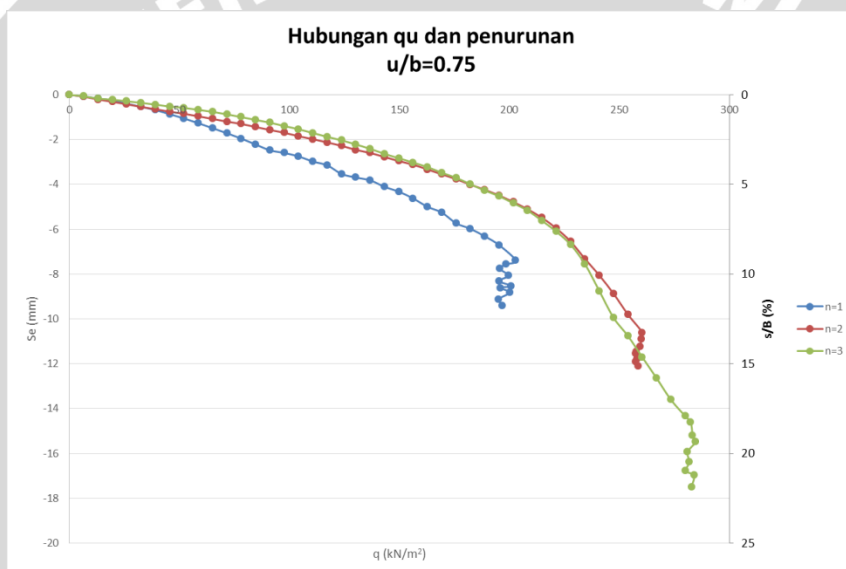
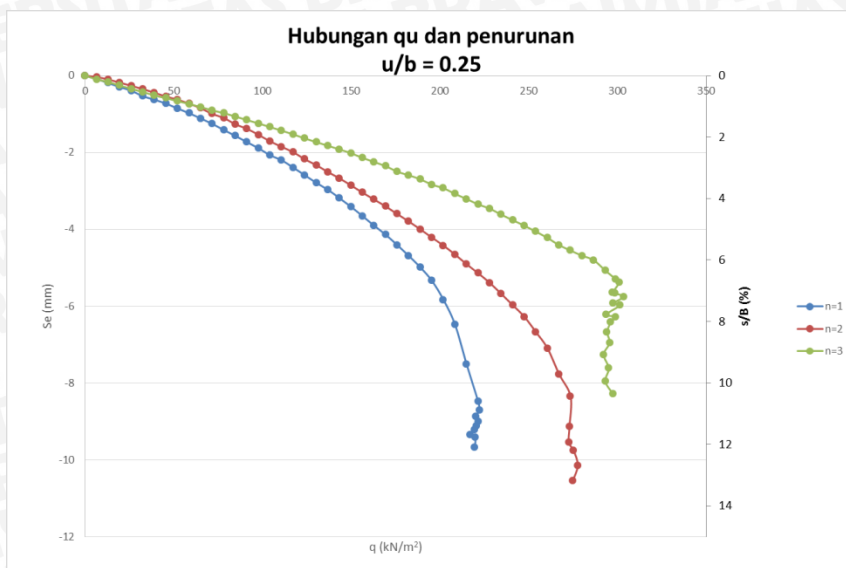
BEBAN (kg)	LVDT		LVDT Terkalibrasi		PENURUNAN (mm)			s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Rata-Rata			
0	-3929	-3715	-39.290	-18.575	0	0	0	0	0	0
50	-3925	-3688	-39.250	-18.440	0.040	0.135	0.087	0.109	0.065	6.510
100	-3915	-3658	-39.150	-18.290	0.140	0.285	0.213	0.266	0.130	13.021
150	-3907	-3633	-39.070	-18.165	0.220	0.410	0.315	0.394	0.195	19.531
200	-3895	-3613	-38.950	-18.065	0.340	0.510	0.425	0.531	0.260	26.042
250	-3882	-3592	-38.820	-17.960	0.470	0.615	0.542	0.678	0.326	32.552
300	-3869	-3576	-38.690	-17.880	0.600	0.695	0.648	0.809	0.391	39.063
350	-3856	-3558	-38.560	-17.790	0.730	0.785	0.757	0.947	0.456	45.573
400	-3845	-3543	-38.450	-17.715	0.840	0.860	0.850	1.063	0.521	52.083
450	-3832	-3524	-38.320	-17.620	0.970	0.955	0.962	1.203	0.586	58.594
500	-3818	-3505	-38.180	-17.525	1.110	1.050	1.080	1.350	0.651	65.104
550	-3804	-3485	-38.040	-17.425	1.250	1.150	1.200	1.500	0.716	71.615
600	-3792	-3467	-37.920	-17.335	1.370	1.240	1.305	1.631	0.781	78.125
650	-3776	-3445	-37.760	-17.225	1.530	1.350	1.440	1.800	0.846	84.635
700	-3761	-3422	-37.610	-17.110	1.680	1.465	1.573	1.966	0.911	91.146
750	-3747	-3400	-37.470	-17.000	1.820	1.575	1.698	2.122	0.977	97.656
800	-3730	-3373	-37.300	-16.865	1.990	1.710	1.850	2.313	1.042	104.167
850	-3715	-3349	-37.150	-16.745	2.140	1.830	1.985	2.481	1.107	110.677
900	-3699	-3324	-36.990	-16.620	2.300	1.955	2.128	2.659	1.172	117.188
950	-3682	-3297	-36.820	-16.485	2.470	2.090	2.280	2.850	1.237	123.698
1000	-3663	-3263	-36.630	-16.315	2.660	2.260	2.460	3.075	1.302	130.208
1050	-3648	-3238	-36.480	-16.190	2.810	2.385	2.598	3.247	1.367	136.719
1100	-3629	-3204	-36.290	-16.020	3.000	2.555	2.778	3.472	1.432	143.229
1150	-3609	-3171	-36.090	-15.855	3.200	2.720	2.960	3.700	1.497	149.740
1200	-3592	-3140	-35.920	-15.700	3.370	2.875	3.123	3.903	1.563	156.250
1250	-3569	-3102	-35.690	-15.510	3.600	3.065	3.333	4.166	1.628	162.760
1300	-3544	-3064	-35.440	-15.320	3.850	3.255	3.553	4.441	1.693	169.271
1350	-3520	-3026	-35.200	-15.130	4.090	3.445	3.768	4.709	1.758	175.781
1400	-3493	-2982	-34.930	-14.910	4.360	3.665	4.013	5.016	1.823	182.292
1450	-3467	-2945	-34.670	-14.725	4.620	3.850	4.235	5.294	1.888	188.802
1500	-3438	-2900	-34.380	-14.500	4.910	4.075	4.493	5.616	1.953	195.313
1550	-3404	-2850	-34.040	-14.250	5.250	4.325	4.788	5.984	2.018	201.823
1600	-3367	-2794	-33.670	-13.970	5.620	4.605	5.113	6.391	2.083	208.333
1650	-3324	-2729	-33.240	-13.645	6.050	4.930	5.490	6.863	2.148	214.844
1700	-3269	-2649	-32.690	-13.245	6.600	5.330	5.965	7.456	2.214	221.354
1750	-3201	-2550	-32.010	-12.750	7.280	5.825	6.553	8.191	2.279	227.865
1800	-3110	-2423	-31.100	-12.115	8.190	6.460	7.325	9.156	2.344	234.375
1850	-3025	-2299	-30.250	-11.495	9.040	7.080	8.060	10.075	2.409	240.885
1900	-2932	-2156	-29.320	-10.780	9.970	7.795	8.883	11.103	2.474	247.396
1950	-2826	-1998	-28.260	-9.990	11.030	8.585	9.808	12.259	2.539	253.906
2000	-2738	-1852	-27.380	-9.260	11.910	9.315	10.613	13.266	2.604	260.417
1996	-2704	-1799	-27.040	-8.995	12.250	9.580	10.915	13.644	2.599	259.896
1993	-2670	-1743	-26.700	-8.715	12.590	9.860	11.225	14.031	2.595	259.505
1980	-2653	-1683	-26.530	-8.415	12.760	10.160	11.460	14.325	2.578	257.813
1977	-2636	-1679	-26.360	-8.395	12.930	10.180	11.555	14.444	2.574	257.422
1982	-2618	-1615	-26.180	-8.075	13.110	10.500	11.805	14.756	2.581	258.073
1978	-2597	-1611	-25.970	-8.055	13.320	10.520	11.920	14.900	2.576	257.552
1986	-2578	-1579	-25.780	-7.895	13.510	10.680	12.095	15.119	2.586	258.594

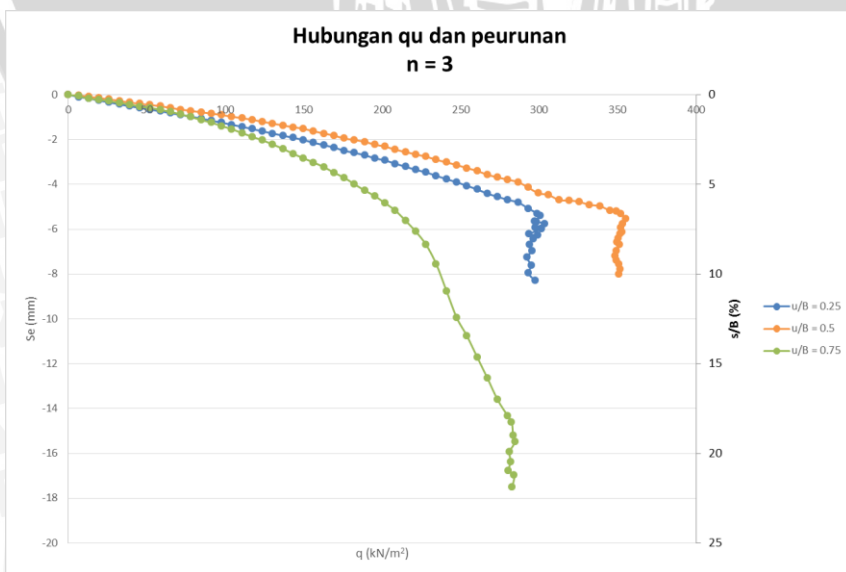
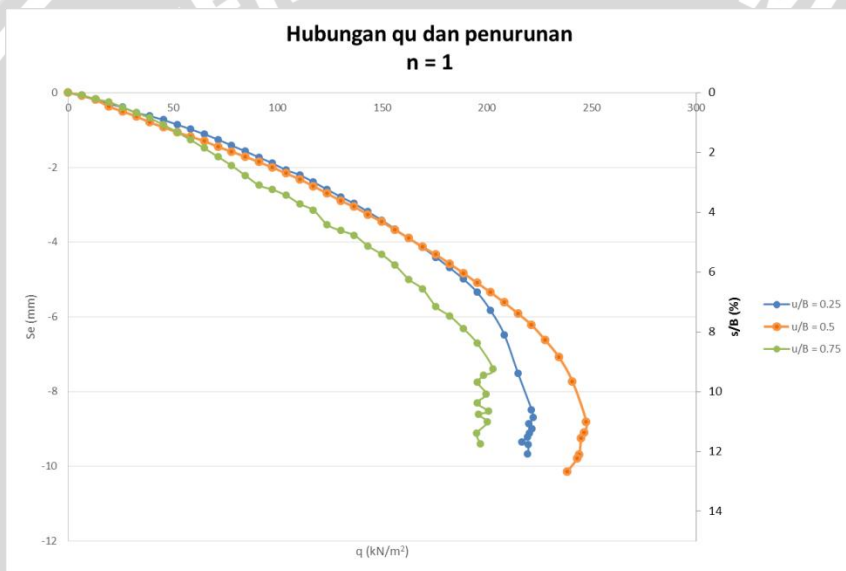
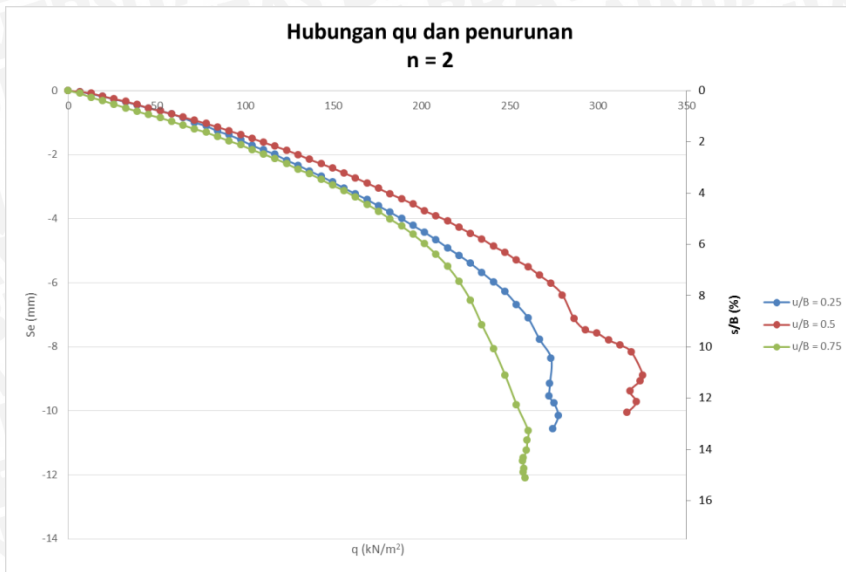


$u/B = 0,75 ; n = 3$

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	-2019	-2839	-20.190	-14.195	2.680	2.595	2.638	3.297	1.432	143.229
1150	-1995	-2809	-19.950	-14.045	2.920	2.745	2.833	3.541	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	-2435	-17.800	-12.175	5.070	4.615	4.843	6.053	2.018	201.823
1600	-1743	-2378	-17.430	-11.890	5.440	4.900	5.170	6.463	2.083	208.333
1650	-1695	-2292	-16.950	-11.460	5.920	5.330	5.625	7.031	2.148	214.844
1700	-1640	-2208	-16.400	-11.040	6.470	5.750	6.110	7.638	2.214	221.354
1750	-1577	-2101	-15.770	-10.505	7.100	6.285	6.693	8.366	2.279	227.865
1800	-1485	-1937	-14.850	-9.685	8.020	7.105	7.563	9.453	2.344	234.375
1850	-1359	-1711	-13.590	-8.555	9.280	8.235	8.758	10.947	2.409	240.885
1900	-1235	-1480	-12.350	-7.400	10.520	9.390	9.955	12.444	2.474	247.396
1950	-1145	-1336	-11.450	-6.680	11.420	10.110	10.765	13.456	2.539	253.906
2000	-1046	-1156	-10.460	-5.780	12.410	11.010	11.710	14.638	2.604	260.417
2050	-916	-1041	-9.160	-5.205	13.710	11.585	12.648	15.809	2.669	266.927
2100	-812	-864	-8.120	-4.320	14.750	12.470	13.610	17.013	2.734	273.438
2150	-744	-709	-7.440	-3.545	15.430	13.245	14.338	17.922	2.799	279.948
2169	-715	-657	-7.150	-3.285	15.720	13.505	14.613	18.266	2.824	282.422
2176	-658	-533	-6.580	-2.665	16.290	14.125	15.208	19.009	2.833	283.333
2186	-628	-482	-6.280	-2.410	16.590	14.380	15.485	19.356	2.846	284.635
2158	-582	-392	-5.820	-1.960	17.050	14.830	15.940	19.925	2.810	280.990
2164	-549	-282	-5.490	-1.410	17.380	15.380	16.380	20.475	2.818	281.771
2152	-507	-204	-5.070	-1.020	17.800	15.770	16.785	20.981	2.802	280.208
2181	-488	-164	-4.880	-0.820	17.990	15.970	16.980	21.225	2.840	283.984
2172	-427	-82	-4.270	-0.410	18.600	16.380	17.490	21.863	2.828	282.813







Lampiran 7. Perhitungsn daya dukung tanah pasir tanpa perkuatan dengan metode analitis

1. Metode Hansen

$$B = 8, d/B = 1$$

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

$$d = \text{jarak kedalaman pondasi } (d = 8 \text{ cm})$$

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

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

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

$$f_{cs} = 1 + (B/L) (N_q / N_c) = 1 + (0,006/\sim) (76,67/86,28) = 1$$

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

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

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,08/0,08) = 1,400$$

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

$$= 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,08/0,08) = 1,204$$

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

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

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

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

$$= 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1,400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0,04 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1,204 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 0,5 \times 16,48$$

$$\cdot 0,08 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1$$

$$= 214,722 \text{ kN/m}^2$$

2. Metode Meyerhof

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} + q \cdot N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} \cdot f_{q\delta} \cdot f_{q\beta} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot f_{\gamma s} \cdot f_{\gamma d} \cdot f_{\gamma i} \\ &= 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 16,48 \cdot 0,03 \cdot 76,67 \cdot 1,44 \cdot 1,22 \cdot 1,22 + 0,5 \cdot \\ &\quad 0,08 \cdot 119,93 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \\ &= 223,258 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

3. Metode Vesic

$$B = 8; d/B = 1$$

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

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

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

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

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \phi = 2 (N_q + 1) \tan \phi = 2 (76,67 + 1) \tan 41,25 = 136,231$$

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

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

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

$$f_{cd} = 1 + 0,4 (D/B) = 1 + 0,4 (0,5/0,08) = 1,4$$

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

$$= 1 + 2 \tan 41,25 (1 - \sin 41,25)^2 (0,5/0,08) = 1,204$$

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

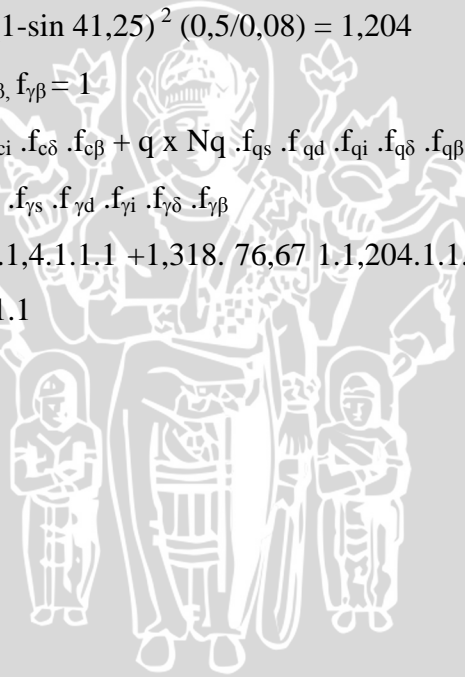
$$q_u = c \cdot N_c \cdot f_{cs} \cdot f_{cd} \cdot f_{ci} \cdot f_{c\delta} \cdot f_{c\beta} + q \times N_q \cdot f_{qs} \cdot f_{qd} \cdot f_{qi} \cdot f_{q\delta} \cdot f_{q\beta}$$

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

$$= 0,027 \cdot 86,28 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 1,318 \cdot 76,67 \cdot 1 \cdot 1,204 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 0,5 \times 16,48 \cdot 8 \cdot$$

$$136,231 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1$$

$$= 214,722 \text{ kN/m}^2$$



Lampiran 8. Dokumentasi Penelitian

Proses penimbangan tanah pasir



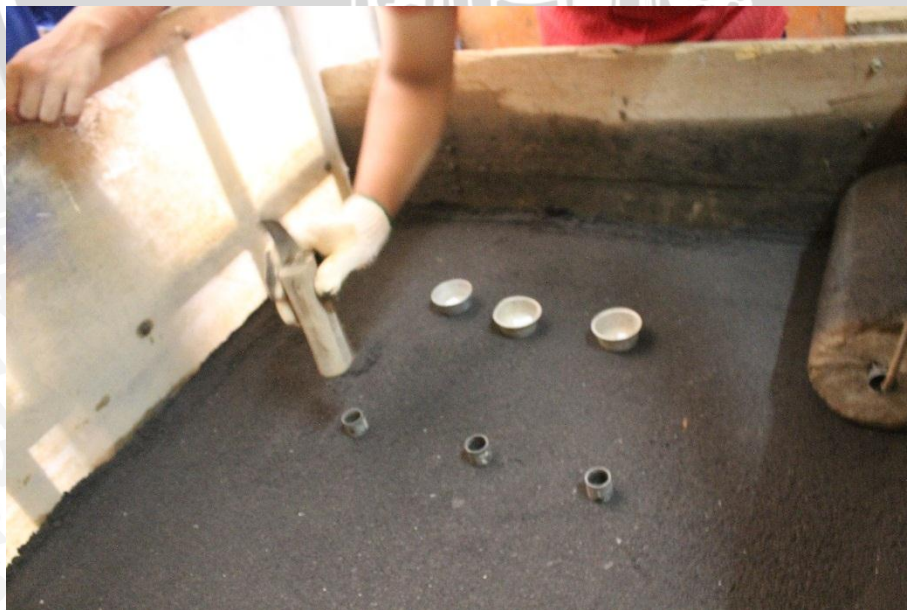
Proses memasukan pasir kedalam box uji



Proses pemadatan tanah pasir



Proses pemadatan dengan silinder beton

Pengecekan kepadatan tanah pasir dengan *density ring*



Kondisi awal geogrid



Peletakan geogrid diatas tanah pasir sesuai perencanaan



Proses pemasangan pondasi diatas tanah pasir



Proses pemasangan dongkrak hidraulik, load cell dan dial LVDT



Proses pembebanan dan pembacaan dial LVDT



Retakan yang terjadi pada permukaan tanah pasir setelah uji pembebanan.



Proses pembongkaran tanah pasir

