

**PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN DAN JARAK PONDASI KE TEPI
LERENG TERHADAP DAYA DUKUNG PASIR DENGAN NILAI
RC 85 % DENGAN MENGGUNAKAN GEOGRID**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ARRIZAL RIZKI I.
125060100111064**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN DAN JARAK PONDASI KE TEPI
LERENG TERHADAP DAYA DUKUNG PASIR DENGAN NILAI RC 85 %
DENGAN MENGGUNAKAN GEOGRID**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ARRIZAL RIZKI I.
NIM. 125060100111064**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 16 Mei 2016

Dosen Pembimbing 1

Ir. Suroso, Dipl.HE., M.Eng
NIP. 19520301 197603 1 001

Dosen Pembimbing 2

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

Mengetahui
Ketua Jurusan/Ketua Program Studi

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

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

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 dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 22 Maret 2016

Mahasiswa,

Arrizal Rizki I.

NIM. 125060100111064



LEMBAR IDENTITAS PENGUJI**JUDUL SKRIPSI :**

Pengaruh Sudut Kemiringan dan Jarak Pondasi ke Tepi Lereng terhadap Daya Dukung Pasir dengan Nilai RC 85% dengan Menggunakan Geogrid

Nama Mahasiswa : Arrizal Rizki I.

NIM : 125060100111064

Program Studi : Teknik Sipil

TIM DOSEN PENGUJI :

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

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

Dosen Penguji III : Dr. rerat Ir. Arief Rachmansyah

Tanggal Ujian : 26 April 2016

SK Penguji : 520/UN10.6/AK/2016



LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN DAN JARAK PONDASI KE TEPI
LERENG TERHADAP DAYA DUKUNG PASIR DENGAN NILAI RC 85 %
DENGAN MENGGUNAKAN GEOGRID**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ARRIZAL RIZKI I.
NIM. 125060100111064

Skrripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 16 Mei 2016

Dosen Pembimbing 1

Ir. Suroso, Dipl.HE., M.Eng
NIP. 19520301 197603 1 001

Dosen Pembimbing 2

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

Mengetahui
Ketua Jurusan/Ketua Program Studi

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

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

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 dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 22 Maret 2016

Mahasiswa,

Arrizal Rizki I.

NIM. 125060100111064



RIWAYAT HIDUP

Arrizal Rizki Iswahyudi lahir di Tulungagung tanggal 28 April 1994. Merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara dari ayah yang bernama Samsul Hadi dan ibu Siti Maryam. Menempuh pendidikan sekoah dasar di MIN Mergayu, Bandung, Tulungagung. Masuk pada tahun 2000 dan lulus pada tahun 2006. Pendidikan sekolah menengah pertama ditempuh di MTsN Bandung, Tulungagung. Masuk pada tahun 2006 dan lulus pada tahun 2009. Pendidikan sekolah menengah atas ditempuh di SMAN 1 Boyolangu, Tulungagung.

Selama menempuh pendidikan formal merupakan murid yang berprestasi. Ketika duduk di bangku sekolah dasar hampir selalu menjadi juara kelas. Pernah menjadi wakil dari karisidenan Campurdarat dalam olimpiade IPA di tingkat kabupaten. Ketika di bangku sekolah menengah pertama aktif di OSIS dan komunitas penanggulangan HIV/AIDS. Memiliki bakat di bidang seni lukis. Banyak prestasi di bidang seni lukis yang pernah diukir mulai dari tingkat kecamatan, kabupaten dan pernah menjadi wakil dari kabupaten Tulungagung pada perlombaan tingkat provinsi. Semasa SMA merupakan murid yang cukup berprestasi. Dari kelas X sampai dengan XII selalu masuk dalam sepuluh terbaik kelas. Aktif di ekstrakurikuler pecinta alam dan ketoprak.

Setelah lulus SMA pada tahun 2012, berhasil lolos pada ujian SNMPTN tulis dan diterima di Universitas Brawijaya Malang jurusan Teknik Sipil. Semasa kuliah aktif di berbagai organisasi, mulai dari Himpunan Mahasiswa Sipil, Lembaga dakwah, Forum studi dll. Pada tahun kedua pernah menjadi wakil dari fakultas teknik dalam perlombaan MTQ tingkat universitas cabang khat dan menjadi juara tiga. Pernah menjadi asisten tugas besar statika. Lulus dengan predikat sangat memuaskan pada tahun 2016 dengan mengambil konsentrasi geoteknik dan termasuk lulusan tercepat di jurusan Teknik Sipil angkatan 2012.

Malang, 13 Mei 2016

Penulis



LEMBAR PERUNTUKAN

Assalamu'alaikum. Skripsi ini merupakan perjuangan terakhir saya selama menempuh pendidikan di jenjang S1 ini. Ada banyak masalah yang saya hadapi selama proses penyusunan skripsi ini, namun berkat tekad dan kegigihan serta dukungan dari berbagai pihak, Alhamdulillah skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga perjuangan saya dalam menyusun skripsi ini dapat memberikan manfaat baik untuk diri saya sendiri maupun untuk orang lain.

Adapun yang menjadi motivasi saya dalam menyusun skripsi ini adalah kedua orang tua saya. Yang mana karena perjuangan beliau – beliau lah sampai saat ini saya masih memiliki semangat untuk terus berjuang meraih cita – cita saya. Oleh karena itu, skripsi ini saya persembahkan kepada abah dan ibuk saya sebagai bukti bahwa saya mampu untuk menjalankan amanah dan lulus tepat waktu. Semoga langkah saya ke depan tetap selalu dalam ridlo abah dan ibuk serta selalu dapat menjadi seorang anak yang dapat dibanggakan.

Akhir kata, saya mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam proses penyusunan skripsi ini dan saya juga meminta maaf yang sebesar – besarnya apabila dalam skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan. Sekian dan terimakasih. Wassalamu'alaikum.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.

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

1. Ir. Suroso, Dipl.HE., M.Eng dan Dr. Ir. As'ad Munawir, MT selaku dosen pembimbing pertama dan kedua yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi saran serta masukan kepada penulis.
2. Eko Andi Suryo, ST., MT., Ph.D, Ir. Suroso, Dipl.HE., M.Eng, Dr. Ir. Arief Rachmansyah, Ir. Harimurti, MT selaku dosen geoteknik yang telah meluangkan waktu memberi saran serta masukan kepada penulis.
3. Bapak dan Ibu dosen Teknik Sipil yang telah memberikan saran dan masukan penulis.
4. Pak Sugeng, Pak Hadi, dan Mas Dino selaku pihak dari Laboratorium Struktur dan Konstruksi Bahan yang telah membantu penulis.
5. Kedua orang tua penulis serta adik yang telah memberikan dukungan secara penuh baik mental maupun materiil.
6. Mas Danu, Mas Anas, Mbak Atika, Rani, Mas Faisal, Mas Tosar dan Mas Zul yang merupakan satu tim dimana saling membantu satu sama lain dan bekerja keras hingga kita dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Dan semua teman-teman Teknik Sipil yang telah membantu penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penulis menantikan adanya masukan yang bersifat membangun untuk penyusunan laporan-laporan yang akan datang.

Malang, 22 Maret 2016

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
RINGKASAN	xiv
SUMMARY	xv
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. Pengertian Pasir.....	7
2.1.2. Klasifikasi dengan Sistem Unified.....	7
2.1.3. Kuat Geser.....	8
2.2. Lereng.....	9
2.3. Geosintetik.....	10
2.3.1. Pengertian Geosintetik.....	10
2.3.2. Geogrid.....	11
2.3.2.1. Pengertian Geogrid.....	11
2.3.2.2. Jenis Geogrid.....	11
2.3.2.3. Karakteristik Geogrid sebagai Bahan Perkuatan.....	13

2.3.2.3.1. Kekuatan Tarik.....	13
2.3.2.3.2. Interaksi antara Tanah dengan Geogrid.....	14
2.3.2.3.3. Rangkak.....	14
2.3.2.3.4. Daya Bertahan.....	14
2.3.2.4. Geogrid sebagai Bahan Perkuatan Tanah.....	15
2.3.2.5. Panjang Penyaluran Geogrid.....	15
2.3.2.6. Jarak Antar Lapisan Geogrid.....	16
2.3.2.7. Mekanisme Kerja Geogrid pada Tanah.....	17
2.3.2.8. Mekanisme Transfer Beban antara Geogrid dengan Tanah.....	18
2.4. Pondasi Dangkal.....	20
2.4.1. Tekanan Kontak.....	20
2.4.2. Pola Keruntuhan Di Bawah Pondasi pada Lereng.....	21
2.4.3. Pola Keruntuhan Di Bawah Pondasi pada Lereng dengan Perkuatan.....	21
2.5. Teori Daya Dukung Pondasi.....	23
2.5.1. Pengertian Daya Dukung Pondasi.....	23
2.5.2. Daya Dukung Pondasi Dangkal.....	24
2.5.2.1. Solusi Meyerhof.....	24
2.5.2.2. Solusi Gempeline (1990).....	26
2.6. Bearing Capacity Improvement (BCI).....	27
2.7. Pengaruh Sudut Kemiringan Lereng terhadap daya Dukung Pondasi.....	27
2.8. Pengaruh Jarak Pondasi ke Tepi Lereng terhadap Daya Dukung Pondasi.....	28
2.9. Penurunan.....	30
2.9.1. Pengertian.....	30
2.9.2. Tekanan Sentuh.....	30
2.9.3. Pengaruh Perkuatan pada Penurunan.....	30
BAB III METODE PENELITIAN.....	33
3.1. Waktu dan Tempat.....	33
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	33

3.3. Jumlah dan Perlakuan Benda Uji.....	36
3.4. Metode Penelitian.....	39
3.4.1. Pengujian Dasar.....	39
3.4.2. Persiapan Benda Uji.....	39
3.4.3. Model Test Lereng.....	40
3.4.4. Pengujian Pembebanan.....	41
3.5. Metode Analisis Data.....	42
3.6. Variasi Penelitian.....	45
3.7. Bagan Alir Tahapan Penelitian.....	46
BAB IV PEMBAHASAN.....	49
4.1. Analisis Bahan.....	49
4.1.1. Analisis Gradasi Butiran Tanah.....	50
4.1.2. Analisis <i>Specific Gravity</i>	51
4.1.3. Analisis Pemeriksaan Kepadatan Tanah (<i>Compaction</i>).....	51
4.1.3.1. Uji Kepadatan Standar di Laboratorium (<i>Proctor Test</i>).....	51
4.1.3.2. Kepadatan Tanah Model.....	52
4.1.4. Analisis Kuat Geser Langsung (<i>Direct Shear</i>).....	53
4.2. Analisis Daya Dukung.....	54
4.2.1. Daya Dukung Lereng tanpa Perkuatan.....	55
4.2.1.1. Metode Analitik.....	55
4.2.1.2. Metode Eksperimen.....	57
4.2.1.2.1. Nilai Daya Dukung Eksperimen dengan Variasi Sudut Kemiringan Lereng.....	58
4.2.1.2.2. Nilai Daya Dukung Eksperimen dengan Variasi Jarak Pondasi ke Tepi Lereng.....	59
4.2.1.3. Perbandingan Nilai Daya Dukung Analitik dengan Eksperimen untuk Lereng tanpa Perkuatan.....	60
4.2.2. Daya Dukung Lereng dengan Perkuatan Geogrid.....	65
4.2.2.1. Nilai Daya Dukung Perkuatan dengan Variasi Sudut Kemiringan Lereng.....	65

4.2.2.2. Nilai Daya Dukung Perkuatan dengan Variasi Jarak Pondasi ke Tepi Lereng.....	66
4.3. Analisis Bearing Capacity Improvement Berdasarkan Tegangan Ultimit (BCIu)...	67
4.3.1. Analisis BCIu Untuk Variasi Sudut Kemiringan Lereng.....	67
4.3.2. Analisis BCIu Untuk Variasi Jarak Pondasi ke Tepi Lereng.....	68
4.3.3. Peningkatan Daya Dukung dalam Persen.....	69
4.3.4. Peningkatan Daya Dukung antar Variabel dalam Persen.....	70
4.4. Analisis Penurunan Lereng.....	75
4.4.1. Analisis Penurunan Lereng Tanpa Perkuatan.....	75
4.4.1.1. Variasi Sudut Kemiringan Lereng.....	75
4.4.1.1.1. Jarak Pondasi (D/B) = 1.....	76
4.4.1.1.2. Jarak Pondasi (D/B) = 2.....	76
4.4.1.1.3. Jarak Pondasi (D/B) = 3.....	77
4.4.1.2. Variasi Jarak Pondasi ke Tepi Lereng.....	78
4.4.1.2.1. Sudut Kemiringan Lereng (α) = 46°.....	79
4.4.1.2.2. Sudut Kemiringan Lereng (α) = 51°.....	79
4.4.1.2.3. Sudut Kemiringan Lereng (α) = 56°.....	80
4.4.2. Analisis Penurunan Lereng dengan Perkuatan Geogrid.....	81
4.4.2.1. Variasi Sudut Kemiringan Lereng.....	81
4.4.2.1.1. Jarak Pondasi (D/B) = 1.....	82
4.4.2.1.2. Jarak Pondasi (D/B) = 2.....	82
4.4.2.1.3. Jarak Pondasi (D/B) = 3.....	83
4.4.2.2. Variasi Jarak Pondasi ke Tepi Lereng.....	84
4.4.2.2.1. Sudut Kemiringan Lereng (α) = 46°.....	85
4.4.2.2.2. Sudut Kemiringan Lereng (α) = 51°.....	86
4.4.2.2.3. Sudut Kemiringan Lereng (α) = 56°.....	87
4.4.3. Perbandingan Penurunan Lereng tanpa Lereng dengan Lereng Perkuatan.....	87
4.4.3.1. Lereng dengan D/B = 1 dan α = 46°.....	88

4.4.3.2. Lereng dengan $D/B = 1$ dan $\alpha = 51^\circ$	89
4.4.3.3. Lereng dengan $D/B = 1$ dan $\alpha = 56^\circ$	90
4.4.3.4. Lereng dengan $D/B = 2$ dan $\alpha = 46^\circ$	91
4.4.3.5. Lereng dengan $D/B = 2$ dan $\alpha = 51^\circ$	92
4.4.3.6. Lereng dengan $D/B = 2$ dan $\alpha = 56^\circ$	93
4.4.3.7. Lereng dengan $D/B = 3$ dan $\alpha = 46^\circ$	94
4.4.3.8. Lereng dengan $D/B = 3$ dan $\alpha = 51^\circ$	95
4.4.3.9. Lereng dengan $D/B = 3$ dan $\alpha = 56^\circ$	96
4.4.4. Perbandingan Pola Penurunan Eksperimen dengan Pola Penurunan Hasil Penelitian Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013).....	97
4.4.4.1. Lereng dengan $D/B = 1$ dan $\alpha = 46^\circ$	98
4.4.4.2. Lereng dengan $D/B = 1$ dan $\alpha = 51^\circ$	99
4.4.4.3. Lereng dengan $D/B = 1$ dan $\alpha = 56^\circ$	100
4.4.4.4. Lereng dengan $D/B = 2$ dan $\alpha = 46^\circ$	101
4.4.4.5. Lereng dengan $D/B = 2$ dan $\alpha = 51^\circ$	102
4.4.4.6. Lereng dengan $D/B = 2$ dan $\alpha = 56^\circ$	103
4.4.4.7. Lereng dengan $D/B = 3$ dan $\alpha = 46^\circ$	104
4.4.4.8. Lereng dengan $D/B = 3$ dan $\alpha = 51^\circ$	105
4.4.4.9. Lereng dengan $D/B = 3$ dan $\alpha = 56^\circ$	106
BAB V PENUTUP	107
5.1. Kesimpulan.....	107
5.2. Saran.....	108

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Rentang ukuran partikel.....	7
Tabel 2.2	Sistem klasifikasi tanah Unified	8
Tabel 2.3	Fungsi bermacam jenis Geosintetik.....	11
Tabel 2.4	Fungsi berbagai macam produk Geosintetik.....	15
Tabel 2.5	Pengaruh panjang perkuatan geogrid terhada daya dukung pondasi pada lereng pasir.....	16
Tabel 2.6	Rasio H_c/B terhadap sudut geser tanah.....	21
Tabel 2.7	Hasil uji daya dukung dengan variasi rasio X/B menurut Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe.....	29
Tabel 3.1	Variasi perlakuan variabel.....	36
Tabel 3.2	Daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan.....	43
Tabel 3.3	Daya dukung dan penuruna lereng dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng..	43
Tabel 3.4	Daya dukung dan penuruna lereng dengan variasi sudut kemiringan lereng.....	44
Tabel 3.5	Bearing Capacity Improvement (BCI) untuk variasi sudut kemiringan lereng..	45
Tabel 3.6.	Bearing Capacity Improvement (BCI) untuk variasi jarak pondasi ke tepi lereng.....	45
Tabel 4.1	Tipe geogrid.....	49
Tabel 4.2	Specific Gravity tanah rata – rata.....	51
Tabel 4.3	Berat isi kering dan kadar air untuk lereng tanpa perkuatan.....	53
Tabel 4.4	Berat isi kering dan kadar air untuk lereng dengan perkuatan.....	53
Tabel 4.5	Nilai N_q dengan variasi sudut kemiringan lereng.....	55
Tabel 4.6	Nilai N_q dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng.....	56
Tabel 4.7	Nilai daya dukung analitik untuk lereng tanpa perkuatan.....	57
Tabel 4.8	Nilai daya dukung eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan.....	58
Tabel 4.9	Daya dukung lereng tanpa perkuatan dengan variasi sudut kemiringan lereng...	58
Tabel 4.10	Daya dukung lereng tanpa perkuatan dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng	59

Tabel 4.11 Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan.....60

Tabel 4.12 Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan.....61

Tabel 4.13 Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan.....61

Tabel 4.14 Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan.....62

Tabel 4.15 Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan.....62

Tabel 4.16 Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan.....63

Tabel 4.17 Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan.....63

Tabel 4.18 Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan.....64

Tabel 4.19 Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan.....64

Tabel 4.20 Nilai daya dukung lereng perkuatan dengan variasi sudut kemiringan ().....65

Tabel 4.21 Nilai daya dukung lereng perkuatan dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng66

Tabel 4.22 Nilai BC_{Iu} untuk variasi sudut kemiringan lereng.....67

Tabel 4.23 Nilai BC_{Iu} untuk variasi jarak pondasi ke tepi lereng.....68

Tabel 4.24 Hasil peningkatan daya dukung lereng (%).....70

Tabel 4.25 Peningkatan daya dukung lereng tanpa perkuatan antar variabel sudut kemiringan lereng (%).....71

Tabel 4.26 Peningkatan daya dukung lereng dengan perkuatan antar variabel sudut kemiringan lereng (%).....72

Tabel 4.27 Peningkatan daya dukung lereng tanpa perkuatan antar variabel jarak pondasi ke tepi lereng (%).....73

Tabel 4.28 Peningkatan daya dukung lereng dengan perkuatan antar variabel jarak pondasi ke tepi lereng.....74

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Kelongsoran lereng.....	9
Gambar 2.2	Jenis geogrid: (a) Uniaksial; (b) Biaksial.....	12
Gambar 2.3	Jenis penggabungan elemen geogrid.....	12
Gambar 2.4	Kekuatan tarik produk geosintetik.....	13
Gambar 2.5	Pengaruh rasio u/B pada daya dukung pondasi.....	16
Gambar 2.6	Dasar mekanisme perkuatan lereng tanah dengan geosintetik.....	17
Gambar 2.7	Mekanisme kegagalan luncur pada perkuatan geogrid.....	18
Gambar 2.8	Mekanisme kegagalan cabut pada perkuatan geogrid.....	19
Gambar 2.9	Tegangan kontak akibat beban aksial sentris.....	20
Gambar 2.10	Skema zona keruntuhan pondasi di atas lereng.....	21
Gambar 2.11	<i>Displacement vector</i> pada pemodelan lereng pasir.....	22
Gambar 2.12	Titik-titik plastis yang terbentuk dibawah pondasi pada lereng.....	23
Gambar 2.13	Faktor daya dukung Meyerhof N_{cq} untuk tanah kohesif.....	24
Gambar 2.14	Faktor daya dukung Meyerhof N_{q} untuk tanah granular/pasir.....	25
Gambar 2.15	Pondasi dangkal diatas lereng.....	26
Gambar 2.16	Kurva faktor N_{q} terhadap sudut kemiringan lereng menurut penelitian Graham, Andrews, dan Shields (1987).....	28
Gambar 2.17	Grafik load-settlement dengan variasi rasio X/B berdasarkan penelitian oleh Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe.....	29
Gambar 2.18	Grafik penurunan terhadap beban.....	30
Gambar 3.1	Peralatan analisis saringan (a) Timbangan digital (b) Ayakan No 4, 10, 20, 40, 60, 100 dan 200.....	34
Gambar 3.2	Peralatan analisis berat jenis tanah (a) Labu ukur (b) Termometer.....	34
Gambar 3.3	Peralatan uji geser langsung (a) Alat uji geser langsung (b) Ring untuk pengambilan sampel.....	35
Gambar 3.4	Peralatan pemeriksaan kepadatan dan kadar air (a) <i>Density ring</i> (b) Cawan.....	35
Gambar 3.5	Peralatan pemadatan (a) Silinder beton (b) Balok pembebanan.....	35
Gambar 3.6	Peralatan uji pembebanan (a) <i>Load cell</i> (b) Dial LVDT.....	36

Gambar 3.7 Model test lereng percobaan (a) Tanpa perkuatan (b) Dengan perkuatan geogrid.....	37
Gambar 3.8 Model <i>box</i> penelitian.....	40
Gambar 3.9 Contoh susunan pembebanan.....	42
Gambar 3.10 Bagan alir percobaan.....	47
Gambar 4.1 Grafik hasil analisis gradasi.....	50
Gambar 4.2 Grafik hasil pemadatan standar.....	52
Gambar 4.3 (a) Grafik hubungan antara tegangan geser dan regangan geser (b) Grafik hubungan antara tegangan geser dan tegangan normal.....	54
Gambar 4.4 Grafik hubungan N_q terhadap sudut kemiringan.....	56
Gambar 4.5 Grafik hubungan N_q terhadap jarak pondasi ke tepi lereng.....	57
Gambar 4.6 Grafik hubungan daya dukung dengan sudut kemiringan lereng.....	59
Gambar 4.7 Grafik hubungan daya dukung dengan jarak pondasi ke tepi lereng.....	60
Gambar 4.8 Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan $= 46$; $D/B = 1$; $B = 4$ cm.....	60
Gambar 4.9 Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan $= 46$; $D/B = 2$; $B = 4$ cm.....	61
Gambar 4.10 Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan $= 46$; $D/B = 3$; $B = 4$ cm.....	61
Gambar 4.11 Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan $= 51$; $D/B = 1$; $B = 4$ cm.....	62
Gambar 4.12 Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan $= 51$; $D/B = 2$; $B = 4$ cm.....	62
Gambar 4.13 Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan $= 51$; $D/B = 3$; $B = 4$ cm.....	63
Gambar 4.14 Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan $= 56$; $D/B = 1$; $B = 4$ cm.....	63
Gambar 4.15 Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan $= 56$; $D/B = 2$; $B = 4$ cm.....	64
Gambar 4.16 Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan $= 56$; $D/B = 3$; $B = 4$ cm.....	64
Gambar 4.17 Grafik hubungan daya dukung dengan sudut kemiringan lereng.....	66
Gambar 4.18 Grafik hubungan daya dukung dengan jarak pondasi ke tepi lereng.....	67
Gambar 4.19 Grafik hubungan BCIu dengan variasi sudut kemiringan lereng.....	68

Gambar 4.20	Grafik hubungan BCIu dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng.....	69
Gambar 4.21	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan jarak pondasi (D/B) = 1.....	76
Gambar 4.22	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan jarak pondasi (D/B) = 2.....	77
Gambar 4.23	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan jarak pondasi (D/B) = 3.....	78
Gambar 4.24	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan sudut kemiringan lereng 46°.....	79
Gambar 4.25	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan sudut kemiringan lereng 51°.....	80
Gambar 4.26	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan sudut kemiringan lereng 56°.....	81
Gambar 4.27	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan perkuatan dengan jarak pondasi (D/B) = 1.....	82
Gambar 4.28	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan perkuatan dengan jarak pondasi (D/B) = 2.....	83
Gambar 4.29	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan perkuatan dengan jarak pondasi (D/B) = 3.....	84
Gambar 4.30	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan perkuatan dengan sudut kemiringan lereng 46°.....	85
Gambar 4.31	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan perkuatan dengan sudut kemiringan lereng 51°.....	86
Gambar 4.32	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan perkuatan dengan sudut kemiringan lereng 56°.....	87
Gambar 4.33	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan D/B = 1 dan sudut kemiringan lereng 46°.....	88
Gambar 4.34	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan D/B = 1 dan sudut kemiringan lereng 51°.....	89
Gambar 4.35	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan D/B = 1 dan sudut kemiringan lereng 56°.....	90
Gambar 4.36	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan D/B = 2 dan sudut kemiringan lereng 46°.....	91
Gambar 4.37	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan D/B = 2 dan sudut kemiringan lereng 51°.....	92
Gambar 4.38	Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan D/B = 2 dan sudut kemiringan lereng 56°.....	93



Gambar 4.39 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 3$ dan sudut kemiringan lereng 46^0	94
Gambar 4.40 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 3$ dan sudut kemiringan lereng 51^0	95
Gambar 4.41 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 3$ dan sudut kemiringan lereng 56^0	96
Gambar 4.42 Grafik penurunan terhadap tegangan pada penelitian Mohd Raihan Taha* dan Enas B. Altalhe	97
Gambar 4.43 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 1$ dan sudut kemiringan lereng 46^0	98
Gambar 4.44 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 1$ dan sudut kemiringan lereng 51^0	99
Gambar 4.45 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 1$ dan sudut kemiringan lereng 56^0	100
Gambar 4.46 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 2$ dan sudut kemiringan lereng 46^0	101
Gambar 4.47 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 2$ dan sudut kemiringan lereng 51^0	102
Gambar 4.48 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 2$ dan sudut kemiringan lereng 56^0	103
Gambar 4.49 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 3$ dan sudut kemiringan lereng 46^0	104
Gambar 4.50 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 3$ dan sudut kemiringan lereng 51^0	105
Gambar 4.51 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 3$ dan sudut kemiringan lereng 56^0	106



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Analisis Gradasi Butiran Tanah112

Lampiran 2 Hasil Analisis Specific Gravity Tanah113

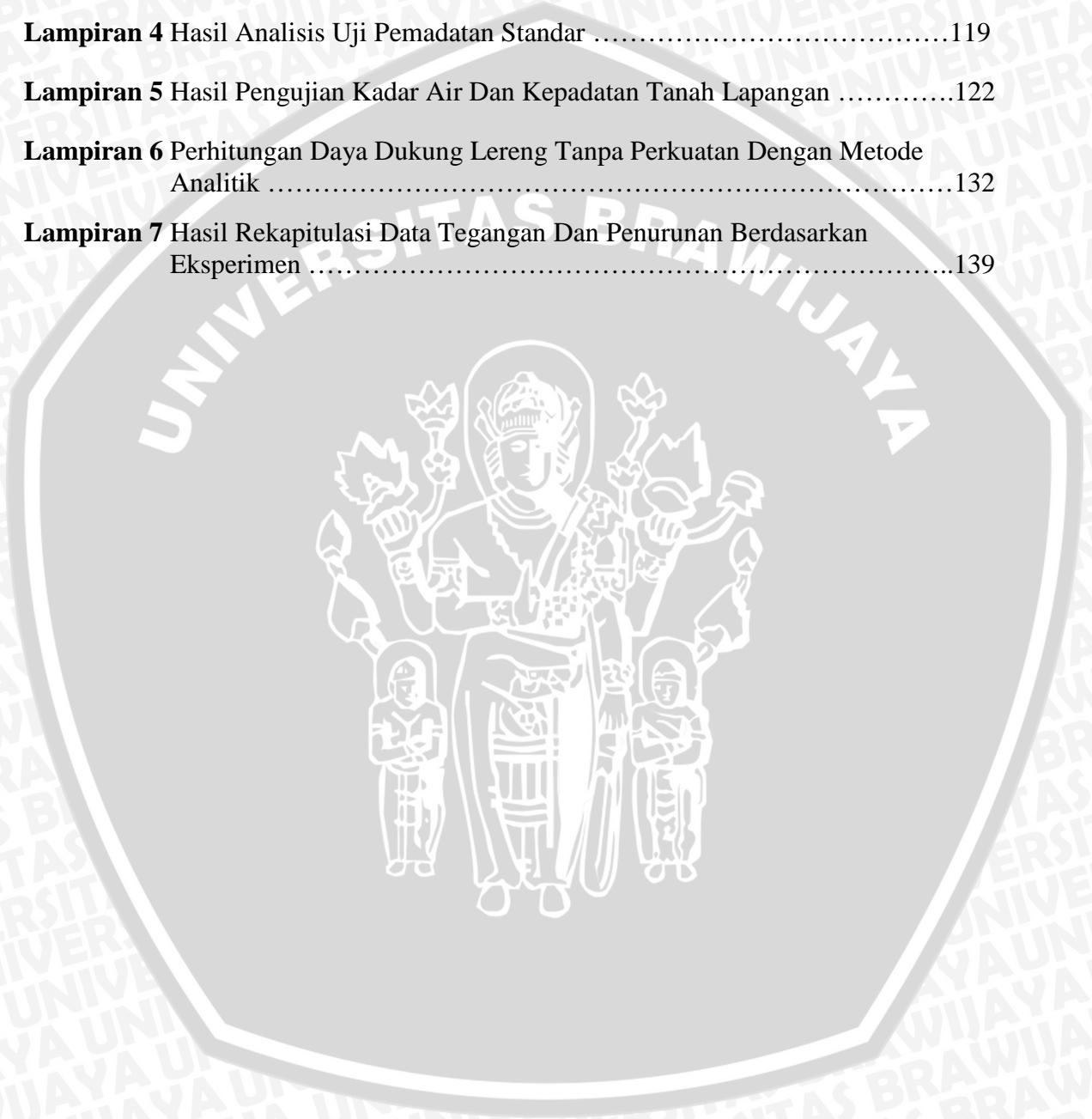
Lampiran 3 Hasil Analisis Uji Geser Langsung (Direct Shear)117

Lampiran 4 Hasil Analisis Uji Pemadatan Standar119

Lampiran 5 Hasil Pengujian Kadar Air Dan Kepadatan Tanah Lapangan122

Lampiran 6 Perhitungan Daya Dukung Lereng Tanpa Perkuatan Dengan Metode Analitik132

Lampiran 7 Hasil Rekapitulasi Data Tegangan Dan Penurunan Berdasarkan Eksperimen139



RINGKASAN

Arrizal Rizki I., Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Maret 2016, *Pengaruh Sudut Kemiringan dan Jarak Pondasi ke Tepi Lereng terhadap Daya Dukung Pasir dengan Nilai RC 85% dengan Menggunakan Geogrid*, Dosen Pembimbing : Ir. Suroso, Dipl.HE., M.Eng dan Dr. Ir. As'ad Munawir, MT

Daya dukung merupakan faktor utama dalam perencanaan pondasi. Pada lereng, daya dukung merupakan masalah yang sangat penting untuk diperhatikan. Karena pada kondisi tertentu, daya dukung pada lereng cenderung buruk sehingga rawan untuk terjadi longsor. Oleh karena itu dibutuhkan suatu metode untuk meningkatkan daya dukung pada lereng. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah dengan memasang perkuatan geogrid pada lereng. Pemasangan geogrid ini bertujuan untuk meningkatkan kuat tarik tanah sehingga daya dukung dapat ditingkatkan. Di sisi lain kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng merupakan faktor yang cukup berpengaruh terhadap daya dukung lereng sehingga perlu untuk dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui pada sudut dan jarak pondasi ke tepi lereng berapakah perkuatan geogrid efektif untuk digunakan.

Pada penelitian ini, metode untuk mengetahui besarnya peningkatan daya dukung adalah dengan membandingkan nilai daya dukung antara lereng yang dipasang perkuatan geogrid dengan daya dukung lereng tanpa perkuatan. Dari situ, kemudian akan diketahui berapa besarnya peningkatan daya dukung untuk setiap variasi sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng. Sehingga dapat disimpulkan pada sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng berapakah perkuatan geogrid efektif untuk digunakan. Adapun metode yang digunakan untuk mengetahui nilai daya dukung adalah dengan metode eksperimen. Metode ini dilakukan dengan membuat benda uji berupa lereng pasir dengan nilai kepadatan relatif rencana sebesar 85%. Model pondasi diletakkan di atas lereng dengan jarak yang telah diatur sesuai variabel yang akan diteliti. Setelah model siap, kemudian dilakukan uji pembebanan. Pembacaan penurunan dilakukan setiap interval 5 kg sampai dengan lereng mengalami keruntuhan. Dari beban maksimum yang telah diketahui, dapat dihitung besarnya daya dukung dengan membagi beban maksimum tersebut dengan luasan model pondasi. Untuk menganalisis penurunan dibuat grafik hubungan antara penurunan terhadap tegangan. Dari grafik tersebut dapat diketahui pola penurunan untuk setiap variasi sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng sehingga dapat dibandingkan untuk setiap variabelnya. Sehingga dapat ditarik kesimpulan terkait hubungan sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng serta pengaruh perkuatan geogrid terhadap penurunan.

Yang dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah besarnya peningkatan daya dukung berbanding lurus terhadap jarak pondasi ke tepi lereng dan berbanding terbalik terhadap sudut kemiringan lereng. Jadi semakin besar jarak pondasi ke tepi lereng maka besarnya peningkatan daya dukung akan semakin besar, sebaliknya semakin besar sudut kemiringan lereng maka besarnya peningkatan daya dukung akan semakin kecil. Jadinya peningkatan daya dukung yang paling besar terjadi ketika sudut kemiringan 46° dan jarak pondasi ke tepi lereng tiga kali lebar pondasi.

Kata kunci : daya dukung, lereng, pondasi, lereng, geogrid, sudut kemiringan lereng, jarak pondasi ke tepi lereng.

SUMMARY

Arrizal Rizki I., Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, Malang, March 2016, *The Effect of Tilt Angle and Foundation Distance from Slope Surface to the Bearing Capacity of Sand with Relative Compaction 85% by Use of Geogrid*, Academic Supervisor: Ir. Suroso, Dipl.HE., M.Eng and Dr. Ir. As'ad Munawir, MT

Bearing capacity is the prime factor in foundation planning. On Slope, bearing capacity is the problem that is very important to be attentioned. Because at some condition, bearing capacity of slope is bad relatively so it becomes sensitive to be sliding. Therefore a method to improve bearing capacity of slope is needed. In this research, the method is by setting geogrid's reinforcement on slope. The aim of geogrid's reinforcement setting is to increase the tension strength of soil so the bearing capacity of slope can be increased. On the other side, the inclination angle and foundation distance from slope surface are the factor that adequately influential to the bearing capacity so needed to be done a research to know the effective inclination angle and foundation distance from slope surface to be used.

In this research, method to know the value of improving bearing capacity is by compare the reinforcement slope bearing capacity with the unreinforcement slope bearing capacity. By there, then will be known how big the improving bearing capacity value for each variation inclination angle and foundation distance from slope surface. So can be concluded how big inclination angle and foundation distance from slope surface are effective to be set geogrid's reinforcement. The method that is used to know bearing capacity value is by experiment method. This method is done by makes sand slope model with relative compaction value as big as 85%. Foundation model is placed on the sand slope model with distance has been managed appropriate variable one will be analyzed. After the model is done, then do loading test. Settlement perusal to be done for each interval 5 kg until the model collapse. With maximum load has been known, can be account the bearing capacity value by divide that maximum load with width area of foundation model. To analyze the model settlement by use graph relationship among settlement to tension for each interval 5 kg. At that graph can be known the settlement pattern for each inclination angle variation and foundation distance from slope surface variation so can to be compared for each its variable. So can to be made a conclusion about relation inclination angle, foundation distance from slope surface and geogrid's reinforcement for influence to settlement.

The conclusion in this research that the value of improving bearing capacity is straight equal with foundation distance from slope surface and upending equal with inclination angle. So when the foundation distance from slope surface is increasing then the improving bearing capacity value will be increase, on the contrary when the inclination angle is increasing then the improving bearing capacity value will be decrease. So the largest improving bearing capacity value is happening while inclination angle 46° and foundation distance from slope surface thrice is even greater than foundation width.

Keywords : bearing capacity, slope, foundation, geogrid reinforcement, slope inclination angle, foundation distance from slope surface.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Daya dukung merupakan faktor utama yang menentukan apakah suatu area layak untuk didirikan bangunan konstruksi atau tidak. Sangat banyak area-area yang seharusnya bisa untuk didirikan suatu bangunan konstruksi namun karena kondisi fisik yang buruk mengakibatkan daya dukung pada area-area tersebut terlalu kecil untuk didirikan suatu bangunan konstruksi. Lereng adalah salah satu contoh area yang seharusnya bisa untuk didirikan suatu bangunan konstruksi namun karena kondisi fisik yang buruk membuat daya dukung pada area tersebut menjadi terlalu kecil untuk didirikan suatu bangunan konstruksi. Oleh karena itu penting untuk dilakukan perbaikan tanah pada lereng sehingga daya dukung lereng memenuhi untuk didirikan suatu bangunan konstruksi.

Ada banyak metode perkuatan tanah. Di masa ini jenis perkuatan yang banyak digunakan adalah geosintetik seperti geotextile dan geogrid. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan material geogrid. Ini dikarenakan penggunaan material ini cukup ekonomis. Jenis perkuatan ini banyak digunakan untuk berbagai macam konstruksi seperti dam, jalan, dinding penahan, dan khususnya perkuatan lereng.

Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng. Salah satu faktor yang sangat berpengaruh adalah sudut kemiringan lereng. Seperti yang diungkapkan oleh Verhoef (1985), bahwa bentuk dan kemiringan lereng, kekuatan material, kedudukan muka air dan kondisi drainase sangat berkaitan dengan kestabilan lereng yang berkaitan dengan daya dukung. Oleh karena itu dalam pemasangan geogrid yang tujuannya untuk meningkatkan kestabilan lereng harus memperhatikan sudut kemiringan lereng sehingga daya dukung yang diharapkan bisa terpenuhi. Hal ini penting karena daya dukung merupakan parameter utama dalam perencanaan pondasi yang akan menentukan kestabilan pondasi.

Pada perencanaan pondasi dangkal yang terletak di atas lereng, faktor lain yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng adalah jarak pondasi ke tepi lereng. Seperti apa yang diungkapkan oleh Huang C (2012), bahwa jarak pondasi ke tepi lereng akan mempengaruhi terhadap kestabilan lereng dengan rasio maksimum $d/B = 4$, dengan d

adalah jarak pondasi ke tepi lereng dan B adalah lebar pondasi dangkal. Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe (2013) menjelaskan bahwa ketika jarak pondasi ke tepi lereng lebih besar dari lebar pondasi, maka daya dukung pondasi juga bertambah secara signifikan namun pertambahan secara signifikan ini hanya akan terjadi sampai jarak pondasi ke tepi lereng sama dengan tiga kali lebar pondasi. Ketika jarak pondasi ke tepi lereng lebih dari tiga kali lebar pondasi, peningkatan daya dukung pondasi kurang dari 1 %. Jadi pada jarak tersebut, perilaku pondasi di atas lereng sama seperti perilaku pondasi di atas tanah biasa.

Dengan adanya hubungan antara kemiringan lereng dan jarak pondasi ke tepi lereng terhadap kestabilan lereng serta pentingnya peran geogrid sebagai perkuatan lereng membuat penulis tertarik untuk meneliti pengaruh variasi sudut kemiringan lereng dan jarak pondasi ke tepi lereng terhadap peningkatan daya dukung lereng yang diperkuat dengan geogrid. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Aris Musthafa (2015) telah dilakukan suatu pengujian pada pemodelan fisik lereng pasir dengan nilai *Relative Compaction* (RC) sebesar 74 % yang diperkuat dengan perkuatan geogrid dengan variabel yang diselidiki yaitu kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng. Di lapangan, besarnya nilai RC sangat bervariasi sehingga penulis merasa perlu untuk melakukan suatu penelitian lanjutan dengan nilai RC yang berbeda. Pada penelitian ini penulis mengambil nilai RC sebesar 85 % dengan variabel bebas kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng. Jadi penulis mengambil judul pengaruh sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng terhadap daya dukung pasir dengan nilai RC 85 % dengan menggunakan geogrid.

1.2. Identifikasi Masalah

Dengan adanya kecenderungan terjadi kelongsoran pada lereng, maka sangat perlu untuk dilakukan analisis dan identifikasi terkait faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng. Dengan diketahuinya faktor-faktor tersebut, diharapkan terjadinya kelongsoran dapat dicegah. Dari uraian di atas, berikut ini adalah identifikasi masalah yang dapat diambil.

1. Pembangunan yang terus meningkat dengan lahan yang terbatas menuntut agar pembangunan dapat dilakukan pada lahan dengan kondisi fisik buruk namun tetap terjamin dari segi keamanan, dalam hal ini adalah lereng.
2. Kecenderungan lereng untuk tidak stabil sehingga terkait dengan masalah daya dukung sering kali menjadi persoalan tersendiri ketika mendirikan bangunan di daerah lereng.

3. Dengan adanya kecenderungan pada lereng untuk tidak stabil maka perlu diadakan inovasi terkait dengan perkuatan lereng, sehingga dengan adanya perkuatan, diharapkan kestabilan lereng dapat ditingkatkan.
4. Terdapat hubungan antara sudut kemiringan lereng dengan kestabilan lereng yang nantinya berdampak pada daya dukung lereng.
5. Dalam perencanaan pondasi dangkal, jarak pondasi ke tepi lereng juga berpengaruh terhadap kestabilan lereng yang berkaitan dengan daya dukung pondasi.
6. Perlu untuk diketahui bagaimana pengaruh penggunaan perkuatan geogrid pada lereng yang diteliti berdasarkan variasi sudut kemiringan lereng dan jarak pondasi ke tepi lereng.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana daya dukung yang terjadi pada lereng tanah pasir tanpa perkuatan dibandingkan dengan diberikannya perkuatan geogrid dengan variasi sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng?
2. Bagaimana daya dukung yang terjadi pada lereng tanah pasir akibat pengaruh adanya variasi sudut kemiringan lereng?
3. Bagaimana daya dukung yang terjadi pada lereng tanah pasir akibat pengaruh adanya variasi jarak pondasi ke tepi lereng?
4. Berapa sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng yang optimum sehingga didapatkan nilai peningkatan daya dukung yang maksimum?

1.4. Batasan Masalah

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

1. Penelitian dilakukan pada suhu kamar yaitu 25° C.
2. Tanah yang digunakan adalah tanah homogen isotropis, berupa tanah urugan dengan jenis tanah pasir dengan simbol SP (*Poorly Graded Sand*) menurut sistem *Unified (U.S.C.S)*.
3. *Relative Compaction* tanah model lereng pasir adalah 85%.
4. Penelitian tidak termasuk rembesan air dalam tanah yang diuji-cobakan.

5. Sudut kemiringan model lereng tanah pasir yang digunakan sebesar 46° , 51° , 56° .
6. Ketinggian model lereng tanah pasir adalah 50 cm.
7. Geogrid yang digunakan sebagai perkuatan pada pemodelan fisik lereng tanah pasir adalah tipe biaksial.
8. Pengidentifikasi daya dukung menggunakan model pondasi dangkal yang dianggap menerus dengan lebar model pondasi 4 cm dan rasio jarak pondasi ke tepi lereng (d) dengan lebar pondasi (B) dibuat menjadi 3 variasi yaitu $d/B=1$, $d/B=2$, $d/B=3$.
9. Pembebanan pada lereng merupakan beban merata arah vertikal tanpa sudut inklinasi.
10. Jumlah lapisan geogrid yang digunakan dalam pemodelan fisik lereng sebanyak 1 lapis perkuatan.
11. Jarak permukaan lereng ke lapisan geogrid pada pemodelan fisik lereng pasir adalah sebesar $S_v = 3$ cm.
12. Geogrid dipasang sepanjang bidang longsor ditambah sepanjang nilai B (lebar pondasi) sebagai penjangkaran.
13. Karena beberapa faktor di lapangan tidak dapat dikondisikan dalam skala pemodelan, sehingga hanya beberapa faktor penting yang dapat dikondisikan seperti kemiringan lereng, ketinggian lereng, dan pembebanan.

1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk menemukan mekanisme perkuatan lereng dengan membandingkan daya dukung tanah pada lereng pasir tanpa perkuatan dengan lereng pasir yang menggunakan perkuatan geogrid dengan variasi sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng.
2. Untuk mengetahui pengaruh adanya variasi sudut kemiringan lereng terhadap daya dukung tanah pada lereng tanah pasir.
3. Untuk mengetahui pengaruh adanya variasi sudut kemiringan lereng terhadap daya dukung tanah pada lereng tanah pasir.
4. Untuk mengetahui sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng yang optimum sehingga didapatkan nilai peningkatan daya dukung yang maksimum.

1.6. Manfaat Penelitian

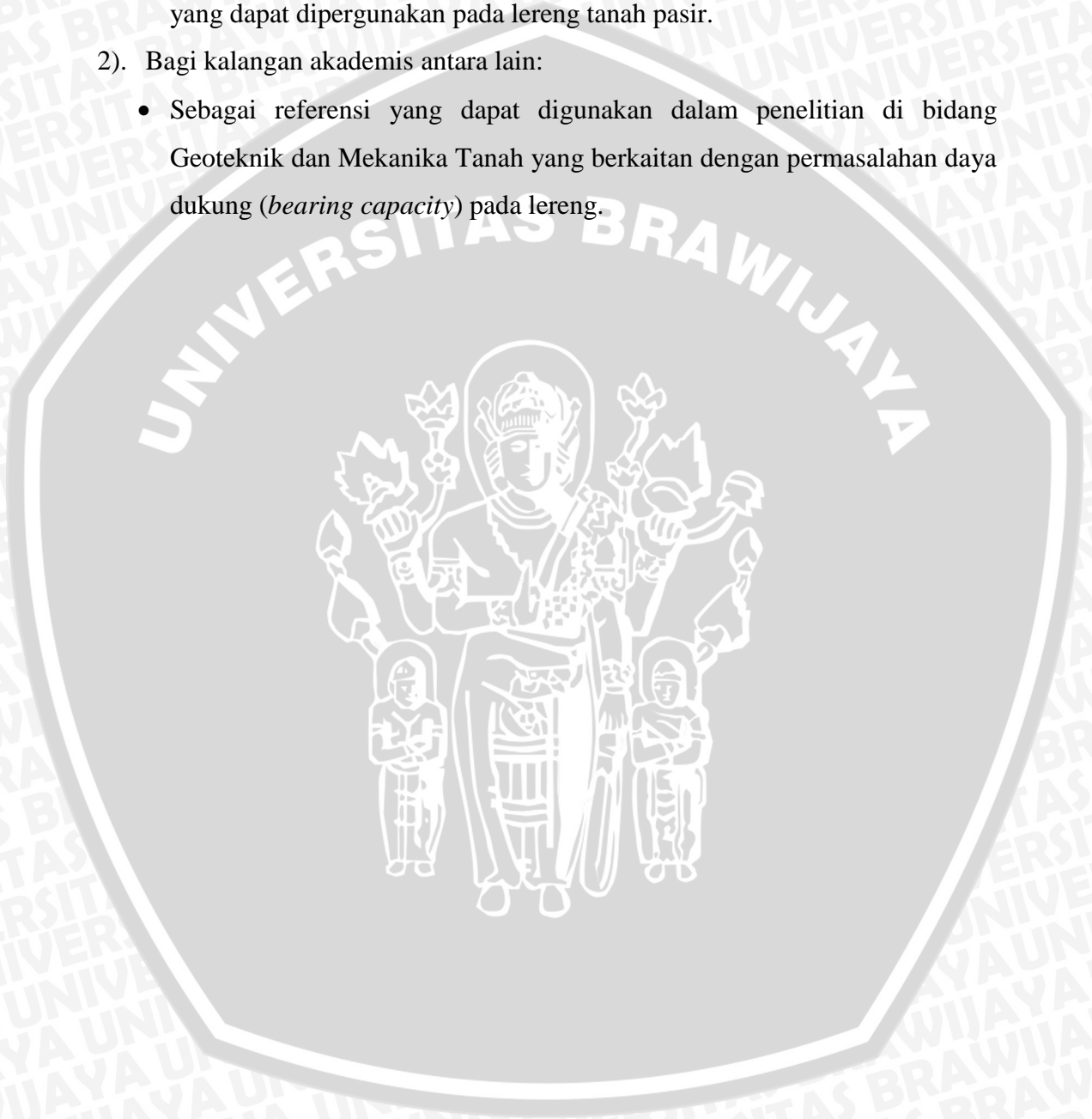
Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1). Bagi praktisi lapangan antara lain :

- Menjadi sumber informasi dan sebagai pertimbangan dalam suatu perencanaan kemiringan sudut lereng dan jarak pondasi ke tepi lereng yang dapat dipergunakan pada lereng tanah pasir.

2). Bagi kalangan akademis antara lain:

- Sebagai referensi yang dapat digunakan dalam penelitian di bidang Geoteknik dan Mekanika Tanah yang berkaitan dengan permasalahan daya dukung (*bearing capacity*) pada lereng.





BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pasir

2.1.1. Pengertian Pasir

Pasir adalah jenis tanah berbutir kasar yang butirannya dapat dilihat oleh mata, tetapi memiliki ukuran butiran kurang dari 2 mm. Tanah pasir disebut pasir kasar jika diameter butiran berkisar antara 2 – 0,6 mm, pasir sedang jika diameternya antara 0,6 – 0,2 mm, dan pasir halus jika diameternya antara 0,2 – 0,06 mm. (Hardiyatmo H.C., 2006: 2)

Pasir merupakan tanah non-kohefif karena memiliki butiran yang terpisah ketika keadaan kering dan melekat hanya apabila berada dalam keadaan basah akibat gaya tarik permukaan di dalam air. Tarikan permukaan memberikan tanah non-kohefif suatu kohefif semu (*apparent cohesion*) yang disebut demikian karena kohefif tersebut akan hilang apabila tanah itu benar-benar kering atau benar-benar jenuh. (Bowles J.E., 1993: 38)

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	1	2	6	10	20	60	200
	0,01			0,1								100	
Ukuran partikel (mm)													

Sumber : Craig, R.F. (1986 : 5)

2.1.2. Klasifikasi dengan Sistem *Unified*

Dalam perencanaan pondasi, klasifikasi tanah berguna sebagai petunjuk awal dalam memprediksi perilaku tanah. Pada penelitian ini digunakan system klasifikasi *Unified*. Dalam system klasifikasi ini, tanah dikelompokkan menjadi 2 kelompok yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Pengelompokkan ini didasarkan material yang lolos saringan nomer 200 (diameter 0,075 mm). Sistem klasifikasi *Unified* dapat dilihat pada **Tabel 2.2.**

Tabel 2.2 Sistem klasifikasi tanah *Unified*

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama Jenis	
Tanah berbutir kasar 50% ke atas berdasarkan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil bersih (sekitar atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus	
	Kerikil banyak mengandung butiran halus	GM	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
	Pasir lebih dari 50% dari total kasar (lebih dari 4,75 mm) dan lebih dari 25% lebih dari 0,075 mm	Kerikil bersih (sekitar atau tak ada butiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
Kerikil banyak mengandung butiran halus	SM	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
	SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
Tanah berbutir halus 50% atau lebih berdasarkan saringan no. 200 (0,075 mm)	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlempung, lempung kurus ("lean clays")	ML	Lempung tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlempung atau berlempung	
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlempung, lempung kurus ("lean clays")	
		OL	Lempung organik dan lempung berlempung organik dengan plastisitas rendah	
	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung lemak ("fat clays")	MH	Lempung tak organik atau pasir halus dengan plastisitas tinggi	
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung lemak ("fat clays")	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi	PT	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi		

Klasifikasi berdasarkan presentase butiran halus:
 GP: Lebih dari 2% lebih dari 200 (0,075 mm) saringan dan 5% lebih dari 425 (0,15 mm) saringan
 GW: Lebih dari 2% lebih dari 200 (0,075 mm) saringan dan 5% lebih dari 425 (0,15 mm) saringan
 GM: Lebih dari 2% lebih dari 200 (0,075 mm) saringan dan 5% lebih dari 425 (0,15 mm) saringan
 GP: Lebih dari 2% lebih dari 200 (0,075 mm) saringan dan 5% lebih dari 425 (0,15 mm) saringan
 GW: Lebih dari 2% lebih dari 200 (0,075 mm) saringan dan 5% lebih dari 425 (0,15 mm) saringan
 GM: Lebih dari 2% lebih dari 200 (0,075 mm) saringan dan 5% lebih dari 425 (0,15 mm) saringan

Diagram Plastisitas:
 Untuk mengidentifikasi butiran halus yang termasuk dalam tanah berbutir halus dan kasar berbutir kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang telah berbutir kasar akan memiliki garis yang menunjukkan nilai untuk.

Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

Sumber: Hardiyatmo H.C. (2006: 34)

- Keterangan :
- G = Kerikil (*gravel*)
 - S = Pasir (*sand*)
 - M = Lanau (*silt*, huruf M singkatan dari MO, bahasa Skandinavia)
 - C = Lempung (*clay*)
 - O = Organik (*organic*)
 - Pt = Gambut (*peat*)
 - W = Gradasi baik (*well graded*)
 - P = Gradasi buruk (*poor graded*)
 - L = Plastisitas rendah (*low plasticity*)
 - H = plastisitas tinggi (*high plasticity*)

2.1.3. Kuat Geser

Kuat geser tanah dinyatakan dalam persamaan Coulomb :

$$\tau = c + (\sigma - u) \text{tg } \phi \tag{2-1}$$

Dengan :

τ = Tahanan geser tanah

c = Kohesi

σ = Tegangan total

u = Tekanan air pori

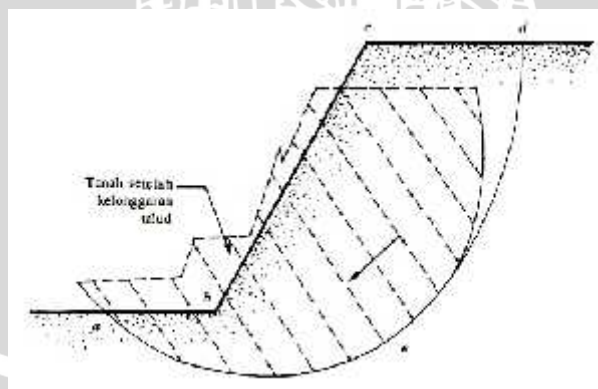
φ = Sudut geser dalam

Berdasarkan rumus di atas, karena tanah berbutir kasar tidak mempunyai komponen kohesi ($c = 0$), maka kuat geser pasir hanya bergantung pada gesekan antar butir tanah. Besarnya kuat geser ini berbanding lurus dengan tegangan normal. Tegangan normal adalah tegangan yang bekerja tegak lurus terhadap bidang gesernya.

(Hardiyatmo H.C., 2006: 13)

2.2. Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dengan sudut tertentu terhadap bidang horizontal. Lereng dapat terjadi secara alamiah atau buatan. Bila permukaan tanah tidak datar, maka komponen berat tanah yang sejajar dengan kemiringan lereng akan menyebabkan tanah bergerak ke arah bawah seperti pada **Gambar 2.1**. Bila komponen berat tanah tersebut cukup besar, kelongsoran lereng dapat terjadi, yaitu tanah dalam zona $a b c d e a$ dapat menggelincir ke bawah. Hal ini dikarenakan gaya dorong akibat berat tanah melampaui gaya penahan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor.



Gambar 2.1 Kelongsoran lereng

Sumber: Das, B.M. (1995: 166)

Pengamatan kelongsoran lereng oleh Collin (1846) menunjukkan bahwa kebanyakan peristiwa longsor tanah terjadi dengan bentuk bidang longsor yang berupa lengkungan.

Lengkung bidang longsor dapat berbentuk bidang lingkaran (silinder), spiral logaritmis ataupun kombinasi dari keduanya. (Hardiyatmo H.C., 2002: 347)

2.3. Geosintetik

2.3.1. Pengertian Geosintetik

Ditinjau dari kata Geosintetik (*Geosynthetic*) dimana *Geo* berarti *earth* (tanah atau bumi) *Synthetic* berarti *human-made product / material* (produk atau bahan buatan manusia). Oleh *The American Society for Testing and Materials* (ASTM) mendefinisikan *Geosynthetic* dalam terminologi D4439 sebagai produk planar yang dibuat dari bahan polimer, yang digunakan pada tanah, batuan, atau materi geoteknik lainnya, sebagai pelengkap dalam sebuah proyek, struktur maupun sistem buatan.

Secara sederhana, geosintetik didefinisikan sebagai produk buatan dari bahan polimer yang berfungsi untuk memperbaiki perilaku tanah. Hingga saat ini beberapa jenis geosintetik telah dikembangkan sesuai dengan kebutuhan. Berikut adalah beberapa jenis geosintetik yang dapat kita temui :

- *Geotextile* / Geotekstil
- *Geosynthetics Clay Liner*
- Geopipe
- Geogrid
- Geocomposites / Geokomposit
- Geomembrane / Geomembran
- Geofoam
- Geo-other
- Geonet
- Geocell

Fungsi dari bermacam jenis Geosintetik dijelaskan dalam **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3. Fungsi bermacam jenis Geosintetik

	Geotextile	Geo-membrane	Geogrid	GCL	Geocomposite sheet drain	Geocomposite strip (wick) drain	Geocell	Erosion control product	HDPE vertical barrier
Separation	X	X			X				
Reinforcement	X		X				X		
Filtration	X				X				
Drainage	X				X	X			
Barrier	X ^a	X		X					X
Protection	X			X	X		X	X	

^aAsphalt-saturated geotextiles.

Sumber : Zonberg, Jorge G. 2007. *Geosynthetics*

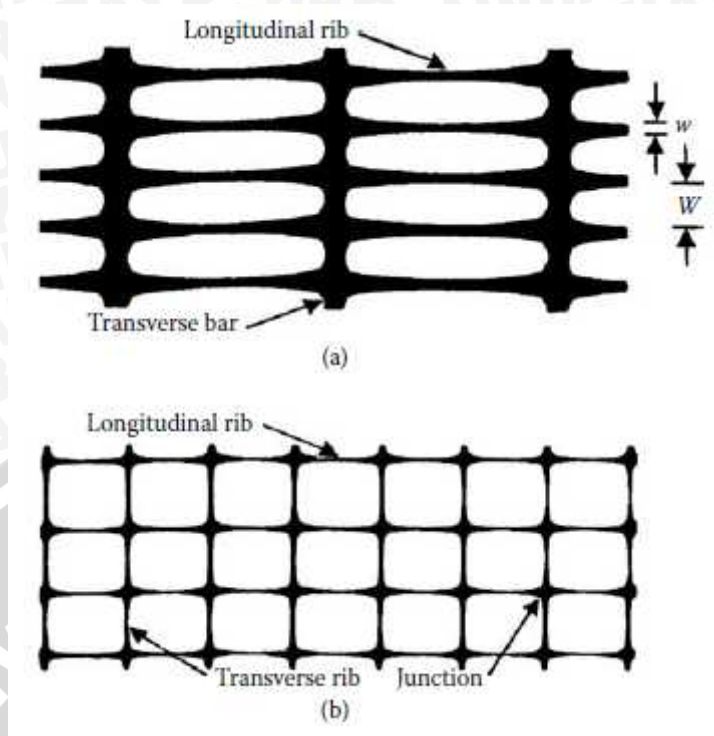
2.3.2. Geogrid

2.3.2.1. Pengertian Geogrid

Geogrid merupakan salah satu jenis geosintetik yang berbentuk jaring (*web*) terbuka. Fungsi geogrid yang utama adalah sebagai perkuatan. Penguatan mengacu pada mekanisme dimana sifat teknis tanah komposit/agregat dapat ditingkatkan secara mekanis. (Braja, 2009) Geogrid dibentuk oleh suatu jaring teratur dengan elemen-elemen tarik dan mempunyai bukaan berukuran tertentu sehingga saling mengunci (*interlock*) dengan bahan pengisi di sekelilingnya. (DPU, 2009: 3)

2.3.2.2. Jenis Geogrid

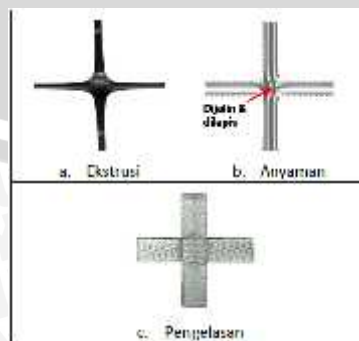
Geogrid umumnya terdiri dari dua jenis: (a) geogrid biaksial dan (b) geogrid uniaksial. Tipe-tipe geogrid tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.2**. Geogrids uniaksial dibuat dengan peregangan suatu lembaran ekstrusi *high-density polyethylene* pada satu arah dalam kondisi yang terkendali dengan hati-hati. Proses ini akan meluruskan molekul rantai panjang pada polimer dalam arah imbang dan menghasilkan produk dengan kekuatan tarik satu-arah dan modulus yang tinggi.



Gambar 2.2 Jenis geogrid: (a) Uniaksial; (b) Biaksial
 Sumber : Das, B.M. 2011, *Shallow Foundation second edition*

Geogrids biaksial dibuat dengan peregangan lembaran *polypropylene* dalam dua arah orthogonal. Proses ini menghasilkan produk dengan kekuatan tarik dan modulus yang tinggi dalam dua arah tegak lurus. Lubang yang dihasilkan adalah kotak, baik persegi atau persegi panjang.

Geogrid dapat pula dibedakan dari cara penggabungan elemen memanjang dan melintang. Teknologi cara penggabungan kedua elemen tersebut saat ini dilakukan dengan metoda ekstrusi, anyaman dan pengelasan. Bentuk penggabungan geogrid dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Jenis penggabungan elemen geogrid
 Sumber : DPU, 2009, Modul Pelatihan Geosintetik Vol.1

Geogrid ekstrusi dibuat dari lembaran polimer dalam dua atau tiga tahap pemrosesan. Tahap pertama mencakup pemasukan lembaran polimer ke dalam mesin pelubang sehingga membentuk lubang-lubang dalam pola *grid* yang teratur. Tahap kedua, lembaran polimer berlubang tersebut dipanaskan dan ditarik dalam arah mesin. Proses penarikan tersebut mengorientasikan arah molekul polimer rantai panjang ke arah penarikan sehingga meningkatkan kuat tarik dan kekakuan tarik. Proses tersebut bisa dihentikan pada tahap ini dan produk akhirnya adalah geogrid uniaksial. Geogrid uniaksial tersebut dapat melalui tahap ketiga untuk dipanaskan dan ditarik ke arah melintang sehingga menghasilkan geogrid biaksial. (DPU, 2009: 19)

Geogrid anyaman dibuat dengan proses merajut polimer multifilamen. Ketika filamen-filamen tersebut berpotongan, dilakukan suatu proses sehingga saling menyilang untuk membentuk titik pertemuan yang kuat. Titik-titik pertemuan tersebut biasanya dilapis dengan akrilik atau PVC. (DPU, 2009: 19)

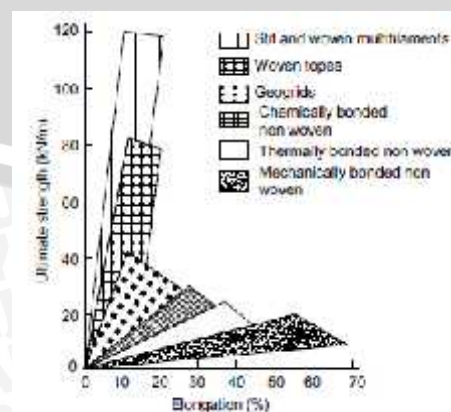
Geogrid dengan pengelasan dilakukan menggunakan laser ataupun *ultrasonic* terhadap pita-pita PP atau PET pada titik pertemuannya. (DPU, 2009: 19)

2.3.2.3. Karakteristik Geogrid sebagai Bahan Perkuatan

2.3.2.3.1. Kekuatan Tarik

Kuat tarik didefinisikan sebagai tegangan tarik maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji pada titik keruntuhan. Seluruh aplikasi geosintetik bergantung pada sifat mekanik ini baik sebagai fungsi primer maupun fungsi sekunder. (DPU, 2009:40)

Gambar 2.4 menampilkan tipikal sifat kekuatan geosintetik . Geogrid mempunyai kuat tarik dan modulus tarik yang tinggi pada tingkat regangan yang rendah bahkan pada regangan 2%. (DPU, 2009: 45)



Gambar 2.4 Kekuatan tarik produk geosintetik

Sumber : DPU, 2009, Modul Pelatihan Geosintetik Vol.1

2.3.2.3.2. Interaksi antara Tanah dengan Geogrid

Jika geosintetik digunakan sebagai perkuatan tanah, harus terjadi ikatan antara tanah dengan geosintetik untuk mencegah tanah tergelincir di atas geosintetik atau geosintetik tercabut dari tanah ketika kuat tarik termobilisasi pada geosintetik. Ikatan antara tanah dan geosintetik tergantung dari interaksi pada bidang kontakannya. Interaksi tanah geosintetik (karakteristik gesek dan/atau kuncian/interlocking) merupakan elemen kunci dari kinerja dinding penahan tanah, lereng dan timbunan yang diperkuat geosintetik. (DPU, 2009: 50-51)

Geogrid yang merupakan salah satu produk geosintetik memiliki fasilitas interlocking. Dengan kemampuan interlocking, mengakibatkan ikatan antara geogrid dengan tanah lebih besar dibandingkan dengan geotekstil. Kemampuan tersebut membuat geogrid tergolong sebagai bahan perkuatan, khususnya pada kasus perkuatan lereng.

2.3.2.3.3. Rangkak

Rangkak (*creep*) adalah elongasi geosintetik akibat beban konstan. Perilaku rangkak dari geosintetik perlu dievaluasi mengingat sifat polimer merupakan bahan yang sensitif terhadap rangkak. (DPU, 2009: 58)

Rangkak adalah faktor yang penting untuk diperhatikan pada struktur dengan perkuatan geosintetik seperti dinding penahan tanah, perkuatan lereng, perkuatan dan timbunan di atas tanah lunak. Dalam aplikasi tersebut, diperlukan geosintetik yang tahan terhadap tegangan tarik dalam jangka waktu yang lama (biasanya lebih dari 75 tahun). (DPU, 2009: 58)

2.3.2.3.4. Daya Bertahan

Sifat daya bertahan berhubungan dengan ketahanan geosintetik pada saat instalasi di lapangan. Sifat-sifat tersebut adalah:

- Kuat robek: kemampuan geosintetik menahan tegangan yang menyebabkan terjadinya penambahan panjang robekan dari robekan yang sudah ada. Biasanya hal ini terjadi saat instalasi
- Kuat tusuk: kemampuan geosintetik menahan tegangan lokal yang diakibatkan oleh tusukan benda seperti batu, akar tanaman.
- Kuat tusuk dinamis: kemampuan geosintetik menahan tegangan akibat benturan benda dan penetrasi dari benda jatuh seperti batu, alat bantu konstruksi, selama proses pemasangan geosintetik.

- Kuat jebol: kemampuan geosintetik menahan tekanan normal ketika terkekang di segala arah. Kuat jebol mensimulasikan kondisi di lapangan
- Kuat fatig: kemampuan geosintetik menahan beban berulang sebelum terjadinya keruntuhan. (DPU, 2009: 48-49)

2.3.2.4. Geogrid sebagai Bahan Perkuatan Tanah

Sifat tarik bahan geosintetik dimanfaatkan untuk menahan tegangan atau deformasi pada struktur tanah. Untuk fungsi ini, geosintetik banyak digunakan untuk perkuatan timbunan di atas tanah lunak, perkuatan lereng dan dinding tanah yang distabilisasi secara mekanis (*mechanically stabilized earth wall*, MSEW).

Geogrid memiliki tingkat kekakuan dan kekuatan yang cukup tinggi. Selain itu juga dilengkapi dengan kemampuan interlocking yang mengakibatkan interaksi dengan tanah semakin kuat. Geogrid sangat aplikatif digunakan sebagai bahan perkuatan seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 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 : DPU, 2009, Modul Pelatihan Geosintetik Vol.1

2.3.2.5. Panjang Penyaluran Geogrid

Anil kumar dan K. Ilamparuthi (2009) telah meneliti tentang pondasi menerus di atas lereng pasir dengan perkuatan geogrid. Berdasarkan hasil yang mereka peroleh, terdapat pengaruh yang signifikan terhadap besarnya daya dukung pondasi terhadap panjang perkuatan geogrid yang diaplikasikan ke pemodelan lereng pasir. Dari **Tabel 2.5** terlihat bahwa semakin panjang perkuatan geogrid, maka semakin besar daya dukung pondasi yang dicapai.

Tabel 2.5 Pengaruh panjang perkuatan geogrid terhadap daya dukung pondasi pada lereng pasir

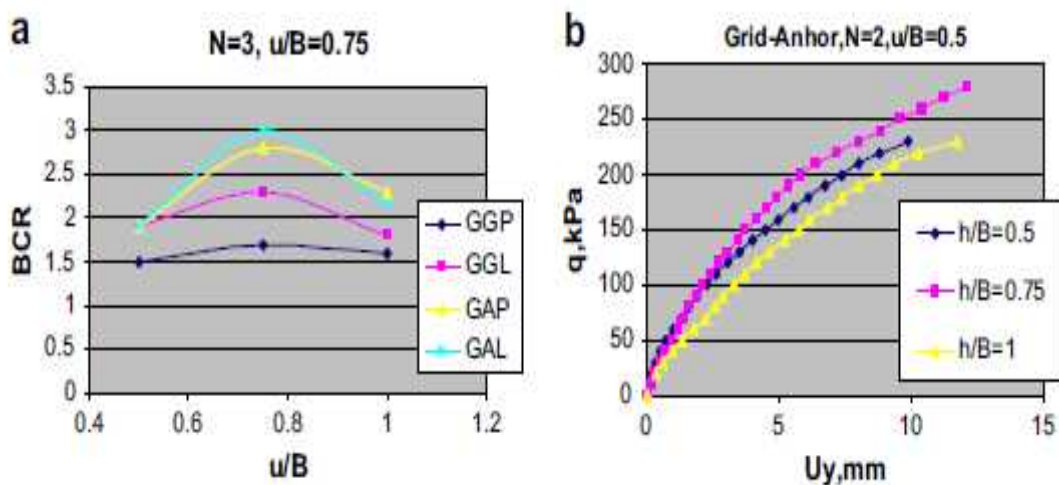
L/B	Ultimate bearing capacity, (kN/m^2)		Increment (%)
	Reinforcement Below Footing	Unreinforced Slope	
1.	43	34	26
2.	110	34	224
3.	120	34	253

Sumber : S. V. Anil Kumar dan K Ilamparuthi, 2009

Saat panjang perkuatan geogrid sebesar $2B$, terjadi peningkatan daya dukung yang cukup signifikan. Peningkatan yang cukup besar ini merupakan akibat dari mekanisme pondasi dalam, yang mana lapisan tanah di bawah pondasi sampai dengan tepi akhir zona perkuatan bertindak sebagai bagian dari pondasi itu sendiri. Perkuatan geogrid dengan panjang sebesar $2B$ ini dapat diterapkan pada kasus dimana daya dukung pada suatu pondasi perlu ditingkatkan. Panjang perkuatan sebesar $2B$ ini juga bisa dianggap sebagai salah satu parameter yang menghasilkan kemampuan paling efektif dari perkuatan geogrid.

2.3.2.6. Jarak Antar Lapisan Geogrid

Saeed Alamshahi dan Nader Hataf (2009) telah meneliti tentang pengaruh perkuatan geogrid dan geogrid-anchor terhadap daya dukung pondasi pada lereng pasir. Salah satu parameter yang diteliti adalah spasi antar lapisan geogrid yang disimbolkan dengan h . Variasi rasio spasi vertikal antar lapisan geogrid (h/B) ini antara lain $0,5$, $0,75$, dan $1,0$.



Gambar 2.5. Pengaruh rasio u/B pada daya dukung pondasi: (a) BCR, dan (b) Kurva *load-settlement*

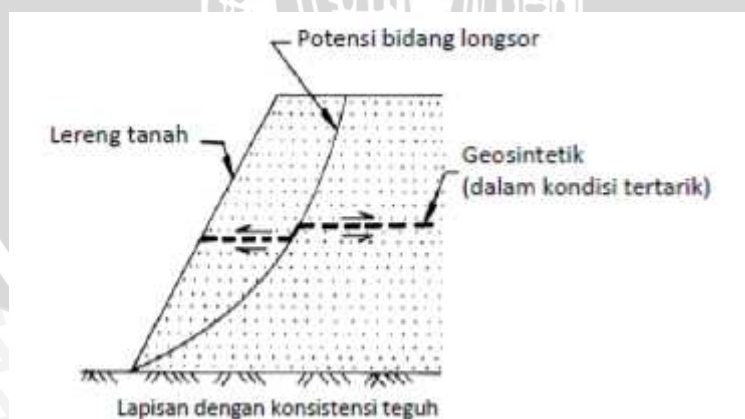
Sumber : Saeed Alamshahi dan Nader Hataf, 2009

Berdasarkan penelitian mereka, spasi vertikal optimum yang diperoleh sebesar $0,75B$. Hal tersebut ditunjukkan pada trend grafik yang ditunjukkan pada **Gambar 2.5**. Pada grafik tersebut terlihat jelas bahwa pada rasio $h/B = 0,75$, nilai daya dukung menunjukkan nilai maksimum dibandingkan rasio yang lain baik yang ditunjukkan oleh nilai BCR dan q_u itu sendiri. Oleh karena itu, merujuk penelitian yang dilakukan Saeed Alamshahi dan Nader Hataf ini, penulis menggunakan parameter jarak antar lapisan geogrid sebesar $0.75B$. Lebar pondasi yang digunakan penulis sebesar 4 cm, sehingga jarak vertikal antar lapisan geogrid yang dipakai adalah 3 cm pada pemodelan.

2.3.2.7. Mekanisme Kerja Geogrid pada Tanah

Geosintetik, khususnya geogrid memiliki banyak kegunaan dalam rekayasa teknik sipil. Salah satunya adalah sebagai fungsi stabilisasi tanah untuk meningkatkan sifat mekanis massa tanah, meningkatkan faktor keamanan lereng dan menstabilkan lereng dengan kemiringan curam (kurang dari 70°).

Lereng tanah yang diperkuat umumnya terdiri dari timbunan padat yang digabungkan dengan perkuatan geogrid yang disusun kearah horisontal. Ketika tanah dan geogrid 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.

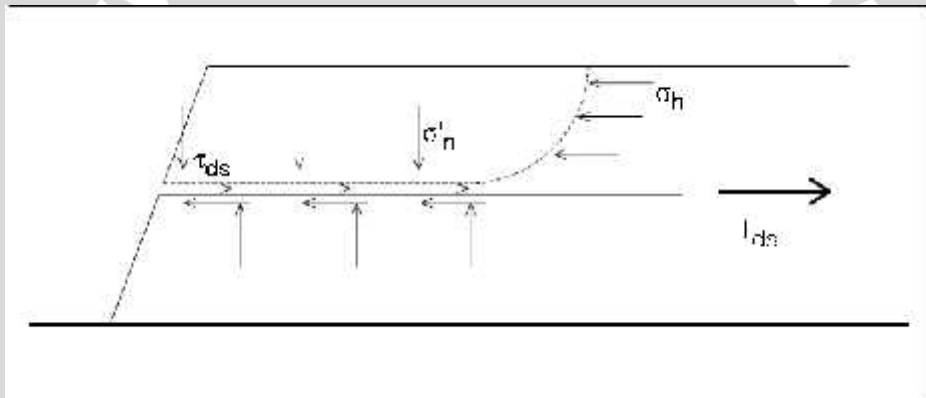


Gambar 2.6. Dasar mekanisme perkuatan lereng tanah dengan geosintetik
Sumber: DPU. (2009 : 2)

2.3.2.8. 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.

Mekanisme kegagalan luncur dapat dilihat pada **Gambar 2.7**. Gaya penahan untuk kegagalan luncur ini berasal dari hambatan lekat antara geogrid dengan tanah sehingga menimbulkan tahanan geser. Tahanan geser tersebut juga dipengaruhi oleh besarnya tegangan normal di atas perkuatan geogrid. Tegangan normal di atas perkuatan geogrid tersebut tidak hanya berasal dari massa tanah, tetapi bisa juga dari berat beban di atas lereng.



Gambar 2.7. Mekanisme kegagalan luncur pada perkuatan geogrid
Sumber : Rimoldi (2015 : 10)

Tahanan geser untuk kegagalan luncur adalah sebagai berikut

$$\tau_{ds} = \sigma'_n \cdot f_{ds} \cdot \tan \Phi' \quad (2-2)$$

Dengan :

τ_{ds} = tahanan geser kegagalan luncur

σ'_n = tegangan normal efektif di atas perkuatan

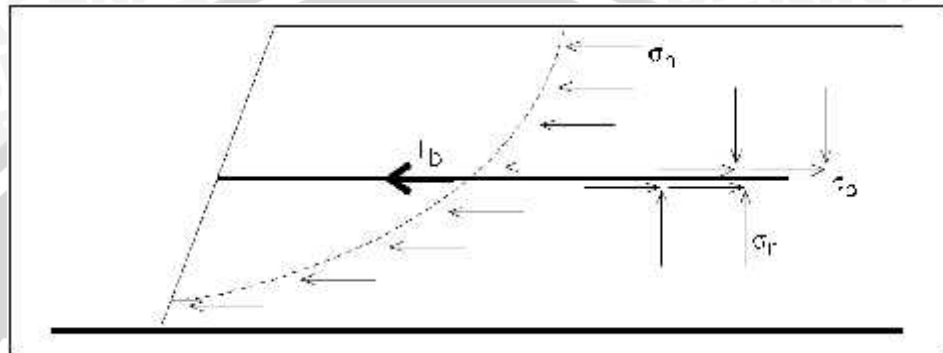
f_{ds} = faktor luncur langsung

Φ' = sudut geser tanah (dari *direct shear test*)

Maka gaya penahan untuk kegagalan luncur ini adalah

$$T_{ds} = L \cdot B \cdot \tau_{ds} \quad (2-3)$$

Mekanisme kegagalan cabut dapat dilihat pada **Gambar 2.8**. Gaya penahan untuk kegagalan cabut berupa tahanan geser yang juga berasal dari hambatan lekat geogrid dengan tanah, khususnya di atas dan di bawah permukaan geogrid. Tahanan geser tersebut juga dipengaruhi oleh besarnya tegangan normal diatas permukaan geogrid.



Gambar 2.8. Mekanisme kegagalan cabut pada perkuatan geogrid
Sumber : Rimoldi (2015 : 11)

Tahanan geser untuk kegagalan cabut adalah sebagai berikut

$$\tau_b = \sigma_n' \cdot f_{po} \cdot \tan \phi' \quad (2-4)$$

Dengan :

T_b = tahanan geser kegagalan cabut

σ_n' = tegangan normal efektif di atas perkuatan

f_{po} = faktor cabut

Φ' = sudut geser tanah (dari *direct shear test*)

Maka gaya penahan untuk kegagalan cabut ini adalah

$$T_b = 2 \cdot L \cdot B \cdot \tau_b \quad (2-5)$$

Apabila geogrid menahan gaya akibat masa tanah dan beban luar yaitu P sehingga merupakan fungsi dari tekanan tanah lateral σ_h , maka diperlukan panjang geogrid yang cukup untuk menahan kedua mekanisme kegagalan. Panjang geogrid yang dibutuhkan untuk kegagalan luncur dan cabut berdasarkan mekanisme di atas adalah sebagai berikut.

- Panjang penyaluran untuk kegagalan luncur :

$$L_{cs} = \frac{P}{B \cdot \tau_{cs}} \quad (2-6)$$

➤ Panjang penyaluran untuk kegagalan cabut :

$$L_b = \frac{P}{2 \cdot B \cdot \tau_{cs}} \quad (2-7)$$

2.4. Pondasi Dangkal

2.4.1. Tegangan Kontak

Tegangan yang bekerja di bawah pondasi akibat beban struktur di atasnya disebut tegangan kontak (*contact pressure*). Rumus untuk menghitung tegangan kontak adalah sebagai berikut. (ISBN., 979-8382-50-1:24)

$$\sigma = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_x \cdot X}{I_y} \pm \frac{M_y \cdot Y}{I_x} \quad (2-8)$$

Dengan :

σ = Tegangan kontak

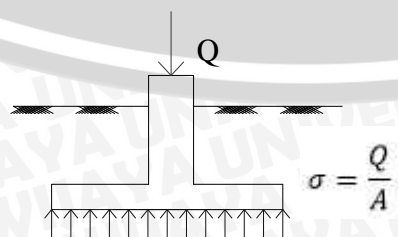
Q = Beban aksial total

M_x, M_y = Momen terhadap sumbu x dan y penampang pondasi

X, Y = Jarak antara titik pusat penampang pondasi ke titik dimana tegangan kontak dihitung prespektif sumbu x dan y

I_x, I_y = Momen inersia penampang pondasi terhadap sumbu x dan y

Apabila beban aksial pada penampang pondasi tersebut sentris tegak lurus titik pusat penampang pondasi dan tidak ada momen yang bekerja pada pondasi tersebut, maka tegangan kontak menjadi sama besar pada keseluruhan penampang pondasi. Tegangan kontak tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.9**. (ISBN., 979-8382-50-1:24)



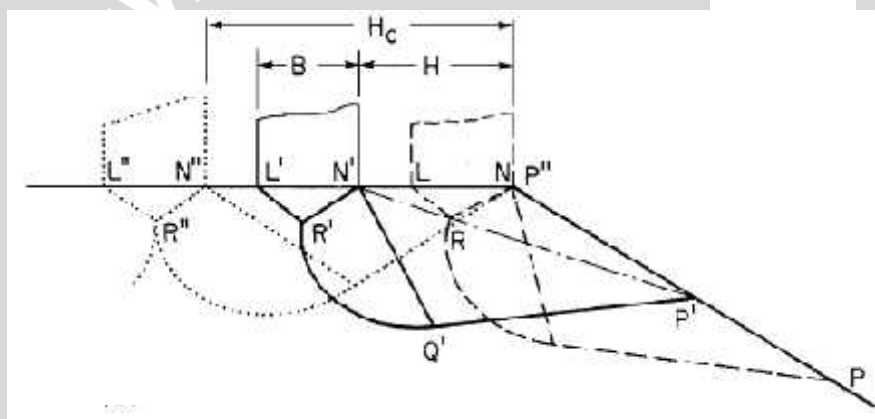
Gambar 2.9. Tegangan kontak akibat beban aksial sentris

Sumber: ISBN (979-8382-50-1:25)

2.4.2. Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi pada Lereng

Graham, Andrews, dan Shields (1987) dalam jurnalnya yang berjudul “*Stress characteristics for shallow footings in cohesionless slopes*” memberikan gambaran mengenai mekanisme keruntuhan pondasi di atas lereng. Skema zona keruntuhan dapat dilihat pada **Gambar 2.10**. Terlihat bahwa zona runtuh PNQ dan zona *trapped wedge* LNR bergantung jarak pondasi ke tepi lereng H. Semakin jauh nilai H, maka zona keruntuhan berlaku seperti keruntuhan geser umum.

Suatu nilai H dimana mekanisme pondasi sudah seperti keruntuhan geser umum dinamakan *critical setback distance* dan diberi simbol H_c . Besarnya nilai H_c bergantung pada besarnya sudut geser pada tanah. Variasi nilai H_c menurut Graham dapat dilihat pada **Tabel 2.6**.



Gambar 2.10. Skema zona keruntuhan pondasi di atas lereng
Sumber : Graham dkk, (1987)

Tabel 2.6 Rasio H_c/B terhadap sudut geser tanah

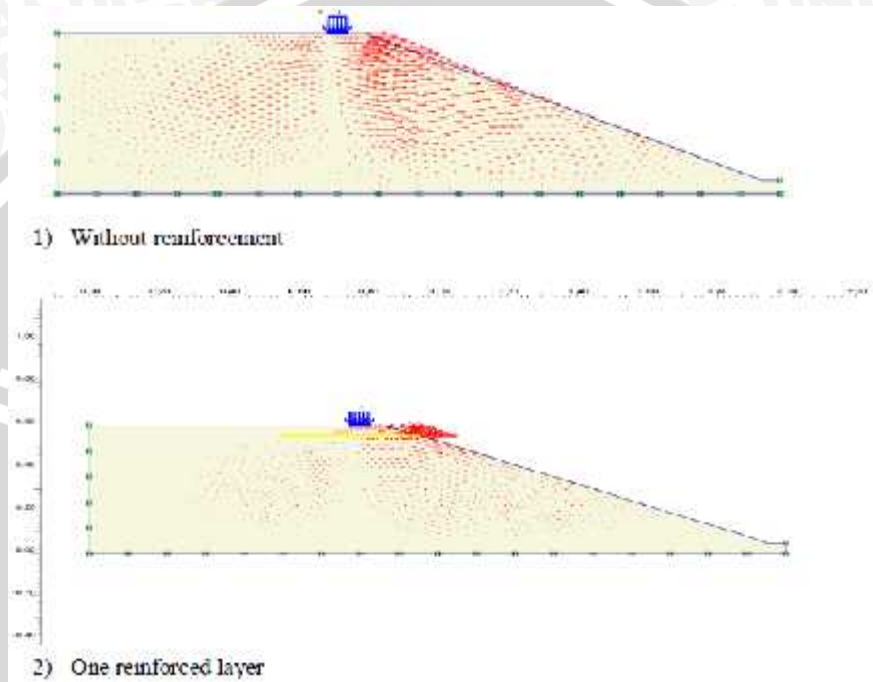
Angle of shearing resistance ϕ (deg)	30	35	40	45
Critical setback distance H_c/B	1.2	2.0	2.7	3.5

Sumber : Graham dkk, (1987)

2.4.3. Pola Keruntuhan Di Bawah Pondasi pada Lereng dengan Perkuatan

Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe (2009) meneliti tentang mode keruntuhan pondasi pada lereng pasir dengan perkuatan geotekstil. Metode yang digunakan adalah numerik berupa elemen hingga (*finite element*). Parameter yang digunakan antara lain jarak pondasi ke tepi lereng sebesar B dan sudut kemiringan lereng 30° . Lereng menggunakan satu lapis perkuatan dengan kedalaman $0,5B$ dari dasar pondasi.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kekuatan geotekstil memberikan pengaruh besar dalam tingkat deformasi tanah. Pada **Gambar 2.11** terlihat bahwa vektor deformasi partikel tanah dengan perkuatan berkurang secara signifikan dibandingkan tanpa perkuatan. Tahanan lateral yang diciptakan lapisan geotekstil membatasi partikel tanah berpindah ke sekitarnya dan deformasi pada lereng. Pola keruntuhan juga dapat diprediksi dengan melihat deformasi partikel tanah tersebut.



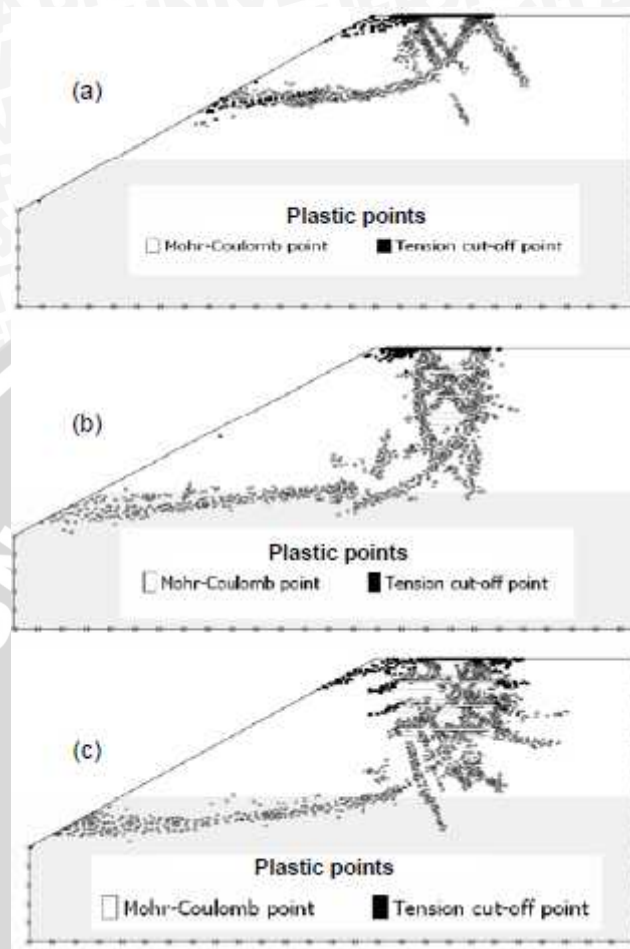
Gambar 2.11 Displacement vector pada pemodelan lereng pasir
Sumber : Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe, 2013

Pada lereng dengan perkuatan geotekstil, titik-titik plastis juga terletak di atas lapisan tanah diatas geotekstil. Hanya sebagian kecil titik-titik plastis terletak di bawah lapisan perkuatan. Hal ini menunjukkan bahwa kegagalan geser lereng diperkirakan terjadi pada zona yang lebih dalam di bawah lapisan perkuatan.

Anil kumar dan K. Ilamparuthi (2009) juga melakukan penelitian pondasi menerus di atas lereng pasir dengan perkuatan geogrid. Untuk mengetahui mekanisme keruntuhan, mereka menggunakan metode elemen hingga. Suatu percobaan experimental dilakukan sebagai validasi pemodelan lereng dengan memplotkan kedua grafik load-settlement dari percobaan experimental dan elemen hingga.

Berdasarkan penelitian mereka, mekanisme keruntuhan terlihat jelas dengan memperhatikan titik-titik plastis baik pada lereng tanpa perkuatan dan dengan perkuatan

geogrid, seperti yang terlihat pada **Gambar 2.12**. Zona segitiga plastis pada lereng dengan perkuatan yang terbentuk lebih dalam dibandingkan pada lereng tanpa perkuatan.



Gambar 2.12. Titik-titik plastis yang terbentuk dibawah pondasi pada lereng : (a) Tanpa perkuatan, (b) Panjang perkuatan $L = B$, (c) Panjang perkuatan $L = 2B$
 Sumber : S. V. Anil Kumar dan K Ilamparuthi, (2009)

2.5. Teori Daya Dukung Pondasi

2.5.1. Pengertian Daya Dukung Pondasi

Daya dukung (*bearing capacity*) adalah kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi dari struktur yang terletak di atasnya. Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya. Analisis-*analisis* daya dukung dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan. Persamaan yang dibuat dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Analisisnya dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berkelakuan sebagai bahan yang bersifat plastis. Konsep ini pertama kali dikenalkan oleh Prandtl (1921), yang kemudian

dikembangkan oleh Terzaghi (1943), Meyerhof (1955) dan lainnya (Hardiyatmo, H.C., 2011: 110-111)

2.5.2. Daya Dukung Pondasi Dangkal

2.5.2.1. Solusi Meyerhof

Meyerhof memberikan solusi teoritis untuk menentukan besarnya daya dukung ultimit pada pondasi dangkal diatas lereng. Solusi tersebut merupakan pengembangan dari persamaan daya dukung batas pondasi dangkal pada tepi lereng. Solusi daya dukung batas berdasarkan meyerhof ditulis sebagai berikut.

$$q_u = cN_{cq} + \frac{1}{2} \gamma BN_{\gamma q} \quad (2-9)$$

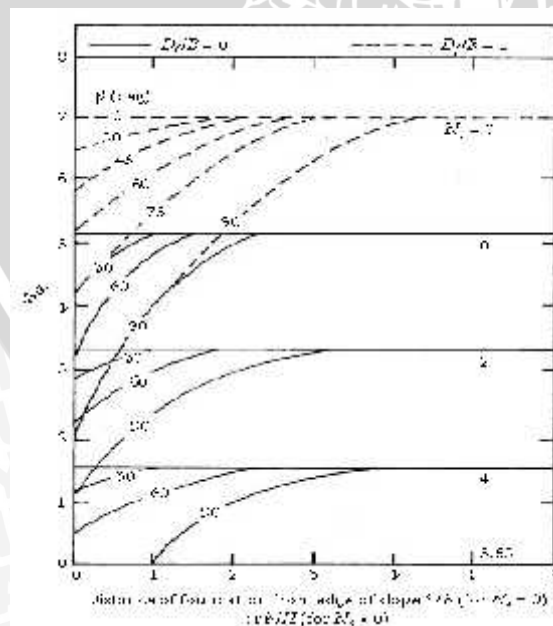
Untuk tanah kohesif ($\phi = 0$) persamaan diatas menjadi

$$q_u = cN_{cq} \quad (2-10)$$

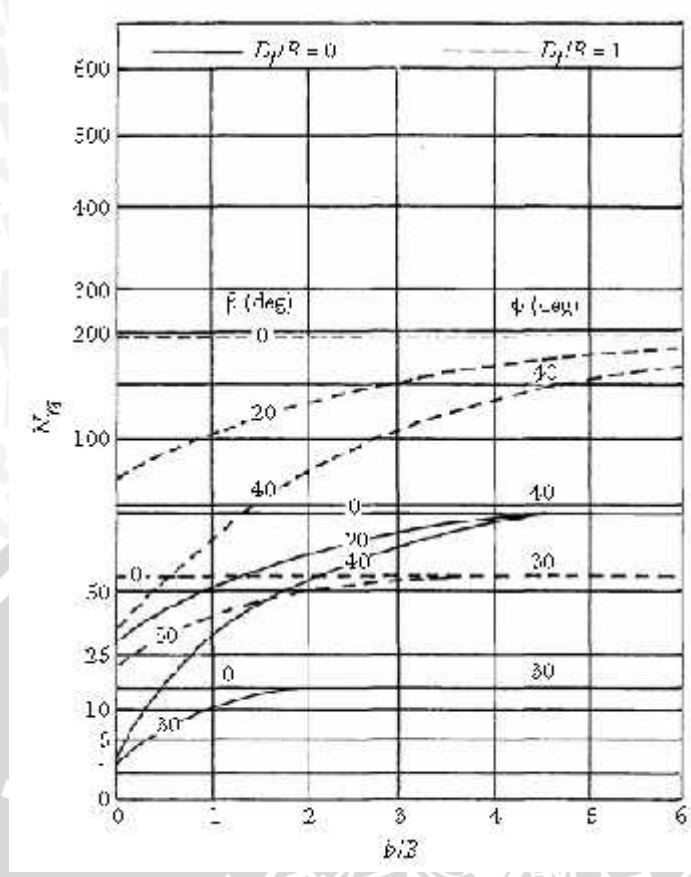
Sedangkan, untuk tanah granular ($c = 0$)

$$q_u = \frac{1}{2} \gamma BN_{\gamma q} \quad (2-11)$$

Besarnya parameter N_{cq} dan $N_{\gamma q}$ dapat dilihat pada **Gambar 2.13** dan **Gambar 2.14** berikut ini.



Gambar 2.13. Faktor daya dukung Meyerhof N_{cq} untuk tanah kohesif
Sumber : Das, B.M (2011)



Gambar 2.14. Faktor daya dukung Meyerhof N_{rq} untuk tanah granular/pasir
 Sumber : Das, B.M. (2011)

Sebagai catatan bahwa N_s adalah angka stabilitas lereng (*slope stability number*), dan dirumuskan sebagai berikut.

$$N_y = \frac{\gamma H}{c} \tag{2-12}$$

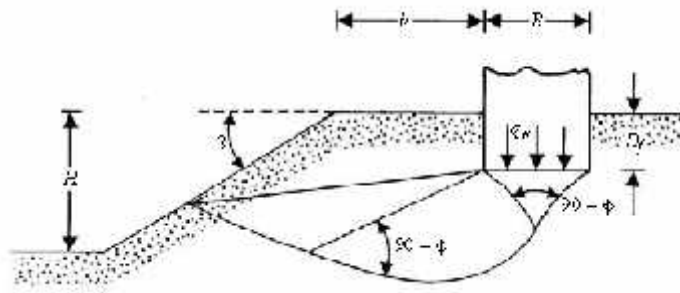
Dengan :

γ = berat jenis tanah

c = nilai kohesi tanah

H = tinggi lereng





Gambar 2.15. Pondasi dangkal diatas lereng
Sumber : Das, B.M. (2011)

2.5.2.2. Solusi Gempeline (1990)

Shields bersama dengan peneliti lainnya telah mencoba melakukan penelitian terhadap faktor daya dukung N_q untuk sebuah pondasi pada lereng yang memiliki sudut geser yang rendah. Pada penelitian yang dilakukan oleh Shields, digunakan pemodelan pada *box* pasir berukuran besar dengan panjang 15 m dan lebar 2 m dan tinggi 2,2 m. Sebuah lereng dengan perbandingan $H : V$ yaitu 2 : 1 dipilih sebagai pemodelan karena dianggap ukuran tersebut adalah uluran standar dari sebuah lereng, lereng dibuat dengan faktor-faktor penentu yang ada. Dari percobaan tersebut Shields melaporkan prosentase daya dukung tanah datar yang ia temukan dengan menggunakan persamaan Gempeline untuk menghitung nilai N_q dan menggunakan persamaan daya dukung Meyerhof untuk tanah datar.

Adapun persamaan Gempeline adalah sebagai berikut :

$$N_{yq} = f_{\phi} \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/Lp} \times f_{D/B, B/Lp} \times f_{\alpha, b/B} \times f_{\alpha, b/D, D/B} \times f_{\alpha, b/B, B/Lp} \quad (2-13)$$

Dengan :

ϕ = sudut geser dalam tanah ($^{\circ}$)

α = sudut kemiringan lereng ($^{\circ}$)

B = lebar pondasi (inchi)

D = kedalaman pondasi (inchi)

L_p = panjang pondasi (inchi)

b = jarak pondasi ke puncak lereng (inchi)

$f = 10^{(0,1159\phi - 2,386)}$

$f_B = 10^{(0,34 - 0,2 \log B)}$

$f_{D/B} = 1 + 0,65 (D/B)$

$f_{B/L} = 1 - 0,27 (B/L)$

$$f_{D/B, B/Lp} = 1 + 0,39 (D/L)$$

$$f_{, b/B} = 1 - 0,8 [1 - (1 - \tan \quad)^2] \{ 2/[2 + (b/B)^2 \tan \quad] \}$$

$$f_{, b/D, D/B} = 1 + 0,6 (B/L) [1 - (1 - \tan \quad)^2] \{ 2/[2 + (b/B)^2 \tan \quad] \}$$

$$f_{, b/B, B/L} = 1 + 0,33 (D/B) \tan \quad \{ 2/[2 + (b/B)^2 \tan \quad] \}$$

2.6. Bearing Capacity Improvement (BCI)

Pengaruh adanya perkuatan baik menggunakan geotekstil ataupun perkuatan yang lain digambarkan dalam bentuk besaran non-dimensional yang biasanya disebut BCI. *Bearing Capacity Improvement* (BCI) adalah suatu perbandingan 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 (S.M. Marandi, 2008; P.K. haripal dkk, 2008; E. C. shin dkk, 2000; J. Thanapalasingam dkk, 2008; M.J. Kenny dkk, 1997) dan daya dukung pada penurunan yang sama atau BCI_s (A. Zahmatkesh dkk, 2010; S. M. Marandi, 2008)

Dari penelitian ini dapat diketahui peningkatan daya dukung (*Bearing Capacity Improvement*) dengan membandingkan daya dukung dengan dan tanpa perkuatan geogrid, sebagai berikut :

$$BCI = \frac{q}{q_0} \quad (2-14)$$

Dengan :

BCI = *Bearing Capacity Improvement*

q = Daya dukung lereng dengan perkuatan geogrid

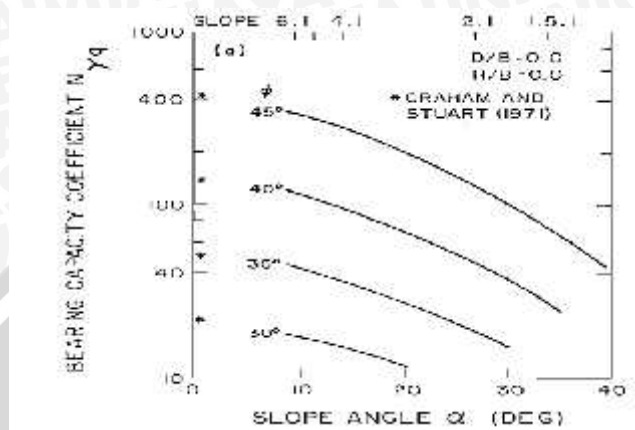
q₀ = Daya dukung tanpa perkuatan geogrid

2.7. Pengaruh Sudut Kemiringan Lereng terhadap Daya Dukung Pondasi

Graham, Andrews, dan Shields (1987) selain meneliti tentang mekanisme keruntuhan pondasi di atas lereng, juga sekaligus menyelidiki pengaruh dari sudut kemiringan lereng terhadap daya dukung pondasi. Pemodelan yang dilakukan pada lereng tanah pasir memakai rasio kedalaman pondasi (D/B) dan rasio jarak pondasi ke tepi lereng (H/B) sebesar nol. Besarnya daya dukung pondasi dinyatakan dalam faktor daya dukung N_q dimana faktor tersebut adalah yang paling berpengaruh terhadap besarnya daya dukung pada tanah granular.

Faktor daya dukung N_q dipengaruhi oleh besarnya sudut kemiringan lereng . Berdasarkan penelitian Graham, Andrews, dan Shields (1987), semakin besar sudut

kemiringan lereng maka nilai N_q semakin kecil seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 2.16**. Graham juga menyebutkan bahwa apabila sudut kemiringan lereng tersebut mendekati sudut geser tanah, maka besarnya daya dukung tanah di atas lereng akan mendekati nol sesuai dengan trend kurva yang ditunjukkan pada **Gambar 2.16** tersebut.

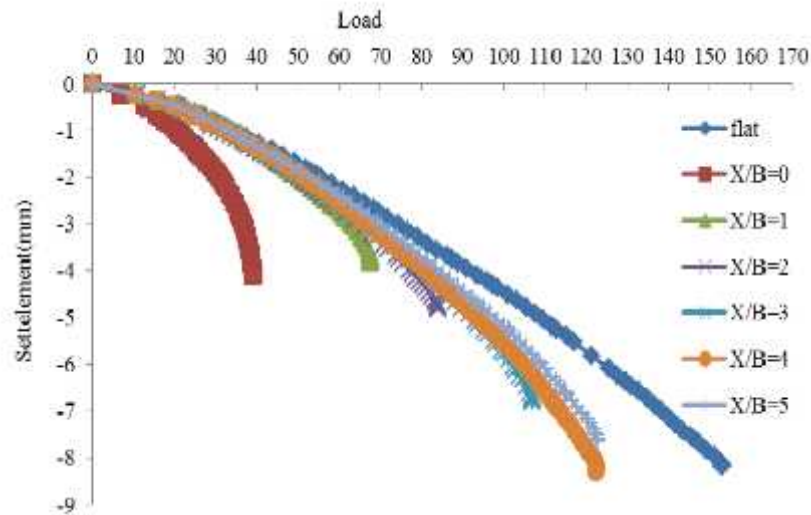


Gambar 2.16. Kurva faktor N_q terhadap sudut kemiringan lereng menurut penelitian Graham, Andrews, dan Shields (1987).
Sumber: Graham dkk, (1987)

2.8. Pengaruh Jarak Pondasi ke Tepi Lereng terhadap Daya Dukung Pondasi

Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe (2013) telah meneliti tentang pengaruh jarak pondasi dari tepi lereng terhadap daya dukung pondasi. Beberapa parameter yang ditetapkan antara lain lebar pondasi $B = 50$ mm, $D_r = 85$ %, dan sudut kemiringan lereng $= 30^\circ$. Rasio jarak pondasi ke tepi lereng X/B yang dipilih sebesar 0 – 5.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, seiring dengan besarnya nilai X/B maka nilai daya dukung juga bertambah. Penurunan maksimum juga turut mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya daya dukung pondasi dan rasio X/B . Grafik penurunan load-settlement dapat dilihat pada **Gambar 2.17**.



Gambar 2.17. Grafik *load-settlement* dengan variasi rasio X/B berdasarkan penelitian oleh Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe
 Sumber: Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe, (2013: 1811)

Nilai daya dukung pondasi diatas lereng akan mengalami penurunan dibandingkan dengan daya dukung pondasi pada tanah datar. Rasio penurunan tersebut disebut koefisien reduksi j . (Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe, 2013). Nilai koefisien reduksi j dari penelitian yang dilakukan oleh Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe ditunjukkan oleh **Tabel 2.7**.

Tabel 2.7 Hasil uji daya dukung dengan variasi rasio X/B menurut Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe

X/B	$q_u(\text{kN/m}^2)$	S(mm)	i_p
0	39.27	-4.06	0.256315
1	67.84	-3.72	0.441486
2	83.98	-4.75	0.548137
3	107.18	-6.74	0.699432
4	122.58	-8.22	0.800078
5	122.87	-7.59	0.801971
Flat	153.21	-8.16	1

Sumber : Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe, (2013: 1812)

Pada **Tabel 2.7** diatas terlihat bahwa nilai j mulai mendekati satu pada rasio X/B = 4 dan X/B = 5. Pada rasio tersebut menunjukkan besarnya daya dukung pondasi pada lereng mendekati besarnya daya dukung pondasi pada tanah datar. Artinya suatu mekanisme keruntuhan pondasi di atas lereng akan sama dengan mekanisme keruntuhan pada pondasi pada tanah datar apabila rasio X/B yang digunakan > 4 .

2.9. Penurunan

2.9.1. Pengertian

Istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Pada perencanaan pondasi, diharapkan penurunan yang terjadi tidak berlebihan dan secara bersamaan sehingga tidak mengganggu kestabilan bangunan. (Hardiyatmo H.C., 2006: 205)

2.9.2. Tekanan Sentuh

Pertimbangan pertama dalam menghitung penurunan adalah penyebaran tekanan pondasi ke tanah di bawahnya. Hal ini sangat bergantung pada kekakuan pondasi dan sifat sifat tanah. Tekanan yang terjadi pada bidang kontak antara dasar pondasi dan tanah, disebut tekanan sentuh atau tekanan kontak (*contact pressure*). Besarnya intensitas tekanan akibat besar pondasi ke tanah di bawahnya, semakin ke bawah semakin berkurang. (Hardiyatmo H.C., 2006: 206)

2.9.3. Pengaruh Perkuatan pada Penurunan

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Mohd Raihan Taha* dan Enas B. Altalhe (2013) yaitu terkait pengaruh jumlah lapisan geotekstil terhadap penurunan, dengan: $D_r = 85\%$, $X/B = 1$, dan $\beta = 30^\circ$ yang dilakukan pada tanah pasir menunjukkan nilai daya dukung bertambah akan tetapi penambahan nilai daya dukung ini juga diikuti dengan bertambahnya penurunan yang terjadi seiring dengan bertambahnya jumlah lapisan geotekstil. Oleh karena itu pada kasus tertentu, pemasangan perkuatan tidak selalu dibutuhkan. Grafik beban terhadap tegangan dapat dilihat pada **Gambar 2.18**.

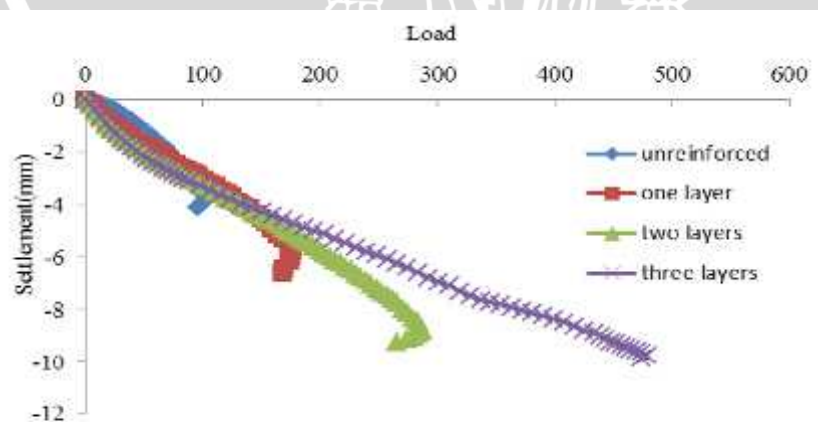


Figure 5. Load-settlement curves for different numbers of reinforcement layers at $D_r = 85\%$, $X/B = 2$, and $\beta = 30^\circ$.

Gambar 2.18 Grafik penurunan terhadap beban
Sumber: Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe, (2013: 1813)

Pada **Gambar 2.18** dapat dilihat penambahan jumlah geogrid memang dapat meningkatkan nilai daya dukung. Namun nilai penurunan juga bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah lapisan perkuatan. Perlu dicermati pada beban 0 sampai dengan 150, dalam satu beban yang sama menunjukkan nilai penurunan yang semakin besar seiring dengan bertambahnya jumlah lapisan perkuatan. Pada **Tabel 2.7** diperlihatkan nilai daya dukung dan penurunan maksimal untuk tiap tiap jumlah perkuatan.

Tabel 2.7 Daya dukung dan penurunan maksimum untuk setiap jumlah lapis perkuatan

Soil type	Bearing capacity	Footing settlement (mm)
Unreinforced	67.4	4.375
One reinforced layer	158.9	4.66
Two reinforced layers	283.5	6.7
Three reinforced layers	358.9	9.22

Sumber: Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe, (2013: 1813)





BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu : Oktober 2015 sampai dengan selesai

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

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model lereng yang dibentuk dari timbunan tanah pasir baik yang diperkuat dengan geogrid maupun tidak. Tanah tersebut termasuk jenis tanah pasir dengan symbol SP (*Poorly Graded Sand*) berdasarkan Sistem *Unified (U.S.C.S)*.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a) Peralatan untuk analisis saringan
 - Ayakan saringan No. 4,10,20,40,60,100 dan 200
 - Timbangan digital
- b) Peralatan untuk analisis berat jenis tanah
 - Labu ukur
 - Kompor listrik
 - Timbangan digital
 - Termometer
- c) Peralatan uji geser langsung
 - Alat uji geser langsung
 - Ring untuk pengambilan sampel
 - Timbangan digital
- d) Peralatan pemeriksaan kepadatan dan pemeriksaan kadar air
 - Density ring
 - Timbangan digital
 - Cawan

- e) Peralatan pemadatan
- Silinder beton
- f) Peralatan uji pembebanan
- Dongkrak hidrolik
 - Balok pembebanan
 - Load cell
 - Dial LVDT



a) Timbangan digital



b) Ayakan No.4,10,20,40,60,100 dan 200

Gambar 3.1 Peralatan analisis saringan

a) Labu ukur



b) Termometer

Gambar 3.2 Peralatan analisis berat jenis tanah



a) Alat uji geser langsung



b) Ring untuk pengambilan sampel

Gambar 3.3. Peralatan uji geser langsung



a) Density ring



b) Cawan

Gambar 3.4. Peralatan pemeriksaan kepadatan dan kadar air



a) Silinder beton



b) Balok pembebanan

Gambar 3.5. Peralatan pemadatan



a) Load cell



b) Dial LVDT

Gambar 3.6 Peralatan uji pembebanan

3.3. Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

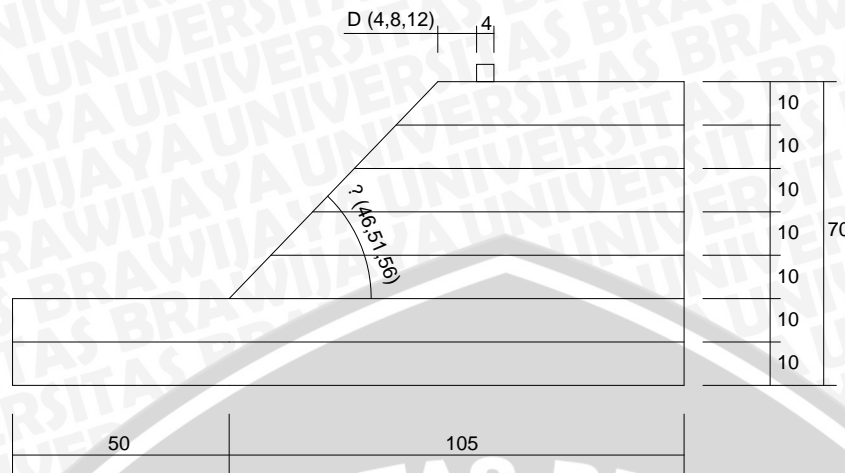
Pada percobaan ini dibuat 9 macam kondisi benda uji dengan 3 variasi kemiringan sudut lereng dan 3 variasi jarak pondasi ke tepi lereng untuk pondasi menerus yang diletakkan di permukaan lereng.

Untuk penelitian ini variasi kemiringan sudut lereng, serta jarak pondasi ke tepi lereng yang digunakan ditunjukkan pada **Tabel 3.1**.

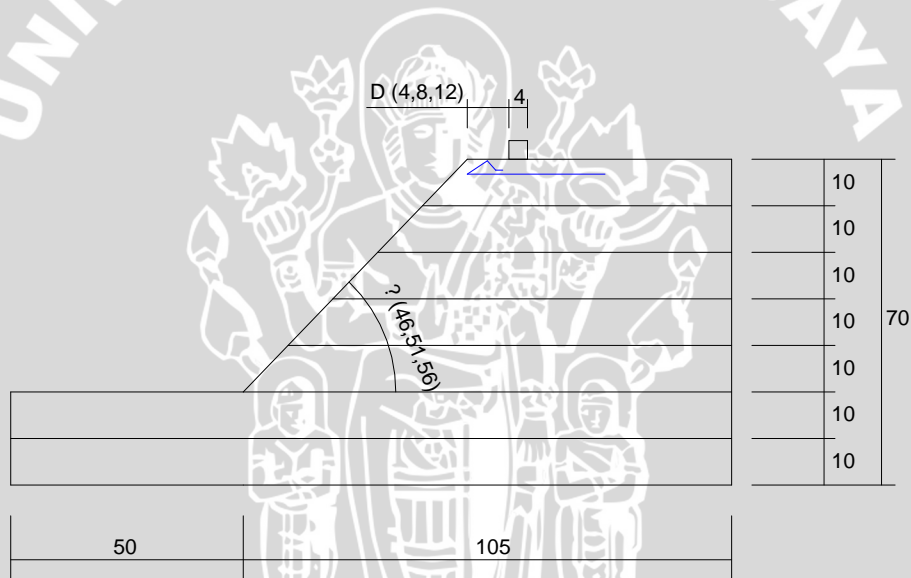
Tabel 3.1. Variasi perlakuan variabel

RC 85% Lebar Model Pondasi (B) = 4 cm Jumlah Lapisan (n) = 1	D		
	D/B = 1	D/B = 2	D/B = 3
= 46 °	√	√	√
= 51 °	√	√	√
= 56 °	√	√	√

Lereng dibuat dengan sudut kemiringan 46°, 51°, 56°. Pondasi menerus diletakkan dengan jarak B, 2B, 3B dari ujung lereng. Pengulangan dilakukan dengan perlakuan yang sama apabila hasil dari pengujian benda uji terdapat penyimpangan. Adapun perlakuan benda uji ditunjukkan pada **Gambar 3.7** berikut



(a)



(b)

Gambar 3.7 Model test lereng percobaan (a) Tanpa perkuatan (b) Dengan perkuatan geogrid

Dalam penelitian ini, ada beberapa faktor dalam pembuatan benda uji yang sangat menentukan penelitian ini sehingga sangat perlu diperhatikan. Faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Pemadatan

Karena tanah yang dipakai merupakan tanah dengan jenis pasir, maka metode mekanis pemadatan yang dipakai adalah dengan menggilas

menggunakan beton silinder. Jenis pemadatan seperti ini lebih memungkinkan pemadatan yang lebih merata pada setiap lapisan. Pemadatan dilakukan per lapis sebanyak 7 lapis. Adapun ketinggian tanah yang diinginkan di tiap lapisan yaitu 10 cm, sehingga penggilasan dilakukan beberapa kali sampai ketinggian yang diinginkan di tiap lapisannya.

Pemadatan dengan cara ini didasarkan pada kontrol volume. Dengan volume yang sudah ditentukan maka dapat dicari berat pasir yang diperlukan untuk mencapai RC 85%. Jadi berat tanah yang dimasukkan ke dalam box pengujian untuk tiap lapisannya diukur dan ditimbang sehingga didapatkan volume dengan kepadatan sesuai dengan yang diinginkan. Kadar air untuk mencapai nilai RC 85% didasarkan pada penelitian pendahuluan pemadatan sehingga diketahui nilai kadar air optimum (OMC). Dari nilai OMC tersebut maka kadar air dapat diatur sehingga didapat RC 85% dari kepadatan optimum. Setelah diketahui kepadatan yang diinginkan, kepadatan tanah dikontrol untuk setiap lapisannya dengan menggunakan *density ring*.

2. Ketinggian Lereng

Ketinggian lereng adalah salah satu faktor yang berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Untuk mencegah keruntuhan sebelum lereng diuji maka penentuan tinggi lereng ini harus dilakukan secara tepat. Pada penelitian ini, ditetapkan tinggi lereng sebesar 50 cm. Pada ketinggian tersebut, permukaan susunan pembebanan harus tepat berada pada permukaan *reaction beam* yang terletak di atas permukaan lereng.

3. Sudut Kemiringan Lereng

Selain ketinggian, faktor lain yang pengaruhnya cukup dominan terhadap kestabilan lereng adalah sudut kemiringan lereng. Pada kemiringan tertentu lereng cenderung untuk tidak stabil. Tebing yang mempunyai sudut kemiringan lebih besar dari pada sudut geser dalamnya rawan untuk terjadi kelongsoran sehingga perlu dilandaikan sampai kemiringannya kurang dari sudut geser dalamnya. Pada penelitian ini, sudut kemiringan yang digunakan sebesar $46^{\circ}, 51^{\circ}, 56^{\circ}$.

3.4. Metode Penelitian

3.4.1. Pengujian Dasar

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

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

3.4.2. Persiapan Benda Uji

Tanah yang akan digunakan sebagai model lereng diayak terlebih dahulu dengan saringan No. 4 dan yang lolos saringan tersebut digunakan sebagai tanah bentukan lereng. Sebelum tanah dimasukkan ke dalam *box* uji, kadar airnya diatur berdasarkan RC 85%. Tanah kemudian dimasukkan ke dalam *box* uji secara bertahap dan dipadatkan untuk setiap lapisan seperti **Gambar 3.8**.

Pemadatan tanah model untuk tiap lapisannya dilakukan dengan cara menggilas tanah menggunakan beton silinder dengan berat 11,28 kg dengan tinggi beton 30 cm. Pemadatan dengan cara ini didasarkan pada kontrol volume. Berat tanah yang dimasukkan ke dalam *box* pengujian tiap lapisannya diukur dan ditimbang sehingga dengan volume yang telah ditentukan, kepadatan yang diinginkan dapat dicapai. Gilasan dilakukan sampai didapat ketinggian yang dikehendaki, yaitu 10 cm. Kemudian dilakukan uji *density ring* untuk mengontrol nilai kepadatan model benda uji

Elemen utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *box*, terbuat dari *fiber glass* dengan ukuran panjang 1,50 m, lebar 1,0 m, dan tinggi 1,0 m. Dasar *box* menggunakan pelat baja dengan tebal 1,2 cm. *Box* dibuat cukup kaku dengan harapan agar dapat mempertahankan kondisi regangan bidang dengan memberikan perkuatan pada keempat sisi *fiber glass* dengan menggunakan pelat siku baja 40.40.4. Penggunaan *fiber glass* dimaksudkan supaya lereng dapat diamati dari sisi potongan lereng pada saat pelaksanaan. Gambar *box* ditunjukkan pada **Gambar 3.8** berikut ini.



Gambar 3.8 Model *box* penelitian

3.4.3. Model *Test Lereng*

Pemodelan fisik lereng tanah pasir yang dibuat di laboratorium dirancang menyerupai kondisi yang ada di lapangan. Pemodelan ini bertujuan untuk mempermudah pengamatan dan mengurangi jumlah bahan sehingga dapat meminimalisir biaya yang dikeluarkan dan menghemat lahan penelitian.

Berikut adalah langkah-langkah pembuatan pemodelan fisik lereng tanah pasir tanpa perkuatan :

1. Tanah pasir dipersiapkan dengan gradasi halus sampai sedang.
2. Tanah pasir dimasukkan per lapisan ke dalam *box* kemudian dipadatkan dengan cara digilas menggunakan silinder beton di setiap lapisan sesuai tinggi lapisan yang dijelaskan pada **Gambar 3.7** (a). Setiap lapisan dicek dan dikontrol kadar airnya dan kepadatannya menggunakan *density ring*.
3. Tanah didiamkan selama ± 30 menit dengan tujuan agar partikel-partikel tanah ada kesempatan untuk melakukan pergeseran rongga-rongga yang masih dapat diisi.
4. Kemiringan lereng dibuat sesuai sudut yang akan diuji, yaitu $46^{\circ}, 51^{\circ}, 56^{\circ}$.

Sedangkan langkah-langkah pembuatan pemodelan fisik lereng tanah pasir dengan perkuatan geogrid, yaitu:

1. Tanah pasir dipersiapkan dengan gradasi halus sampai sedang.
2. Tanah pasir dimasukkan per lapisan ke dalam *box* kemudian dipadatkan di setiap lapisan sesuai tinggi lapisan yang dijelaskan pada **Gambar 3.7** (b) menggunakan silinder beton.

3. Perkuatan geogrid dipasang sesuai dengan letak yang telah dijelaskan pada **Gambar 3.7 (b)**.
4. Setelah lapisan geogrid di hamparkan, ditimbun dengan pasir sama seperti pada lapisan yang lain.
5. Dilakukan pemadatan dengan cara yang sama, yaitu menggilas pasir pada model lereng dengan menggunakan silinder beton hingga ketinggian yang diinginkan.
6. Setiap lapisan dicek kadar airnya dan kepadatannya menggunakan *density ring*.
7. Tanah didiamkan selama ± 30 menit dengan tujuan agar partikel-partikel tanah ada kesempatan untuk melakukan pergeseran rongga-rongga yang masih dapat diisi.
8. Kemiringan lereng dibuat sesuai sudut yang akan diuji, yaitu $46^{\circ}, 51^{\circ}, 56^{\circ}$.

3.4.4. Pengujian Pembebanan

Pembebanan dilakukan dengan menggunakan dongkrak hidrolik. Sebagai pengukur besarnya beban yang terjadi, dalam pembebanan digunakan *load cell*. Pembebanan dilakukan dengan menggunakan balok kayu yang dilapisi baja pada seluruh permukaannya.

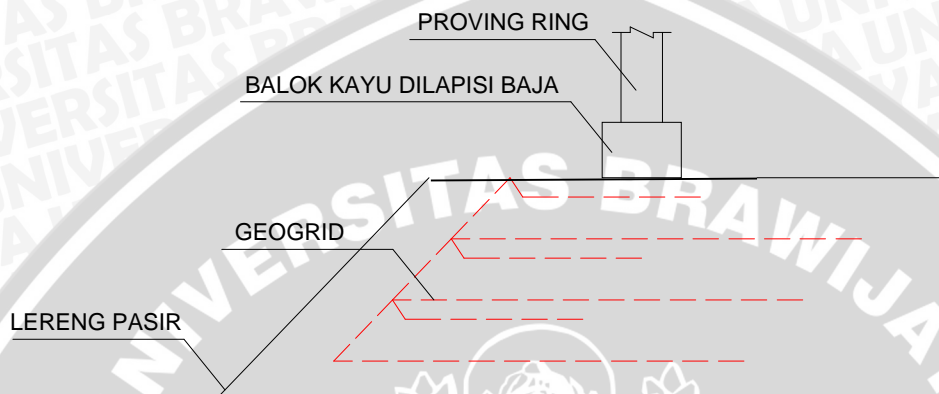
Baja profil yang dipasang di bagian bawah balok kayu berfungsi untuk meratakan beban yang dihasilkan pompa hidrolik ke tanah. Balok kayu yang digunakan memiliki dimensi sebesar 6 x 4 x 98 cm. Beban yang diberikan diusahakan dapat berupa beban merata pada permukaan atas model lereng, dengan luasan beban 4 x 98 cm.

Adapun langkah-langkah pengujian pembebanan adalah sebagai berikut:

1. Memasang pondasi menerus yang terbuat dari baja profil segi empat yang didalamnya diisi dengan balok kayu. Pondasi yang digunakan memiliki dimensi 6 x 4 x 98 cm. Pondasi dipasang dengan variasi jarak yang telah ditentukan. Jarak diukur dari ujung pondasi yang terdekat dengan lereng sampai dengan permukaan lereng.
2. Memasang *load cell* untuk mengetahui besarnya beban yang terjadi. Untuk memastikan beban sentris di tengah pondasi, diberi tanpa pada pusat pondasi sebagai acuan untuk memasang *load cell*.
3. Memasang *dial LVDT* dan *LVDT digital* pada pondasi untuk mengetahui besarnya penurunan yang terjadi selama pembebanan.

4. Melakukan uji pembebanan menggunakan dongkrak hidrolik. Pembebanan dilakukan bertahap dan pembacaan dilakukan tiap interval 5 kg hingga beban tidak dapat ditambahkan lagi atau hingga lereng mengalami keruntuhan.
5. Mencatat beban yang diberikan dan penurunan yang terjadi.

Tampak samping susunan pembebanan ditunjukkan pada **Gambar 3.9** berikut ini.



Gambar 3.9 Contoh susunan pembebanan

3.5. Metode Analisis Data

Berdasarkan hasil pengujian pembebanan, diperoleh data beban dan penurunan, baik untuk lereng tanpa perkuatan maupun untuk lereng dengan perkuatan geogrid berdasarkan variasi sudut kemiringan lereng dan jarak pondasi ke tepi lereng.

Daya dukung dihitung dengan persamaan (3-1) berikut:

$$q = \frac{P}{A} \quad (3-1)$$

Dengan :

P_u = beban maksimum yang dicatat saat uji pembebanan

A = luasan pondasi

Data-data di atas kemudian disajikan pada **Tabel 3.2.**, **Tabel 3.3.**, dan **Tabel 3.4.** berikut ini :

Tabel 3.2 Daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan

No.	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (kg)	q_u (kN/cm ²)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Tabel 3.3. Daya dukung dan penuruna lereng dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng

No.	Jarak pondasi ke tepi lereng (cm)	Sudut (°)	Penurunan (mm)	Beban maksimum (kg)	q_u (kN/cm ²)
1		46			
2	4	51			
3		56			
4		46			
5	8	51			
6		56			
7		46			
8	12	51			
9		56			

Tabel 3.4. Daya dukung dan penurunan lereng dengan variasi sudut kemiringan lereng

No.	Sudut (°)	Jarak pondasi ke tepi lereng (cm)	Penurunan (mm)	Beban maksimum (kg)	qu (kN/cm ²)
1	46	4			
2		8			
3		12			
4	51	4			
5		8			
6		12			
7	56	4			
8		8			
9		12			

Data-data pada tabel diatas kemudian disajikan dalam grafik hubungan daya dukung dan penurunan. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan geogrid sebagai perkuatan lereng dalam meningkatkan daya dukung dilakukan analisis *Bearing Capacity Improvement (BCI)*. Nilai *BCI* diperoleh dengan rumus pada Persamaan

(3-2)

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

Dengan :

BCI = *Bearing Capacity Improvement*

q = daya dukung dengan perkuatan geogrid

q_0 = daya dukung tanpa perkuatan

Hasil analisis *Bearing Capacity Improvement (BCI)* kemudian disajikan dalam **Tabel 3.5.** dan **Tabel 3.6.** berikut ini:

Tabel 3.5. *Bearing Capacity Improvement (BCI)* untuk variasi sudut kemiringan lereng

No.	Jarak pondasi ke tepi lereng (cm)	Sudut (°)	qu lereng tanpa perkuatan (kN/cm ²)	qu lereng dengan perkuatan (kN/cm ²)	BCI
1		46			
2	4	51			
3		56			
4		46			
5	8	51			
6		56			
7		46			
8	12	51			
9		56			

Tabel 3.6. *Bearing Capacity Improvement (BCI)* untuk variasi jarak pondasi ke tepi lereng

No.	Sudut (°)	Jarak pondasi ke tepi lereng (cm)	qu lereng tanpa perkuatan (kN/cm ²)	qu lereng dengan perkuatan (kN/cm ²)	BCI
1		4			
2	46	8			
3		12			
4		4			
5	51	8			
6		12			
7		4			
8	56	8			
9		12			

3.6. Variasi Penelitian

Dalam hubungan antara dua variabel, misalnya antara variabel X dan Y. Jika variabel X disebabkan oleh variabel Y, maka variabel X merupakan variabel *dependent* (terikat) dan variabel Y adalah variabel *antecedent* (bebas).

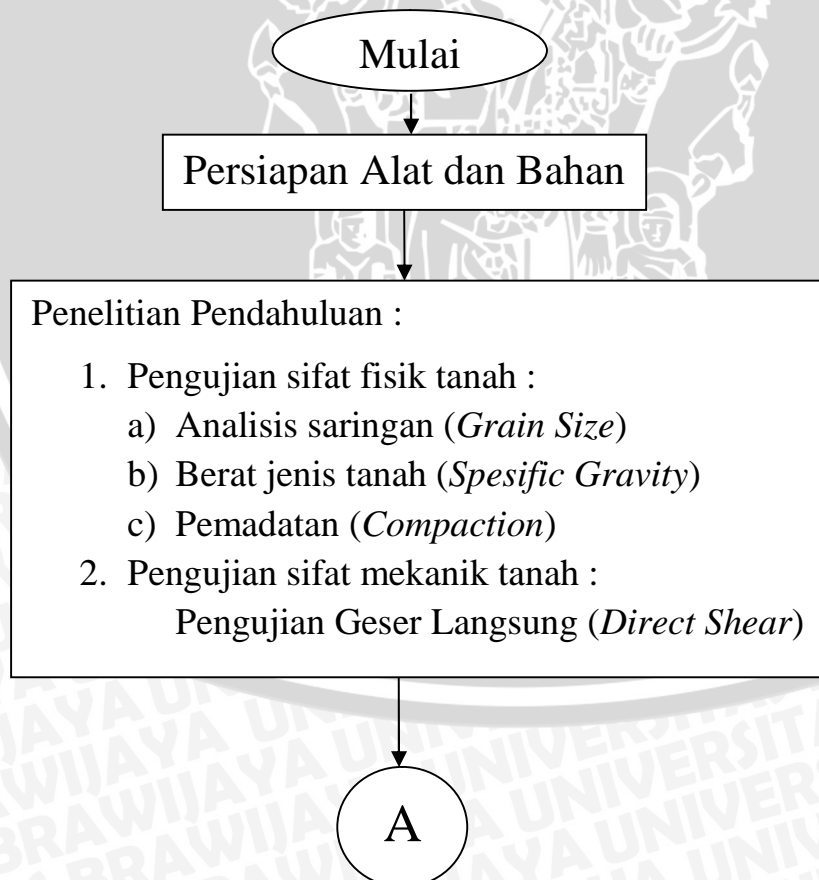
Variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

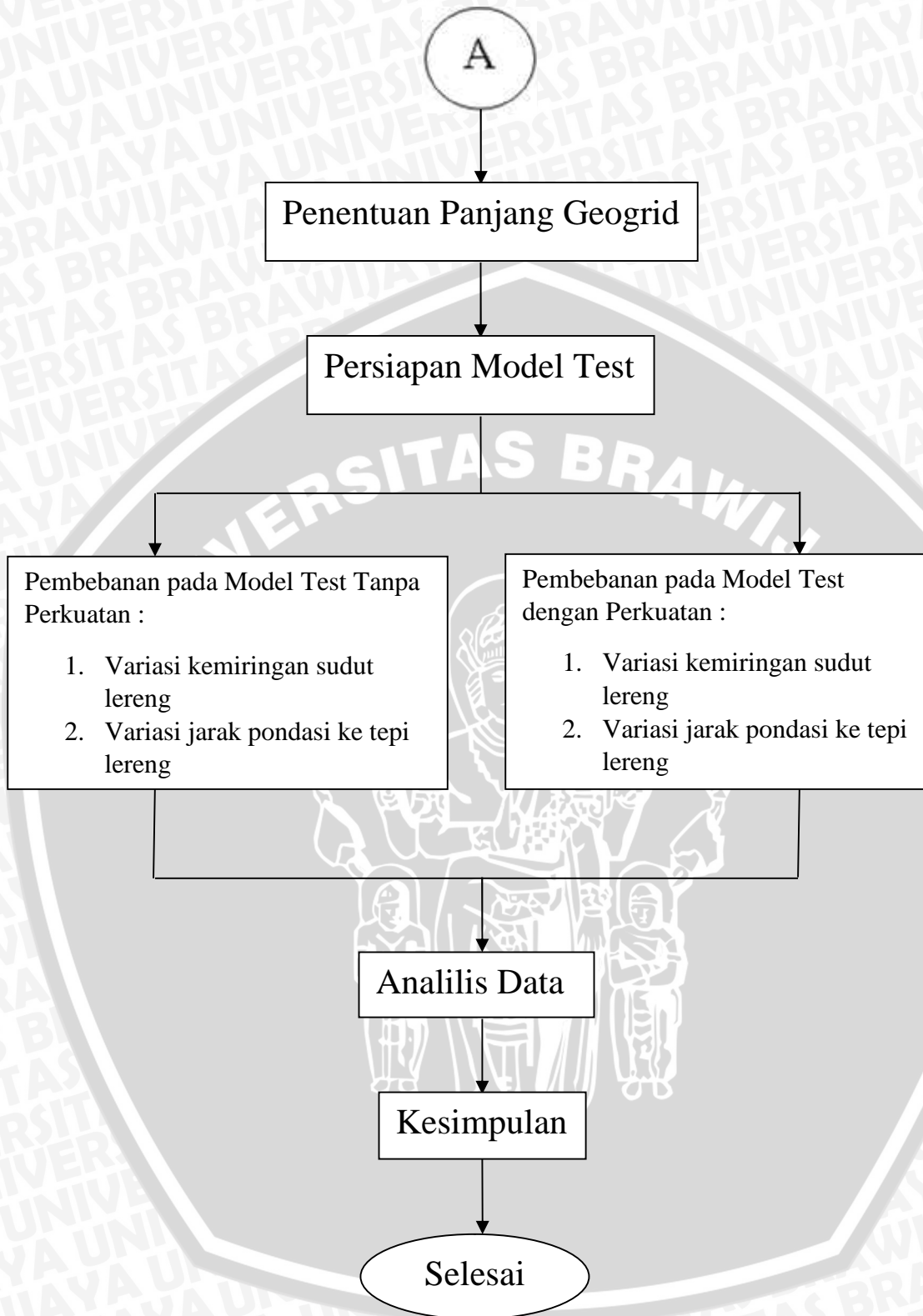
- a. Variabel *antecedent* (bebas) dalam penelitian ini antara lain.
 - Jarak pondasi ke tepi lereng sebesar (D=B, D=2B, D=3B)

- Kedalaman pondasi (terletak di permukaan tanah)
 - Panjang geogrid terukur dari tepi lereng sebesar 5B
 - Jarak vertikal geogrid ke permukaan atas lereng (3 cm)
 - Sudut kemiringan lereng $46^{\circ}, 51^{\circ}, 56^{\circ}$
 - Jenis tanah pasir dengan RC 85%
- b. Variabel *dependent* (terikat) dalam penelitian ini antara lain.
- Pola keruntuhan yang terjadi
 - Beban maksimum yang mampu ditahan oleh lereng
 - Penurunan yang terjadi akibat beban maksimum di atasnya
 - Daya dukung lereng menahan beban di atasnya

3.7. Bagan Alir Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, tahap-tahap pelaksanaan dapat dilihat pada diagram alir yang disajikan pada **Gambar 3.10** berikut.





Gambar 3.10 Bagan alir percobaan



BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Analisis Bahan

Spesifikasi bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

- a. Tanah pasir yang digunakan untuk membuat model lereng merupakan tanah pasir lepas dengan simbol SP (*Poorly Graded Sand*) menurut sistem klasifikasi U.S.C.S.
- b. Pondasi yang digunakan untuk menopang dan meneruskan beban adalah pondasi menerus dengan lebar (B) 4 cm. Bahan yang digunakan sebagai pondasi adalah baja profil segi empat yang di bagian dalamnya diisi kayu agar pondasi lebih *rigid* (kaku).
- c. Tipe geogrid yang digunakan sebagai perkuatan adalah geogrid jenis *biaxial* tipe GX 40/40.

Tabel 4.1. Tipe geogrid

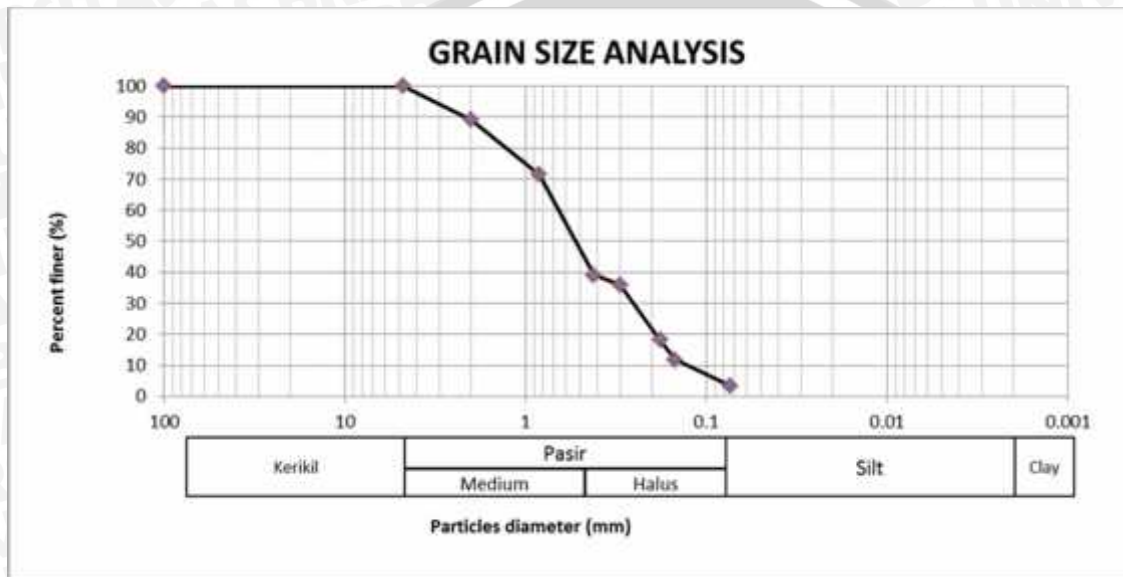
Properties of TenCate Miragrid® GX Geogrids										
Property	Unit	GX 40/40	GX 60/30	GX 60/60	GX 80/30	GX 80/80	GX 100/30	GX 130/30	GX 150/50	GX 200/50
Characteristic short term tensile strength (ISO 10319) MD	kN/m	90	60	60	80	80	100	120	150	200
Characteristic short term tensile strength (ISO 10319) UD	kN/m	90	60	60	80	80	100	120	150	200
Strain at short term strength	MP %	11	11	11	11	11	11	11	12	12
Partial factor - creep rupture										
at 60 years design life		1.30	1.40	1.40	1.30	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
at 120 years design life		1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Creep limited strength										
at 60 years design life	kN/m	26.6	42.9	42.9	57.1	57.1	71.4	85.7	107.1	142.9
at 120 years design life	kN/m	27.9	41.4	41.4	55.2	55.2	69.0	82.7	103.3	137.8
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	1.10
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 strengths at 60 years design life										
in clay, silt or sand	kN/m	22.7	37.8	37.8	50.4	50.4	62.0	74.0	92.7	123.6
in sandy gravel	kN/m	22.5	34.3	34.3	45.5	45.5	56.7	68.0	85.7	114.3
in gravel	kN/m	21.8	33.2	33.2	43.4	43.4	53.7	64.0	80.0	106.7
at 120 years design life										
in clay, silt or sand	kN/m	21.0	34.0	34.0	45.4	45.4	56.1	67.5	85.5	112.4
in sandy gravel	kN/m	20.7	31.6	31.6	42.9	42.9	53.0	63.4	81.2	108.1
in gravel	kN/m	20.1	30.6	30.6	41.0	41.0	51.5	61.5	78.5	104.0
Nominal roll width										
	m	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
Nominal roll length										
	m	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Estimated roll weight (+/- 10%)										
	kg	132	129	173	160	249	189	244	313	374

Sumber : PT. Tetrasa Geosinindo



4.1.1. Analisis Gradasi Butiran Tanah

Pada penelitian ini dilakukan beberapa penelitian pendahuluan yang tujuannya adalah untuk mengetahui spesifikasi dari tanah yang digunakan. Salah satunya adalah analisis gradasi butiran tanah. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui gradasi agregat halus dan agregat kasar dari tanah pasir yang digunakan. Hasil pengujian ini disajikan pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Grafik hasil analisis gradasi

Dari hasil pengujian, diketahui butiran yang lolos saringan no. 200 sebesar 3,47%. Karena prosentase butiran yang lolos saringan no. 200 kurang dari 50% maka tanah tersebut digolongkan sebagai tanah berbutir kasar berdasarkan sistem Klasifikasi *Unified*.

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

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

Diketahui :

$$D_{60} = 0,65$$

$$D_{30} = 0,25$$

$$D_{10} = 0,15$$

$$C = \frac{(0,65)}{0,1} = 4,333 < 6 \quad C = \frac{(0,25)^2}{0,1 \times 0,65} = 0,641 \quad (4-2)$$

Didapatkan nilai C_u kurang dari 6 dan nilai C_c tidak diantara 1 dan 3 maka dapat disimpulkan bahwa jenis pasir ini adalah *SP (Poorly Graded Sand)*.

4.1.2. Analisis Specific Gravity

Specific Gravity merupakan perbandingan antara berat butir tanah dan berat air suling pada volume yang sama pada suhu tertentu. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan *Specific Gravity* tanah yang digunakan.

Dari hasil pengujian, kemudian digunakan rumus (4-2) untuk mencari nilai *Specific Gravity* tanah.

$$S = \frac{W}{W - W_1 + W_2} \quad (4-3)$$

Dengan :

SG = *Specific Gravity*

W_s = berat tanah kering

W_1 = berat labu ukur + air + tanah

W_2 = berat labu ukur + air

Dari hasil pengujian, diperoleh nilai *Specific Gravity* sebesar 2,6481 seperti yang disajikan dalam **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 *Specific Gravity* tanah rata-rata

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

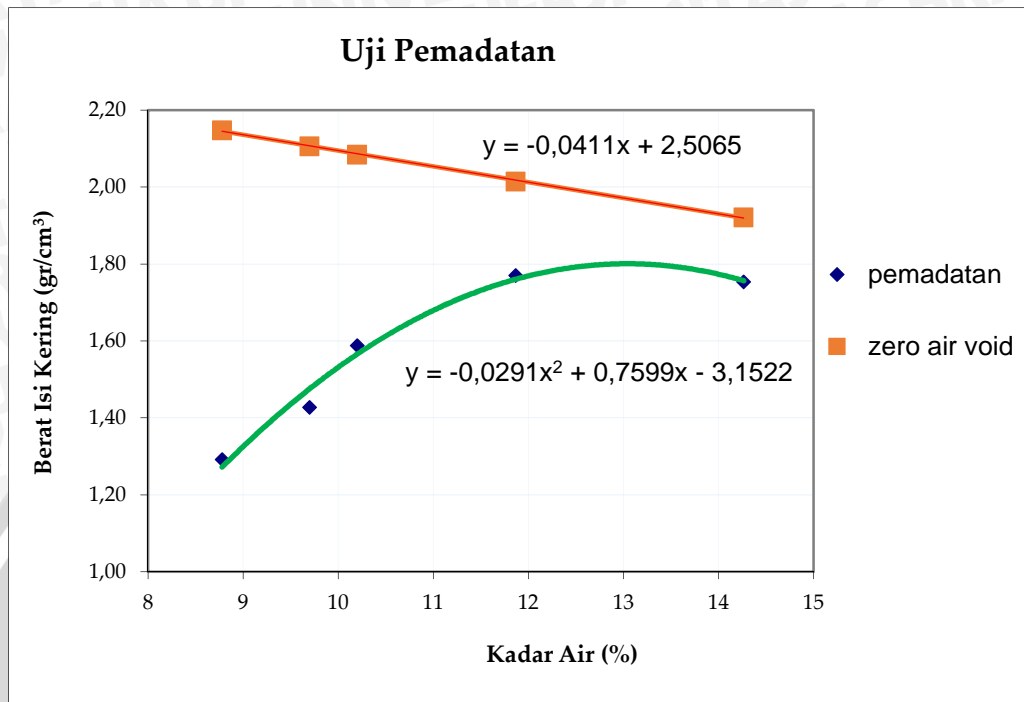
4.1.3. Analisis Kepadatan Tanah (*Compaction*)

Pada penelitian ini terdapat dua istilah kepadatan, yaitu kepadatan standar yang diperoleh dari uji pemadatan di laboratorium dan kepadatan tanah model yang diperoleh dari pengambilan sampel pada model lereng dengan *density ring*.

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

Pengujian kepadatan standar (*compaction*) bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh

nilai berat isi kering maksimum (lab) sebesar 1,801 gr/cm³ dengan kadar air optimum (OMC) sebesar 13,038%. Grafik hasil pengujian tersebut disajikan pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Grafik hasil pemadatan standar

4.1.3.2. Kepadatan Tanah Model

Kepadatan tanah model adalah kepadatan tanah pada model lereng pasir yang kami buat. Pada penelitian ini ditentukan nilai kepadatan relative (RC) sebesar 85%. Ini artinya kepadatan tanah yang kami gunakan sebesar 85% dari kepadatan maksimum dari hasil analisis kepadatan standar di laboratorium. Karena dari hasil analisis kepadatan standar di laboratorium didapat berat isi kering (lab) maksimum sebesar 1,801 gr/cm³, maka berat isi kering lapangan (lap) yang kami gunakan adalah sebesar 85% dari nilai tersebut yaitu sebesar 1,531 gr/cm³. Dari nilai tersebut, kadar air yang dibutuhkan dicari dengan menggunakan grafik pemadatan standar. Berdasarkan grafik, didapat kadar air yang dibutuhkan sebesar 9,99%.

Dari hasil penelitian didapat lap dan kadar air untuk setiap model lereng. Hasil yang didapat cukup mendekati dengan lap dan kadar air rencana. Rekapitulasi data lap dan kadar air untuk setiap model dapat dilihat pada **Tabel 4.3** untuk lereng tanpa perkuatan dan **Tabel 4.4** untuk lereng dengan perkuatan.

Tabel 4.3 Berat isi kering dan kadar air untuk lereng tanpa perkuatan

No.	Lebar Pondasi (B)	Variabel	Berat isi kering (gr/cm ³)	Kadar air (%)
1	B = 4 cm	= 46 D/B = 1	1,548	9,73
2		= 46 D/B = 2	1,549	10,21
3		= 46 D/B = 3	1,526	10,33
4		= 51 D/B = 1	1,502	11,49
5		= 51 D/B = 2	1,538	11,72
6		= 51 D/B = 3	1,541	11,94
7		= 56 D/B = 1	1,502	9,91
8		= 56 D/B = 2	1,507	9,89
9		= 56 D/B = 3	1,512	10,62

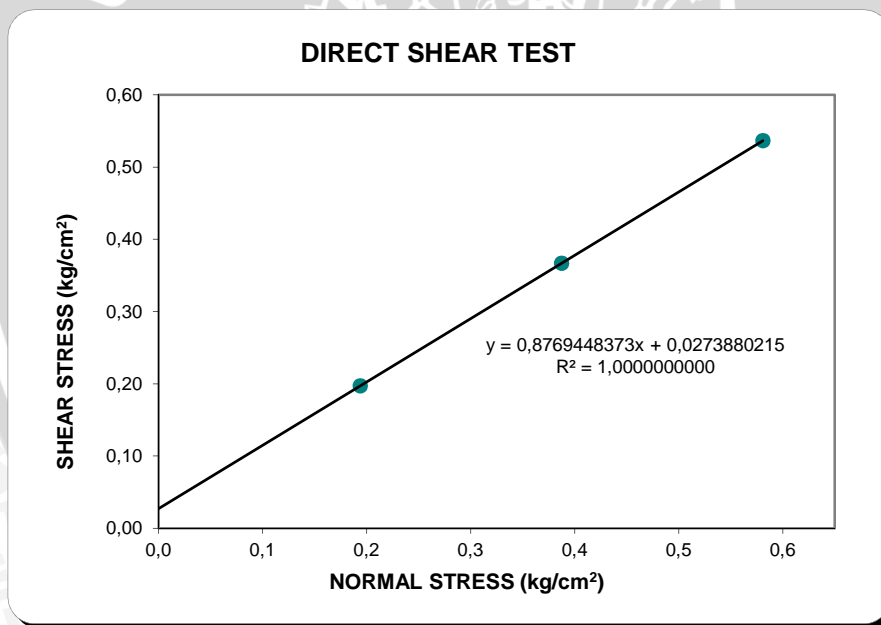
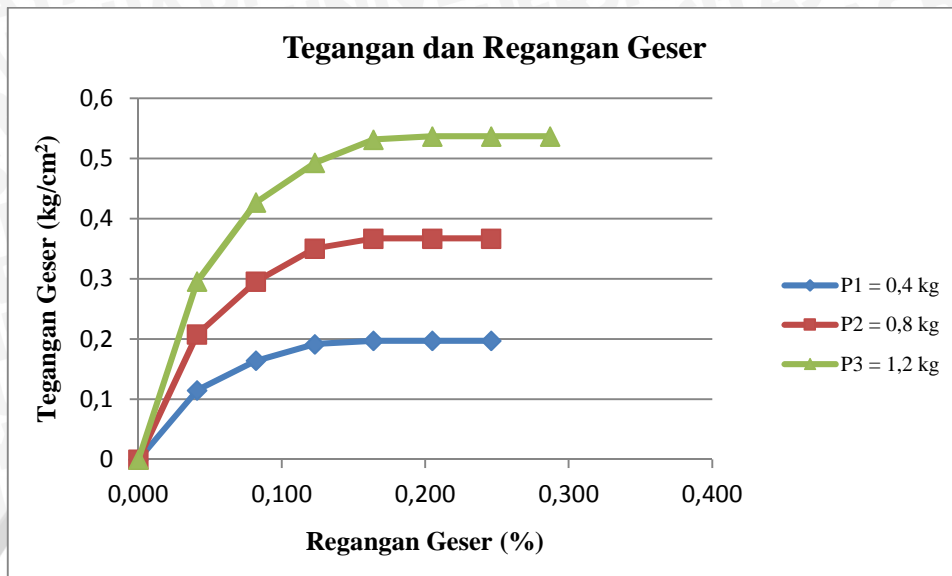
Tabel 4.4 Berat isi kering dan kadar air untuk lereng dengan perkuatan

No.	Lebar Pondasi (B) dan Jumlah Lapis Geogrid (n)	Variabel	Berat isi kering (gr/cm ³)	Kadar air (%)
1	B = 4 cm ; n = 1	= 46 D/B = 1	1,529	10,17
2		= 46 D/B = 2	1,532	10,8
3		= 46 D/B = 3	1,538	10,51
4		= 51 D/B = 1	1,528	9,99
5		= 51 D/B = 2	1,548	10,51
6		= 51 D/B = 3	1,544	10,51
7		= 56 D/B = 1	1,537	10,14
8		= 56 D/B = 2	1,526	9,83
9		= 56 D/B = 3	1,539	10,35

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

Analisis kuat geser langsung bertujuan untuk mengetahui nilai kohesi tanah (c) dan nilai sudut geser dalam tanah (ϕ). Hasil pengujian disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara tahanan normal (σ) dan tegangan geser maksimum (τ). Dari grafik tersebut dapat diperoleh nilai kohesi tanah dan nilai sudut geser dalam tanah dengan membuat trendline linier dari ketiga titik tersebut. Perpotongan perpanjangan garis trendline dengan sumbu y menunjukkan nilai kohesi (c) dan sudut yang dibentuk oleh garis trendline dengan garis horisontal menunjukkan sudut geser dalam tanah (ϕ). Pada pengujian ini diperoleh nilai

kohesi (c) sebesar $0,027 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam tanah (ϕ) sebesar $41,25^\circ$. Grafik hasil pengujian Direct Shear disajikan pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 (a) Grafik hubungan antara tegangan geser dan regangan geser
(b) Grafik hubungan antara tegangan geser dan tegangan normal

4.2. Analisis Daya Dukung

Hasil analisis daya dukung dikelompokkan menjadi tiga sub bahasan yaitu : analisis daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan, analisis daya dukung untuk lereng dengan perkuatan dan analisis peningkatan daya dukung (BCIu).

4.2.1. Daya Dukung Lereng Tanpa Perkuatan

Digunakan dua metode untuk mencari nilai daya dukung lereng tanpa perkuatan, yaitu metode analitik dengan menggunakan data tanah dan metode eksperimen dengan data hasil uji pembebanan.

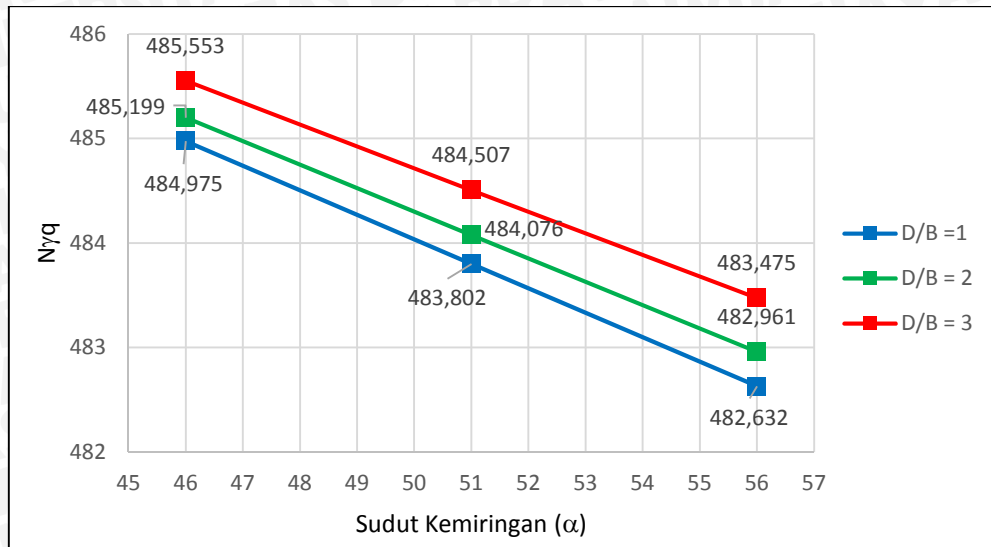
4.2.1.1. Metode Analitik

Rekapitulasi nilai daya dukung analitik dapat dilihat pada **Tabel 4.7**. Ada beberapa metode pendekatan untuk menghitung daya dukung secara analitik. Pada penelitian ini, digunakan Metode Gemperline dan Meyerhoft sebagai pendekatan.

Pada penelitian ini untuk menghitung nilai faktor daya dukung (N_q) menggunakan Metode Gemperline. Rekapitulasi nilai N_q dapat dilihat pada **Tabel 4.5** untuk variasi sudut kemiringan lereng dan pada **Tabel 4.6** untuk variasi jarak pondasi ke tepi lereng. Untuk mengetahui hubungan N_q terhadap sudut kemiringan lereng dapat dilihat di grafik pada **Gambar 4.4**. dan hubungan N_q terhadap jarak pondasi ke tepi lereng dapat dilihat di grafik pada **Gambar 4.5**.

Tabel 4.5 Nilai N_q dengan variasi sudut kemiringan lereng

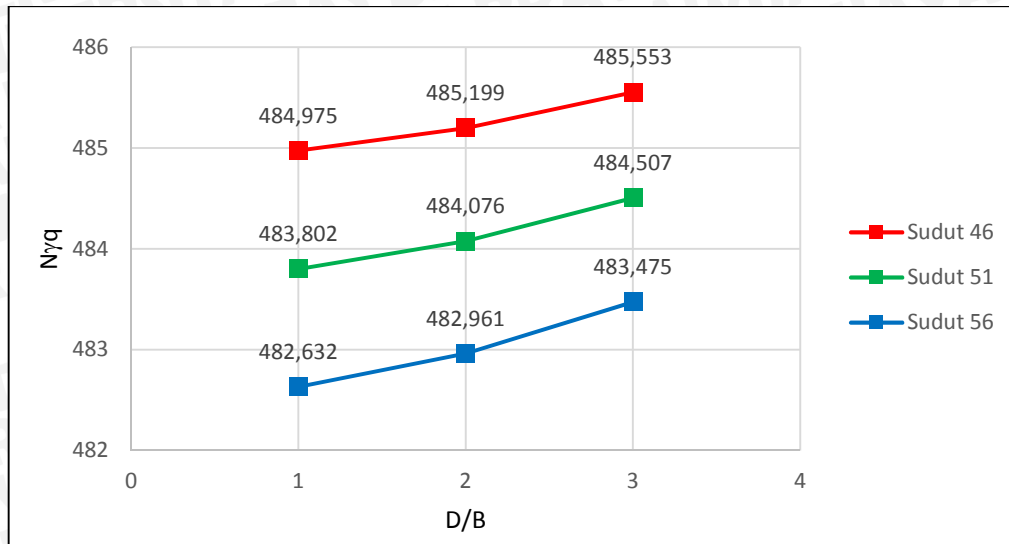
Jarak Pondasi (D/B)	Kemiringan Lereng	N_q
1	46°	484.975
	51°	483.802
	56°	482.632
2	46°	485.199
	51°	484.076
	56°	482.961
3	46°	485.553
	51°	484.507
	56°	483.475



Gambar 4.4 Grafik hubungan N_q terhadap sudut kemiringan

Tabel 4.6 Nilai N_q dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng

Kemiringan Lereng	Jarak Pondasi (D/B)	N_q
46°	1	484.975
	2	485.199
	3	485.553
51°	1	483.802
	2	484.076
	3	484.507
56°	1	482.632
	2	482.961
	3	483.475



Gambar 4.5 Grafik hubungan N q terhadap jarak pondasi ke tepi lereng

Tabel 4.7 Nilai daya dukung analitik untuk lereng tanpa perkuatan

Variabel	qu (kN/m ²)
= 46 D/B = 1	148.499
= 46 D/B = 2	148.568
= 46 D/B = 3	148.676
= 51 D/B = 1	148.140
= 51 D/B = 2	148.224
= 51 D/B = 3	148.356
= 56 D/B = 1	147.782
= 56 D/B = 2	147.883
= 56 D/B = 3	148.040

4.2.1.2. Metode Eksperimen

Melalui eksperimen yang telah kami lakukan, Didapat data beban maksimum yang mampu dipikul oleh model lereng. Dari nilai beban maksimum tersebut, kemudian dapat diperoleh nilai daya dukung dengan membagi beban maksimum tersebut dengan luasan pondasi. Hasil nilai daya dukung yang diperoleh melalui eksperimen disajikan dalam **Tabel 4.8** berikut ini.

Tabel 4.8. Nilai daya dukung eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan

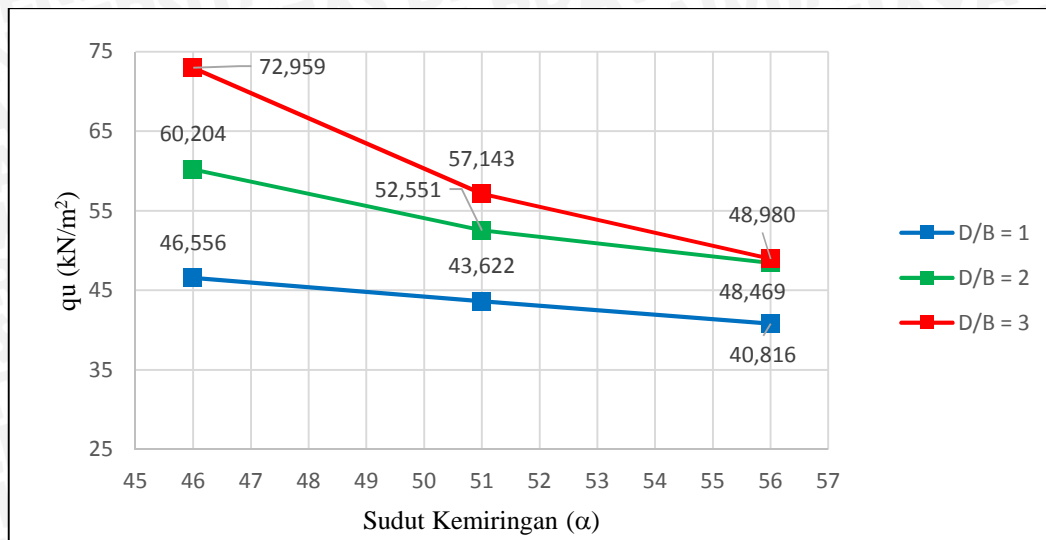
Variabel	Beban (kg)	q_u (kN/m ²)
= 46 D/B = 1	182,5	46,556
= 46 D/B = 2	236	60,204
= 46 D/B = 3	286	72,959
= 51 D/B = 1	171	43,622
= 51 D/B = 2	206	52,551
= 51 D/B = 3	224	57,143
= 56 D/B = 1	160	40,816
= 56 D/B = 2	190	48,469
= 56 D/B = 3	192	48,980

4.2.1.2.1. Nilai Daya Dukung Eksperimen dengan Variasi Sudut Kemiringan Lereng

Dari hasil eksperimen diketahui bahwa daya dukung lereng berbanding terbalik terhadap sudut kemiringan lereng terhadap bidang horizontal. Rekapitulasi daya dukung eksperimen dengan variasi sudut kemiringan lereng dapat dilihat pada **Tabel 4.9** dan grafik hubungan daya dukung dengan sudut kemiringan lereng dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.

Tabel 4.9 Daya dukung lereng tanpa perkuatan dengan variasi sudut kemiringan lereng

Jarak pondasi (D/B)	Sudut kemiringan lereng	q_u tanpa perkuatan (kN/m ²)
1	46	46,556
	51	43,622
	56	40,816
2	46	60,204
	51	52,551
	56	48,469
3	46	72,959
	51	57,143
	56	48,980



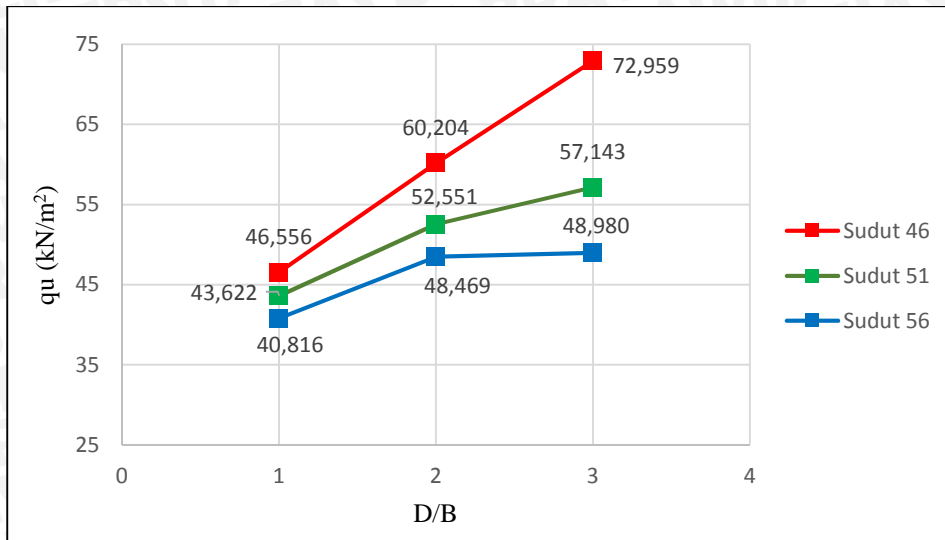
Gambar 4.6 Grafik hubungan daya dukung dengan sudut kemiringan lereng

4.2.1.2.2. Nilai Daya Dukung Eksperimen Dengan Variasi Jarak Pondasi ke Tepi Lereng

Dari hasil eksperimen diketahui bahwa daya dukung lereng berbanding terbalik dengan jarak pondasi ke tepi lereng. Rekapitulasi daya dukung eksperimen dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng dapat dilihat pada **Tabel 4.10** dan grafik hubungan daya dukung dengan sudut kemiringan lereng dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.

Tabel 4.10 Daya dukung lereng tanpa perkuatan dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng.

Sudut kemiringan lereng	Jarak pondasi (D/B)	qu tanpa perkuatan (kN/m ²)
46	1	46,556
	2	60,204
	3	72,959
51	1	43,622
	2	52,551
	3	57,143
56	1	40,816
	2	48,469
	3	48,980



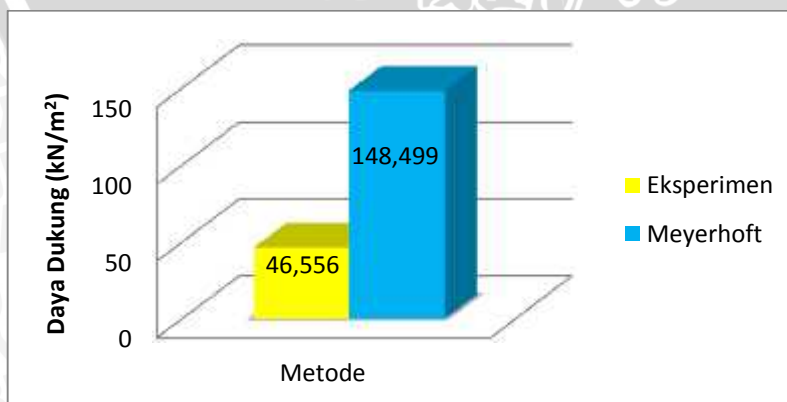
Gambar 4.7 Grafik hubungan daya dukung dengan jarak pondasi ke tepi lereng

4.2.1.3. Perbandingan Nilai Daya Dukung Analitik dengan Eksperimen Untuk Lereng Tanpa Perkuatan

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai daya dukung analitik lebih besar dari pada daya dukung eksperimen. Perbandingan nilai daya dukung analitik dengan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan disajikan dalam bentuk tabel dan diagram batang.

Tabel 4.11 Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan

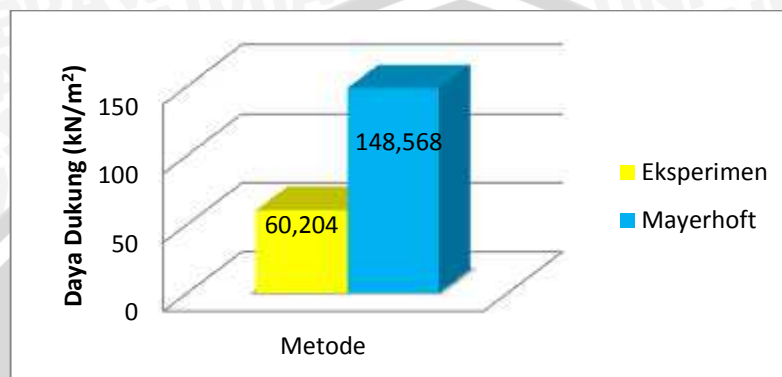
= 46 ; D/B = 1; B = 4 cm	
Metode	qu (kN/m ²)
Eksperimen	46,556
Meyerhoft	148,499



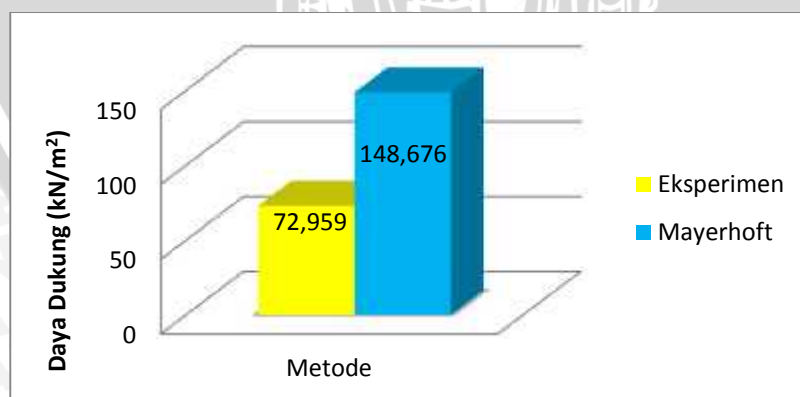
Gambar 4.8 Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan = 46 ; D/B = 1; B = 4 cm

Tabel 4.12. Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan

= 46 ; D/B = 2 ; B = 4 cm	
Metode	qu (kN/m ²)
Eksperimen	60,204
Mayerhoft	148,568

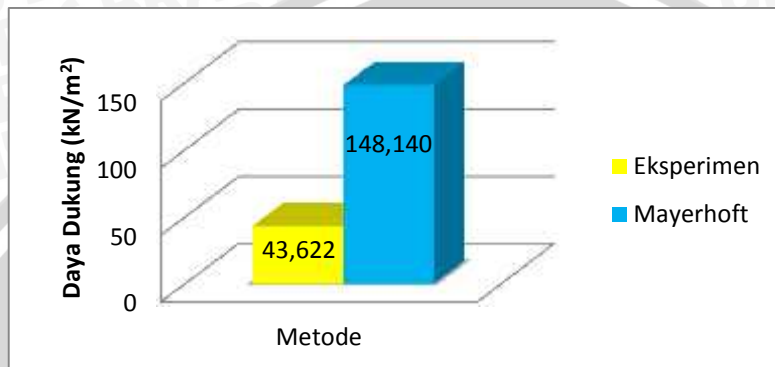
**Gambar 4.9** Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan = 46 ; D/B = 2 ; B = 4 cm**Tabel 4.13** Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan

= 46 ; D/B = 3 ; B = 4 cm	
Metode	qu (kN/m ²)
Eksperimen	72,959
Gemperline	148,676

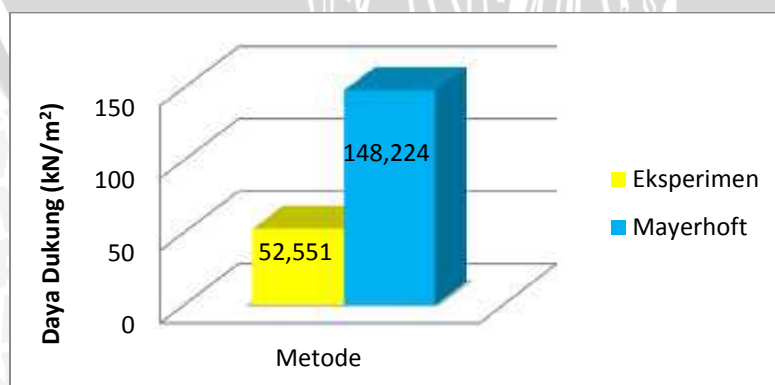
**Gambar 4.10** Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan = 46 ; D/B = 3 ; B = 4 cm

Tabel 4.14 Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan

= 51 ; D/B = 1; B = 4 cm	
Metode	qu (kN/m ²)
Eksperimen	43,622
Mayerhofs	148,140

**Gambar 4.11** Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan = 51 ; D/B = 1; B = 4 cm**Tabel 4.15** Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan

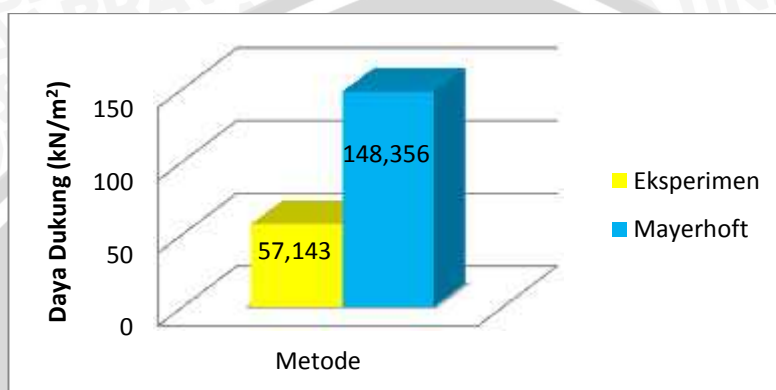
= 51 ; D/B = 2; B = 4 cm	
Metode	qu (kN/m ²)
Eksperimen	52,551
Mayerhofs	148,224

**Gambar 4.12** Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan = 51 ; D/B = 2; B = 4 cm

Tabel 4.16 Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan

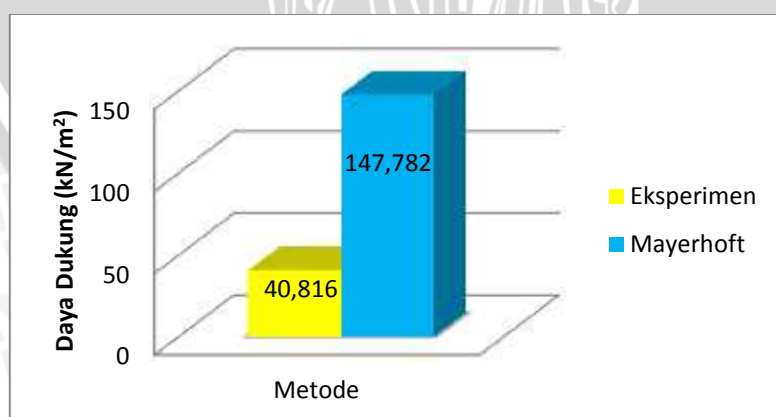
= 51 ; D/B = 3; B = 4 cm

Metode	q_u (kN/m ²)
Eksperimen	57,143
Mayerhoft	148,356

**Gambar 4.13** Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan = 51 ; D/B = 3; B = 4 cm**Tabel 4.17** Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan

= 56 ; D/B = 1; B = 4 cm

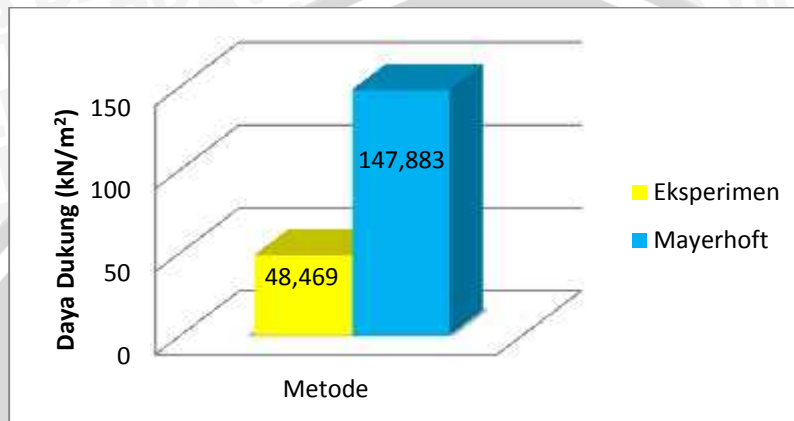
Metode	q_u (kN/m ²)
Eksperimen	40,816
Mayerhoft	147,782

**Gambar 4.14** Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan = 56 ; D/B = 1; B = 4 cm

Tabel 4.18 Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan

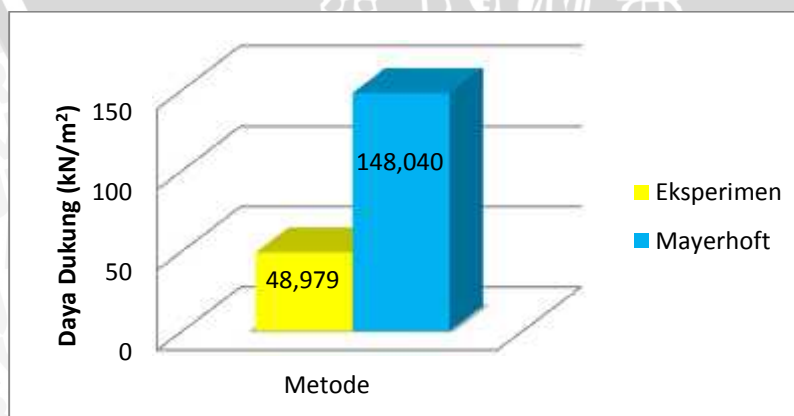
= 56 ; D/B = 2; B = 4 cm

Metode	q_u (kN/m ²)
Eksperimen	48,469
Mayerhoft	147,883

**Gambar 4.15** Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan = 56 ; D/B = 2; B = 4 cm**Tabel 4.19** Nilai daya dukung analitik dan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan

= 56 ; D/B = 3 ; B = 4 cm

Metode	q_u (kN/m ²)
Eksperimen	48,979
Mayerhoft	148,040

**Gambar 4.16** Perbandingan nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan = 56 ; D/B = 3; B = 4 cm

4.2.2. Daya Dukung Lereng dengan Perkuatan Geogrid

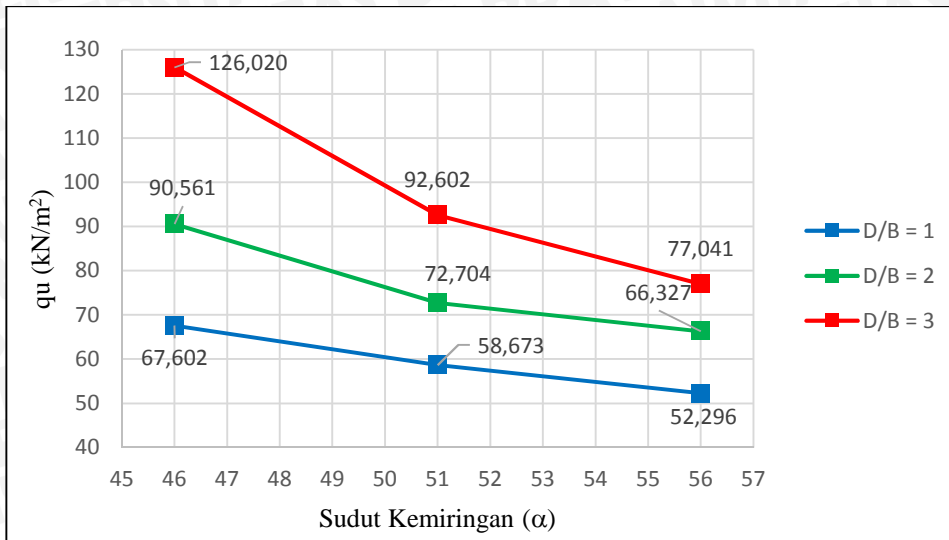
Nilai daya dukung lereng dengan perkuatan geogrid yang didapat melalui uji pembebanan menunjukkan hasil yang lebih besar dibandingkan daya dukung lereng tanpa perkuatan. Ini sesuai dengan teori dimana dengan dipasangkan perkuatan pada lereng akan menambah kuat tarik tanah sehingga daya dukungnya menjadi lebih besar. Pada penelitian ini nilai daya dukung dianalisis berdasarkan variasi sudut kemiringan lereng dan jarak pondasi ke tepi lereng.

4.2.2.1. Nilai Daya Dukung Perkuatan dengan Variasi Sudut Kemiringan Lereng

Dari hasil eksperimen diketahui bahwa daya dukung lereng berbanding terbalik terhadap sudut kemiringan lereng terhadap bidang horizontal. Rekapitulasi daya dukung eksperimen dengan variasi sudut kemiringan lereng dapat dilihat pada **Tabel 4.20** dan grafik hubungan daya dukung dengan sudut kemiringan lereng dapat dilihat pada **Gambar 4.17**.

Tabel 4.20 Nilai daya dukung lereng perkuatan dengan variasi sudut kemiringan ()

Jarak pondasi (D/B)	Sudut kemiringan lereng	qu perkuatan (kN/m ²)
1	46	67,602
	51	58,673
	56	52,296
2	46	90,561
	51	72,704
	56	66,327
3	46	126,020
	51	92,602
	56	77,041



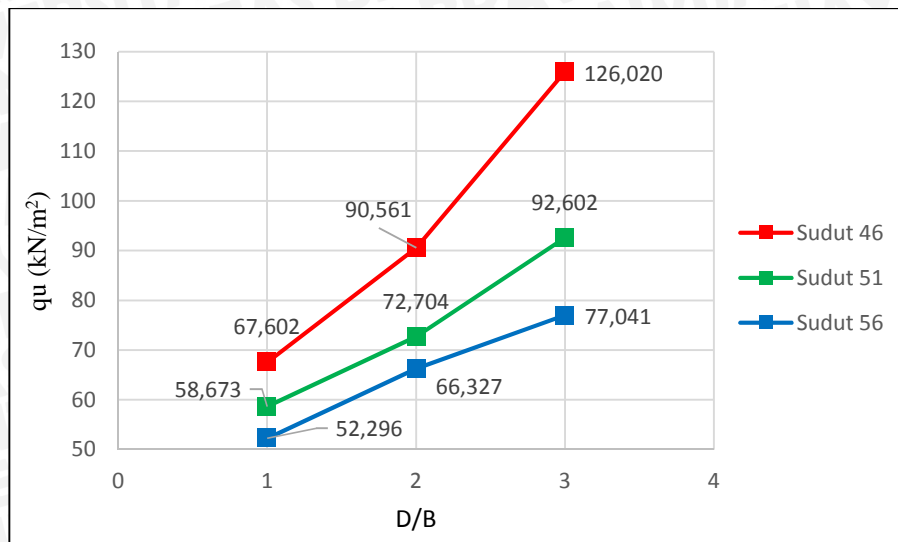
Gambar 4.17 Grafik hubungan daya dukung dengan sudut kemiringan lereng

4.2.2.2. Nilai Daya Dukung Perkuatan dengan Variasi Jarak Pondasi ke Tepi Lereng

Dari hasil eksperimen diketahui bahwa daya dukung lereng berbanding lurus terhadap jarak pondasi ke tepi lereng. Rekapitulasi daya dukung lereng dengan perkuatan dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng dapat dilihat pada **Tabel 4.21** dan grafik hubungan daya dukung dengan sudut kemiringan lereng dapat dilihat pada **Gambar 4.18**.

Tabel 4.21 Nilai daya dukung lereng perkuatan dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng

Sudut kemiringan lereng	Jarak pondasi (D/B)	qu perkuatan (kN/m ²)
46	1	67,602
	2	90,561
	3	126,020
51	1	58,673
	2	72,704
	3	92,602
56	1	52,296
	2	66,327
	3	77,041



Gambar 4.18 Grafik hubungan daya dukung dengan jarak pondasi ke tepi lereng

4.3. Analisis *Bearing Capacity Improvement* Berdasarkan Tegangan Ultimit (BCIu)

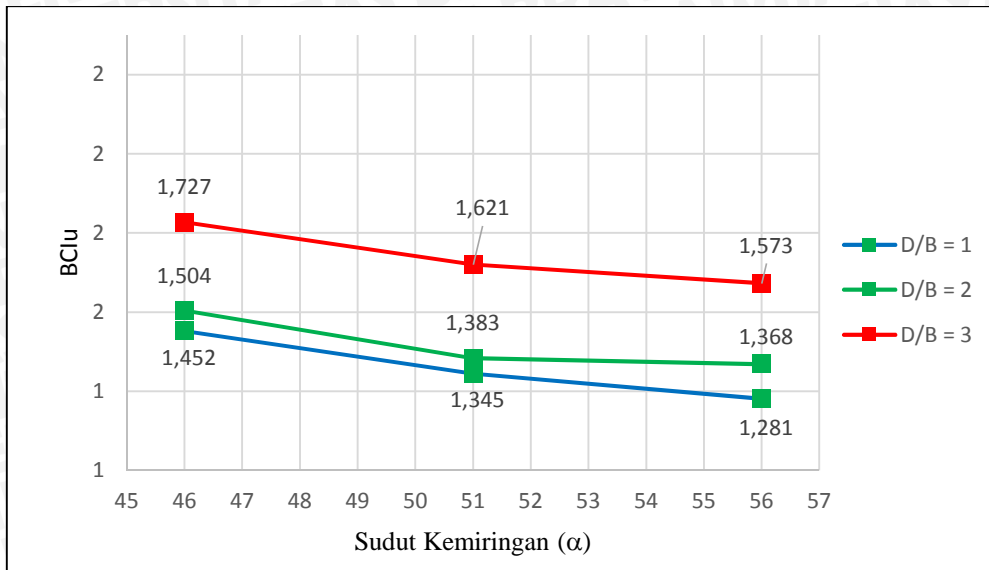
Pada penelitian ini analisis peningkatan daya dukung berdasarkan tegangan ultimit (BCIu) ditinjau berdasarkan variasi sudut kemiringan lereng dan jarak pondasi ke tepi lereng.

4.3.1. Analisis BCIu Untuk Variasi Sudut Kemiringan Lereng

Hubungan BCIu dengan sudut kemiringan lereng untuk setiap jarak pondasi dapat dilihat pada **Tabel 4.22** dan **Gambar 4.19**.

Tabel 4.22. Nilai BCIu untuk variasi sudut kemiringan lereng

Jarak pondasi (D/B)	Sudut kemiringan lereng	qu perkuatan (kN/m ²)	qu tanpa perkuatan (kN/m ²)	BCIu
1	46	67,602	46,556	1,452
	51	58,673	43,622	1,345
	56	52,296	40,816	1,281
2	46	90,561	60,204	1,504
	51	72,704	52,551	1,383
	56	66,327	48,469	1,368
3	46	126,020	72,959	1,727
	51	92,602	57,143	1,621
	56	77,041	48,980	1,573



Gambar 4.19 Grafik hubungan BCIu dengan variasi sudut kemiringan lereng

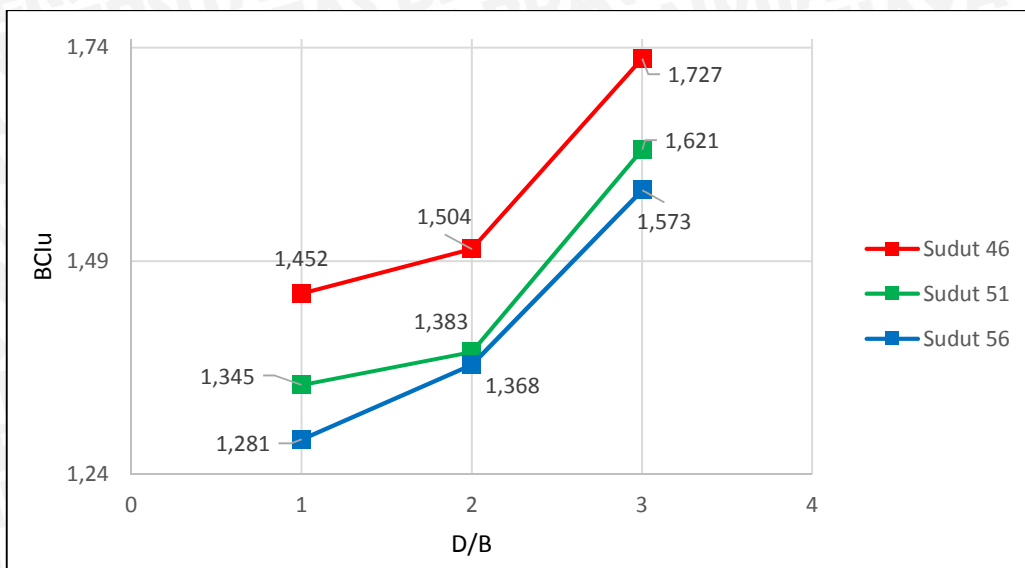
Berdasarkan **Tabel 4.22** dan **Gambar 4.19** dapat diketahui bahwa bertambahnya sudut akan menurunkan peningkatan daya dukung lereng. Adapun nilai (BCIu) paling maksimum dalam penelitian ini diperoleh saat $D/B = 3$ dengan $\alpha = 46^\circ$ yaitu sebesar 1,727.

4.3.2. Analisis BCIu Untuk Variasi Jarak Pondasi ke Tepi Lereng

Hubungan BCIu dengan jarak pondasi ke tepi lereng untuk setiap sudut kemiringan lereng dapat dilihat pada **Tabel 4.23** dan **Gambar 4.20**.

Tabel 4.23 Nilai BCIu untuk variasi jarak pondasi ke tepi lereng

Sudut kemiringan lereng	Jarak Pondasi (D/B)	q_u perkuatan (kN/m^2)	q_u tanpa perkuatan (k/m^2)	BCIu
46	1	67,602	46,556	1,452
	2	90,561	60,204	1,504
	3	126,020	72,959	1,727
51	1	58,673	43,622	1,345
	2	72,704	52,551	1,383
	3	92,602	57,143	1,621
56	1	52,296	40,816	1,281
	2	66,327	48,469	1,368
	3	77,041	48,980	1,573



Gambar 4.20 Grafik hubungan BCIu dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng

Berdasarkan **Tabel 4.23** dan **Gambar 4.20** dapat diketahui bahwa nilai BCIu terus meningkat sampai dengan $D/B = 3$. Peningkatan ini terjadi pada semua variasi sudut kemiringan lereng namun BCIu yang paling besar terjadi pada sudut kemiringan lereng 46° . Jadi nilai (BCIu) paling maksimum dalam penelitian ini diperoleh saat $= 46^{\circ}$ dengan $D/B = 3$ yaitu sebesar 1,727.

4.3.3. Peningkatan Daya Dukung Dalam Persen

Peningkatan daya dukung dalam persen dapat dilihat pada **Tabel 4.24** untuk semua variasi sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng.

Tabel 4.24 Hasil peningkatan daya dukung lereng (%)

Variabel	qu perkuatan (kN/m ²)	qu tanpa perkuatan (kN/m ²)	Peningkatan (%)
= 46° D/B = 1	67,602	46,556	45,205
= 46° D/B = 2	90,561	60,204	50,424
= 46° D/B = 3	126,020	72,959	72,727
= 51° D/B = 1	58,673	43,622	34,503
= 51° D/B = 2	72,704	52,551	38,350
= 51° D/B = 3	92,602	57,143	62,054
= 56° D/B = 1	52,296	40,816	28,125
= 56° D/B = 2	66,327	48,469	36,842
= 56° D/B = 3	77,041	48,980	57,292

Dari **Tabel 4.24** dapat diketahui peningkatan daya dukung (%) maksimum terjadi pada sudut kemiringan 46° dan D/B = 3.

4.3.4. Peningkatan Daya Dukung Antar Variabel dalam Persen

Analisis peningkatan daya dukung antar variabel dilakukan untuk lereng tanpa perkuatan dan lereng dengan perkuatan untuk variasi sudut kemiringan maupun jarak pondasi ke tepi lereng. Hasil analisis disajikan pada tabel di bawah.

Tabel 4.25 Peningkatan daya dukung lereng tanpa perkuatan antar variabel sudut kemiringan lereng (%)

Jarak pondasi	Sudut kemiringan	q_u tanpa perkuatan (kN/m ²)	Peningkatan antar variabel (%)	Rata-rata peningkatan (%)
D/B = 1	= 46°	46,556	6,725	6,800
	= 51°	43,622	6,875	
	= 56°	40,816	-	
D/B = 2	= 46°	60,204	14,563	11,492
	= 51°	52,551	8,421	
	= 56°	48,469	-	
D/B = 3	= 46°	72,959	27,679	22,173
	= 51°	57,143	16,667	
	= 56°	48,980	-	
			Rata-rata total peningkatan	13,488

Dari **Tabel 4.25** dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan daya dukung ketika sudut kemiringan lereng semakin kecil untuk semua jarak pondasi ke tepi lereng. Namun dapat dilihat besarnya peningkatan daya dukung terus mengalami peningkatan mulai dari D/B = 1 sampai dengan D/B = 3. Jadi peningkatan daya dukung antar variabel sudut kemiringan lereng yang paling besar adalah ketika D/B = 3 yaitu sebesar 22,173% dan rata-rata peningkatan daya dukung dari ketiga jarak pondasi adalah 13,488%.

Tabel 4.26 Peningkatan daya dukung lereng dengan perkuatan antar variabel sudut kemiringan lereng (%)

Jarak pondasi	Sudut kemiringan	qu perkuatan (kN/m ²)	Peningkatan antar variabel (%)	Rata-rata peningkatan (%)
D/B = 1	= 46°	67,602	15,217	13,706
	= 51°	58,673	12,195	
	= 56°	52,296	-	
D/B = 2	= 46°	90,561	24,561	17,088
	= 51°	72,704	9,615	
	= 56°	66,327	-	
D/B = 3	= 46°	126,020	36,088	28,143
	= 51°	92,602	20,199	
	= 56°	77,041	-	
Rata-rata total peningkatan				19,646

Dari **Tabel 4.26** dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan daya dukung ketika sudut kemiringan lereng semakin kecil untuk semua jarak pondasi ke tepi lereng. Namun dapat dilihat besarnya peningkatan daya dukung terus mengalami peningkatan mulai dari D/B = 1 sampai dengan D/B = 3. Jadi peningkatan daya dukung antar variabel sudut kemiringan lereng yang paling besar adalah ketika D/B = 3 yaitu sebesar 28,143% dan rata-rata peningkatan daya dukung dari ketiga jarak pondasi adalah 19,646%

Tabel 4.27 Peningkatan daya dukung lereng tanpa perkuatan antar variabel jarak pondasi ke tepi lereng (%)

Sudut kemiringan (°)	Jarak Pondasi (D/B)	qu tanpa perkuatan (kN/m ²)	Peningkatan antar variabel (%)	Rata-rata peningkatan (%)
46	1	46,556	29,315	25,251
	2	60,204	21,186	
	3	72,959	-	
51	1	43,622	20,468	14,603
	2	52,551	8,738	
	3	57,143	-	
56	1	40,816	18,750	9,901
	2	48,469	1,053	
	3	48,980	-	
			Rata-rata total peningkatan	16,585

Dari **Tabel 4.27** dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan daya dukung ketika jarak pondasi ke tepi lereng semakin besar untuk semua sudut kemiringan lereng. Namun dapat dilihat besarnya peningkatan daya dukung terus mengalami peningkatan mulai dari sudut kemiringan lereng 56⁰ sampai dengan sudut kemiringan lereng 46⁰. Jadi peningkatan daya dukung antar variabel jarak pondasi ke tepi lereng yang paling besar adalah ketika sudut kemiringan lereng 46⁰ yaitu sebesar 25,251% dan rata-rata peningkatan daya dukung dari ketiga sudut kemiringan lereng adalah 16,585%.

Tabel 4.28 Peningkatan daya dukung lereng dengan perkuatan antar variabel jarak pondasi ke tepi lereng

Sudut kemiringan (°)	Jarak pondasi (D/B)	qu perkuatan (kN/m ²)	Peningkatan antar variabel (%)	Rata-rata peningkatan (%)
46	1	67,602	33,962	36,559
	2	90,561	39,155	
	3	126,020	-	
51	1	58,673	23,913	25,641
	2	72,704	27,368	
	3	92,602	-	
56	1	52,296	26,829	21,492
	2	66,327	16,154	
	3	77,041	-	
			Rata-rata total peningkatan	27,897

Dari **Tabel 4.28** dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan daya dukung ketika jarak pondasi ke tepi lereng semakin besar untuk semua sudut kemiringan lereng. Namun dapat dilihat besarnya peningkatan daya dukung terus mengalami peningkatan mulai dari sudut kemiringan lereng 56⁰ sampai dengan sudut kemiringan lereng 46⁰. Jadi peningkatan daya dukung antar variabel jarak pondasi ke tepi lereng yang paling besar adalah ketika sudut kemiringan lereng 46⁰ yaitu sebesar 36,559% dan rata-rata peningkatan daya dukung dari ketiga sudut kemiringan lereng adalah 27,897%.

Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng berpengaruh terhadap daya dukung lereng. Hubungan kedua variabel tersebut terhadap daya dukung adalah daya dukung berbanding terbalik terhadap sudut kemiringan lereng dan berbanding lurus terhadap jarak pondasi ke tepi lereng.

Besarnya peningkatan daya dukung terus bertambah seiring dengan mengecilnya sudut kemiringan lereng. Dan peningkatan daya dukung juga terus bertambah seiring dengan bertambahnya jarak pondasi ke tepi lereng. Jadi peningkatan terbesar terjadi ketika sudut kemiringan lereng 46⁰ dan D/B = 3. Jadi nilai optimum peningkatan daya dukung adalah pada sudut kemiringan 46⁰ dan jarak pondasi ke tepi lereng (D/B) = 3.

Jika dilihat dengan lebih cermat pada grafik hubungan BCIu dengan sudut kemiringan lereng, terlihat grafik cenderung landai. Ini menunjukkan pengaruh variasi sudut kemiringan mulai dari sudut 46⁰ sampai dengan 56⁰ terhadap peningkatan daya dukung cukup kecil. Berbeda dengan hubungan BCIu terhadap jarak pondasi ke tepi

lereng, dari grafik hubungan BCIu dengan jarak pondasi ke tepi lereng terlihat kemiringan grafik yang cukup curam. Ini menunjukkan bahwa pengaruh jarak pondasi ke tepi lereng terhadap peningkatan daya dukung cukup besar.

Pada **Tabel 4.25**, **Tabel 4.26**, **Tabel 4.27**, dan **Tabel 4.28**, dapat dilihat bahwa peningkatan daya dukung antar variabel untuk lereng tanpa perkuatan pengaruh jarak pondasi ke tepi lereng lebih dominan yaitu sebesar 16,585% dari pada sudut kemiringan lereng yang cuma sebesar 13,488%. Begitu pula untuk lereng dengan perkuatan, pengaruh jarak pondasi ke tepi lereng terhadap peningkatan daya dukung lebih dominan yaitu sebesar 27,897% dibandingkan dengan sudut kemiringan lereng yang cuma sebesar 19,646%. Jadi untuk peningkatan daya dukung antar variabel, variasi jarak pondasi ke tepi lereng lebih berpengaruh terhadap peningkatan daya dukung dari pada variasi sudut kemiringan lereng, baik untuk lereng tanpa perkuatan maupun untuk lereng dengan perkuatan.

4.4. Analisis Penurunan Lereng

Analisis penurunan pada penelitian ini dibagi menjadi tiga sub pokok bahasan, yaitu : Penurunan lereng tanpa perkuatan, penurunan lereng dengan perkuatan dan membandingkan penurunan antara lereng tanpa perkuatan dengan lereng perkuatan. Untuk lereng tanpa perkuatan dan lereng dengan perkuatan dianalisis berdasarkan variasi sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng.

4.4.1. Analisis Penurunan Lereng Tanpa Perkuatan

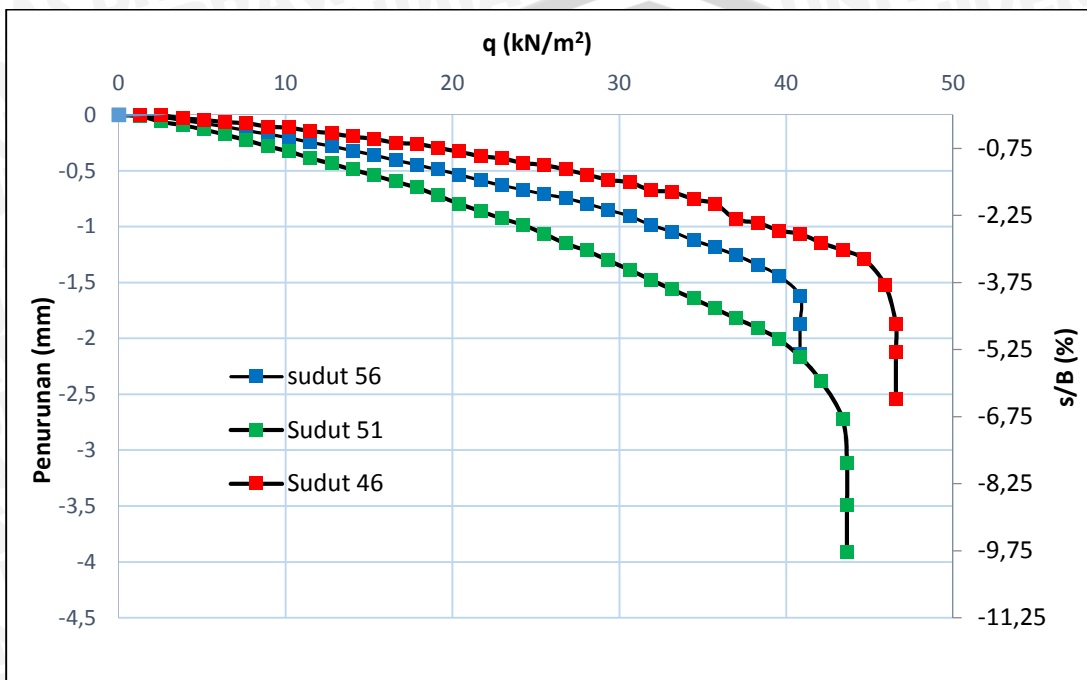
Penurunan lereng tanpa perkuatan dianalisis berdasarkan variasi kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng. Sehingga dapat diketahui bagaimana pengaruh sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng terhadap penurunan.

4.4.1.1. Variasi Sudut Kemiringan Lereng

Analisis penurunan disajikan dalam bentuk grafik hubungan penurunan terhadap tegangan. Untuk variasi sudut kemiringan lereng disajikan untuk setiap jarak pondasi ke tepi lereng sehingga dapat dibandingkan untuk setiap jarak pondasi ke tepi lereng yang sama bagaimanakah perilaku penurunan untuk setiap kemiringan lereng.

4.4.1.1.1. Jarak Pondasi (D/B) = 1

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan variasi sudut kemiringan lereng dengan $D/B = 1$ dapat dilihat pada **Gambar 4.21**.

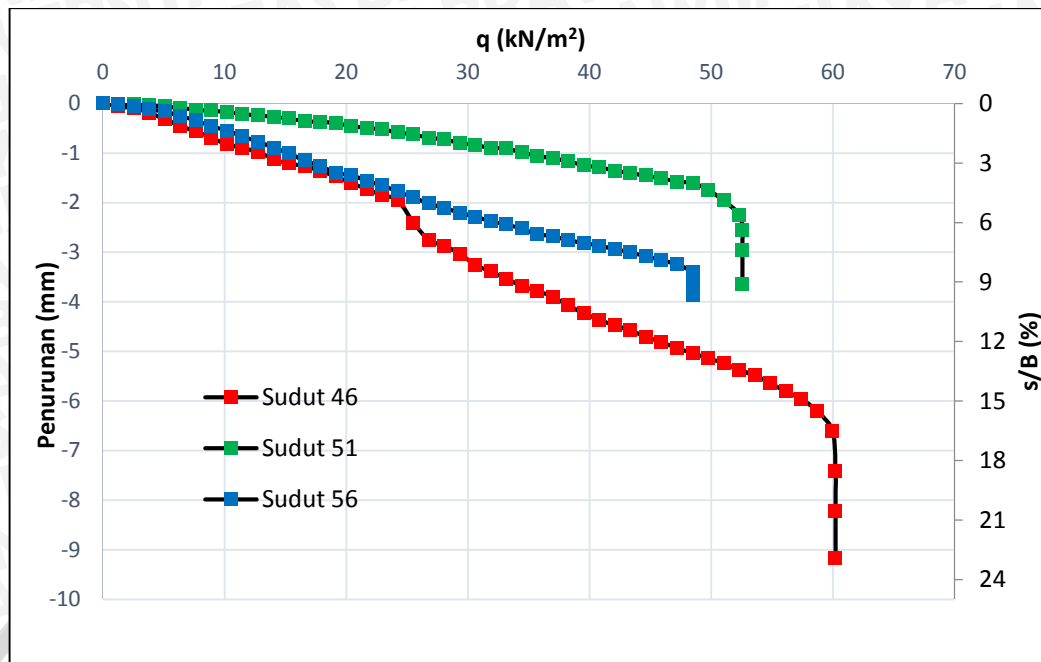


Gambar 4.21 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan jarak pondasi ($D/B = 1$)

Dari grafik di atas dapat diketahui untuk lereng dengan sudut kemiringan 46° adalah lereng dengan daya dukung terbesar yang memiliki pola penurunan paling kecil. Untuk lereng dengan sudut kemiringan 51° memiliki daya dukung terbesar kedua yang memiliki pola penurunan yang paling besar. Untuk lereng dengan sudut kemiringan 56° memiliki daya dukung terkecil yang memiliki pola penurunan diantara dua pola penurunan lain. Jadi dapat disimpulkan untuk lereng dengan $D/B = 1$ hasil penurunan yang didapat tidak menunjukkan perilaku penurunan yang konsisten terhadap perubahan sudut.

4.4.1.1.2. Jarak Pondasi (D/B) = 2

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan variasi sudut kemiringan lereng dengan $D/B = 2$ dapat dilihat pada **Gambar 4.22**.

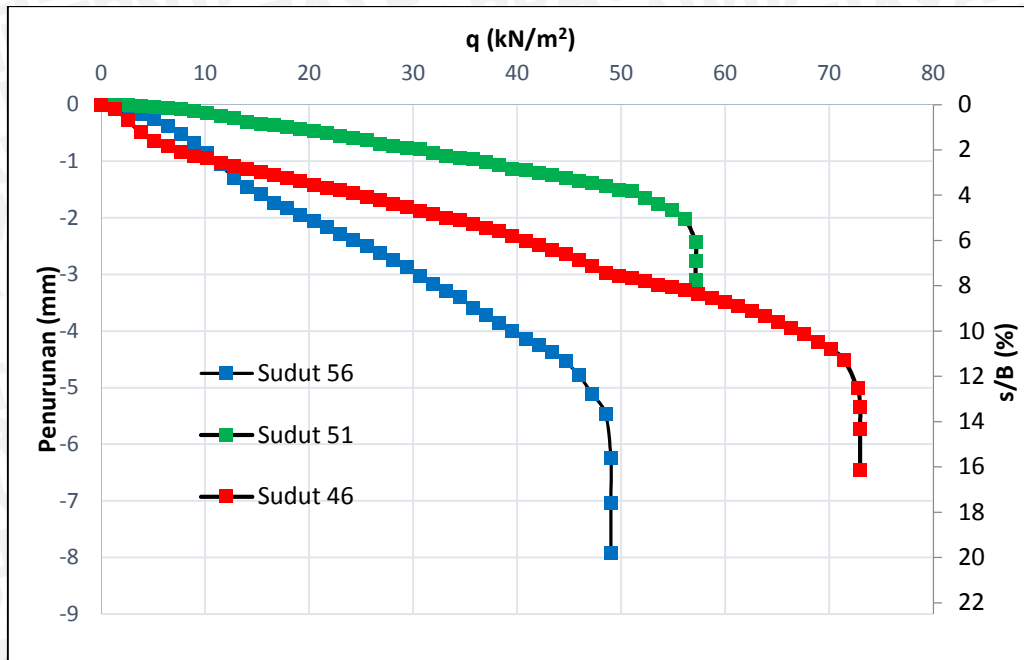


Gambar 4.22 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan jarak pondasi (D/B) = 2

Dari grafik di atas dapat diketahui untuk lereng dengan sudut kemiringan 46° adalah lereng dengan daya dukung terbesar yang memiliki pola penurunan paling besar. Untuk lereng dengan sudut kemiringan 51° memiliki daya dukung terbesar kedua yang memiliki pola penurunan yang paling kecil. Untuk lereng dengan sudut kemiringan 56° memiliki daya dukung terkecil yang memiliki pola penurunan diantara dua pola penurunan lain. Jadi dapat disimpulkan untuk lereng dengan $D/B = 2$ hasil penurunan yang didapat tidak menunjukkan perilaku penurunan yang konsisten terhadap perubahan sudut.

4.4.1.1.3. Jarak Pondasi (D/B) = 3

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan variasi sudut kemiringan lereng dengan $D/B = 3$ dapat dilihat pada **Gambar 4.23**.



Gambar 4.23. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan jarak pondasi (D/B) = 3

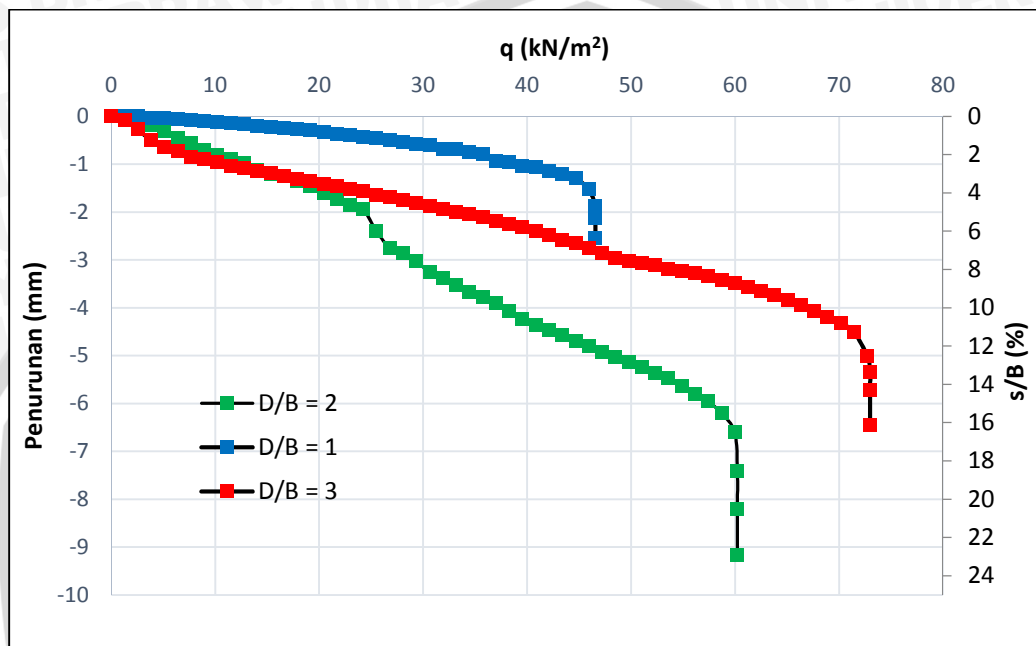
Dari grafik di atas dapat diketahui untuk lereng dengan sudut kemiringan 46° adalah lereng dengan daya dukung terbesar yang memiliki pola penurunan diantara dua pola penurunan yang lain. Untuk lereng dengan sudut kemiringan 51° memiliki daya dukung terbesar kedua yang memiliki pola penurunan yang paling kecil. Untuk lereng dengan sudut kemiringan 56° memiliki daya dukung terkecil yang memiliki pola penurunan terkecil. Dapat disimpulkan untuk lereng dengan $D/B = 3$, hasil pola penurunan yang didapat tidak menunjukkan perilaku penurunan yang konsisten terhadap perubahan sudut.

4.4.1.2. Variasi Jarak Pondasi ke Tepi Lereng

Analisis penurunan disajikan dalam bentuk grafik hubungan penurunan terhadap tegangan. Untuk variasi jarak pondasi ke tepi lereng disajikan untuk setiap sudut kemiringan lereng sehingga dapat dibandingkan untuk sudut kemiringan lereng yang sama bagaimanakah perilaku penurunan untuk setiap jarak pondasi ke tepi lereng.

4.4.1.2.1. Sudut Kemiringan Lereng () = 46°

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng dengan sudut kemiringan lereng 46° dapat dilihat pada **Gambar 4.24**.

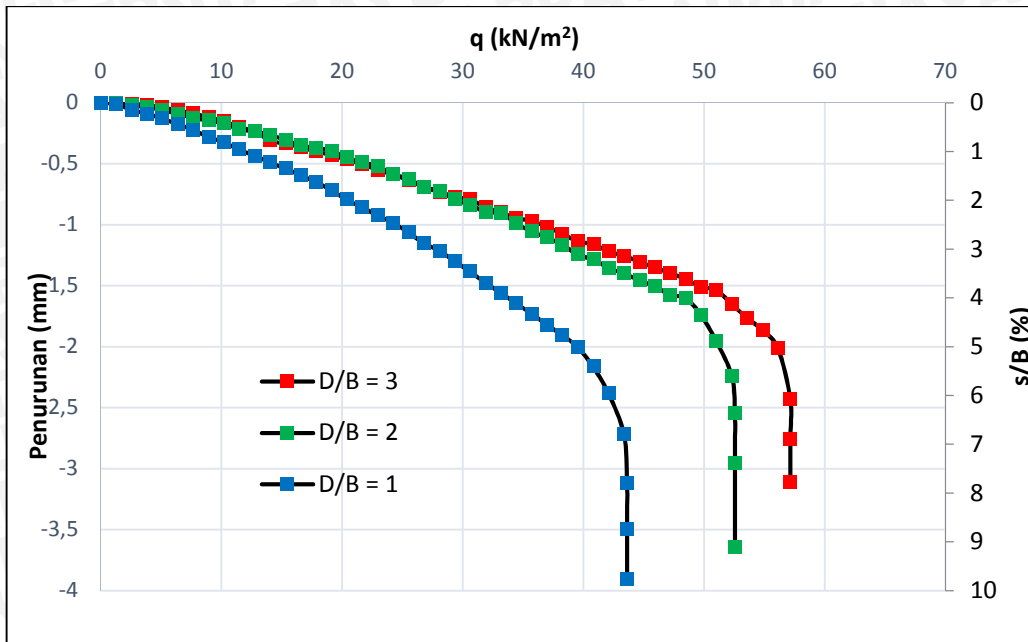


Gambar 4.24 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan sudut kemiringan lereng 46°

Dari grafik di atas dapat diketahui untuk lereng dengan D/B = 3 adalah lereng dengan daya dukung terbesar yang memiliki pola penurunan diantara dua pola penurunan yang lain. Untuk lereng dengan D/B = 2 memiliki daya dukung terbesar kedua yang memiliki pola penurunan yang paling kecil. Untuk lereng dengan D/B = 1 memiliki daya dukung terkecil yang memiliki pola penurunan terkecil. Dapat disimpulkan untuk lereng dengan sudut kemiringan 46°, hasil pola penurunan yang didapat tidak menunjukkan perilaku penurunan yang konsisten terhadap perubahan jarak pondasi ke tepi lereng.

4.4.1.2.2. Sudut Kemiringan Lereng () = 51°

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng dengan sudut kemiringan lereng 51° dapat dilihat pada **Gambar 4.25**.

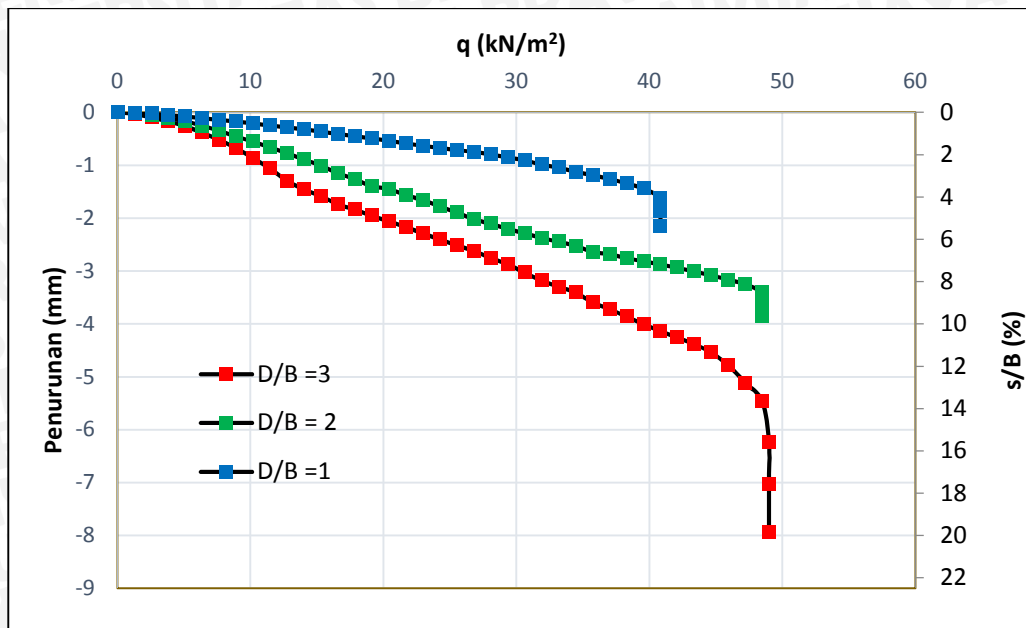


Gambar 4.25 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan sudut kemiringan lereng 51°

Dari grafik di atas dapat diketahui untuk lereng dengan $D/B = 3$ adalah lereng dengan daya dukung terbesar yang memiliki pola penurunan terkecil. Untuk lereng dengan $D/B = 2$ memiliki daya dukung terbesar kedua yang memiliki pola penurunan diantara dua pola penurunan yang lain. Untuk lereng dengan $D/B = 1$ memiliki daya dukung terkecil yang memiliki pola penurunan terkecil. Dapat disimpulkan untuk lereng dengan sudut kemiringan 51° , hasil pola penurunan yang didapat menunjukkan perilaku penurunan yang konsisten terhadap perubahan jarak pondasi ke tepi lereng.

4.4.1.2.3. Kemiringan Lereng (α) = 56°

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng dengan sudut kemiringan lereng 56° dapat dilihat pada **Gambar 4.26**.



Gambar 4.26 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan sudut kemiringan lereng 56°

Dari grafik di atas dapat diketahui untuk lereng dengan $D/B = 3$ adalah lereng dengan daya dukung terbesar yang memiliki pola penurunan terbesar. Untuk lereng dengan $D/B = 2$ memiliki daya dukung terbesar kedua yang memiliki pola penurunan diantara dua pola penurunan yang lain. Untuk lereng dengan $D/B = 1$ memiliki daya dukung terkecil yang memiliki pola penurunan terkecil. Dapat disimpulkan untuk lereng dengan sudut kemiringan 56° , hasil pola penurunan yang didapat menunjukkan perilaku penurunan yang konsisten terhadap perubahan jarak pondasi ke tepi lereng.

4.4.2. Analisis Penurunan Lereng dengan Perkuatan Geogrid

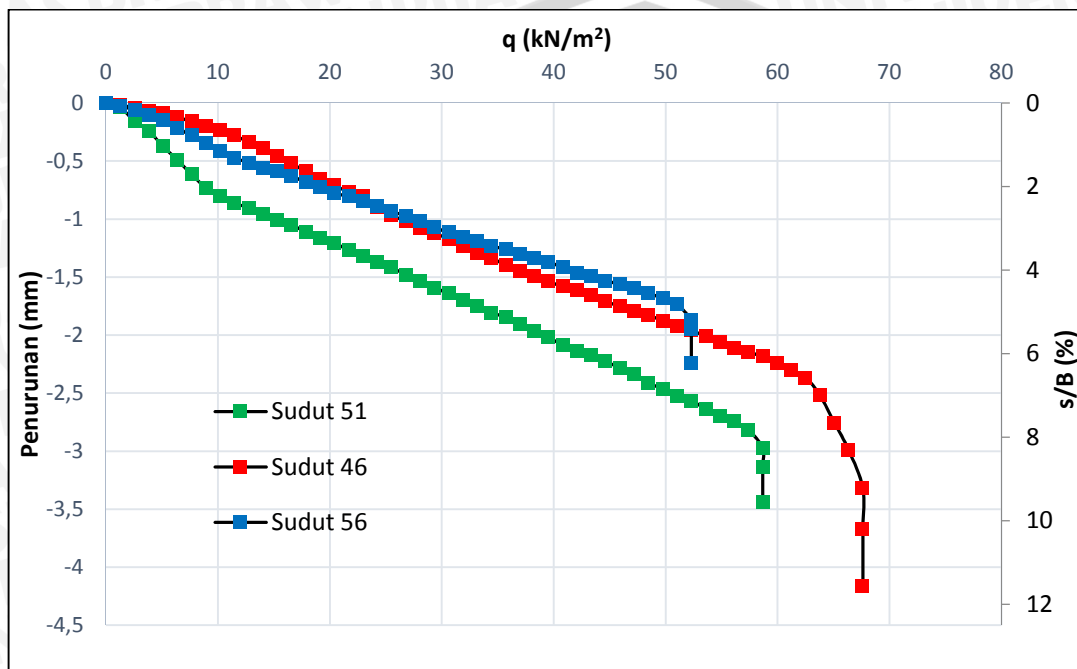
Analisis penurunan lereng dengan perkuatan geogrid dianalisis berdasarkan variasi kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng sehingga dapat diketahui bagaimana pengaruh sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng terhadap penurunan.

4.4.2.1. Variasi Sudut Kemiringan Lereng

Analisis penurunan disajikan dalam bentuk grafik hubungan penurunan terhadap tegangan. Untuk variasi sudut kemiringan lereng disajikan untuk setiap jarak pondasi ke tepi lereng sehingga dapat dibandingkan untuk setiap jarak pondasi ke tepi lereng yang sama bagaimanakah perilaku penurunan untuk setiap sudut kemiringan lereng.

4.4.2.1.1. Jarak Pondasi ke Tepi Lereng (D/B) = 1

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan variasi sudut kemiringan lereng dengan $D/B = 1$ dapat dilihat pada **Gambar 4.27**.

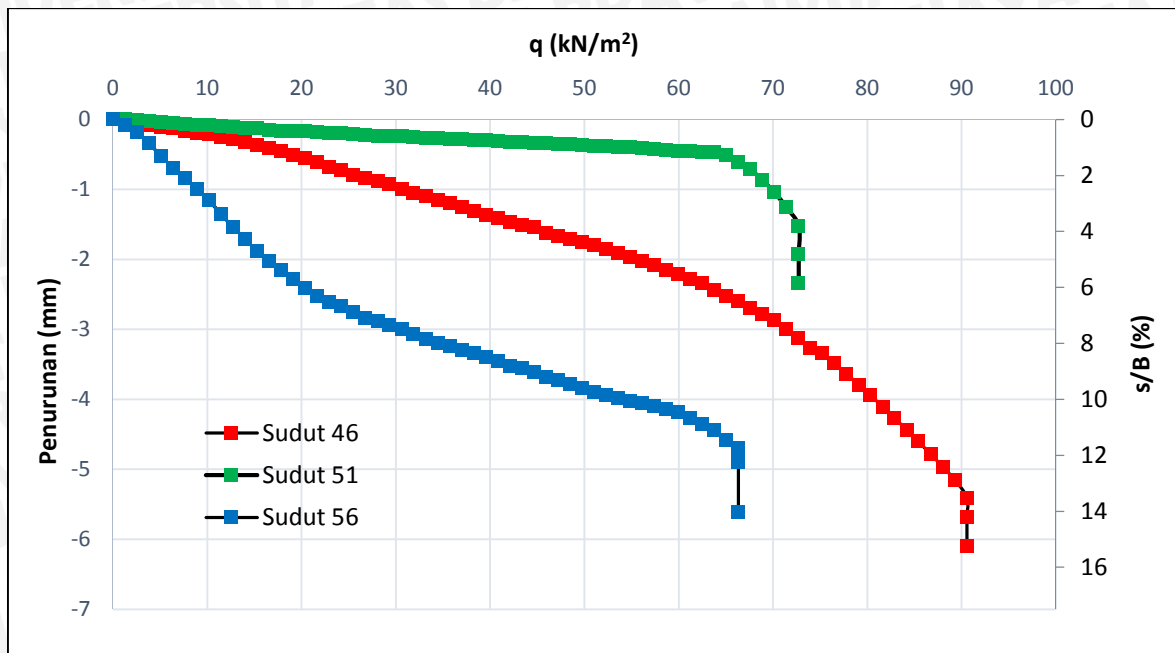


Gambar 4.27 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan perkuatan dengan jarak pondasi (D/B) = 1

Dari grafik di atas dapat diketahui untuk lereng dengan sudut kemiringan 46° adalah lereng dengan daya dukung terbesar yang memiliki pola penurunan diantara dua pola penurunan yang lain. Untuk lereng dengan sudut kemiringan 51° memiliki daya dukung terbesar kedua yang memiliki pola penurunan yang paling kecil. Untuk lereng dengan sudut kemiringan 56° memiliki daya dukung terkecil yang memiliki pola penurunan terkecil. Jadi dapat disimpulkan untuk lereng dengan $D/B = 1$ hasil penurunan yang didapat tidak menunjukkan perilaku penurunan yang konsisten terhadap perubahan sudut.

4.4.2.1.2. Jarak Pondasi ke Tepi Lereng (D/B) = 2

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan variasi sudut kemiringan lereng dengan $D/B = 2$ dapat dilihat pada **Gambar 4.28**.

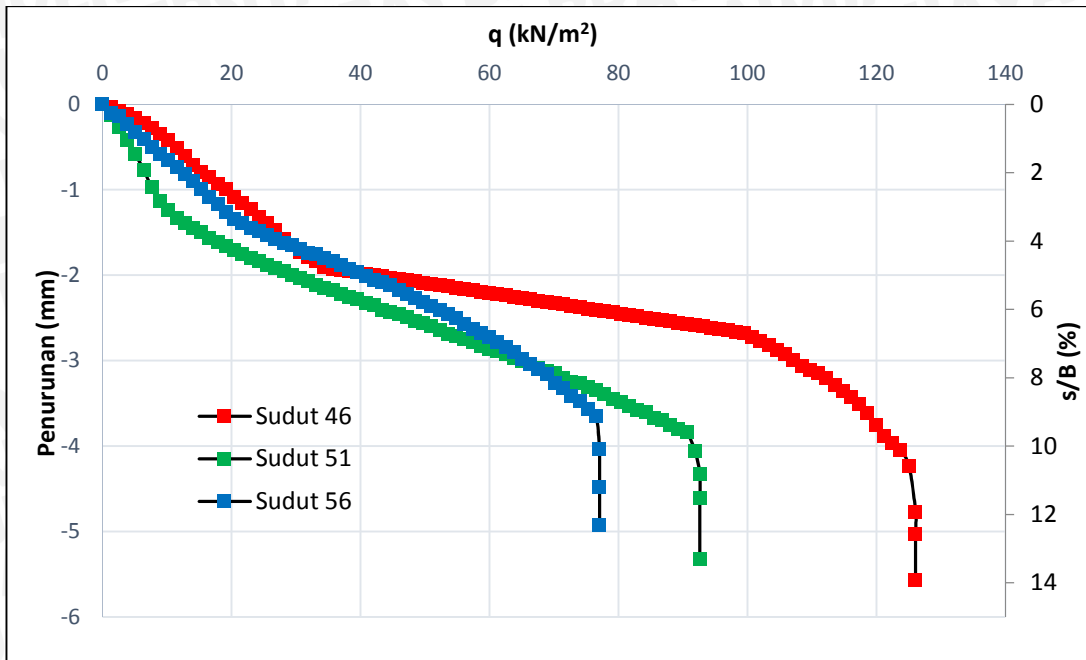


Gambar 4.28. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan perkuatan dengan jarak pondasi ($D/B = 2$)

Dari grafik di atas dapat diketahui untuk lereng dengan sudut kemiringan 46° adalah lereng dengan daya dukung terbesar yang memiliki pola penurunan diantara dua pola penurunan yang lain. Untuk lereng dengan sudut kemiringan 51° memiliki daya dukung terbesar kedua yang memiliki pola penurunan yang paling kecil. Untuk lereng dengan sudut kemiringan 56° memiliki daya dukung terkecil yang memiliki pola penurunan paling besar. Jadi dapat disimpulkan untuk lereng dengan $D/B = 2$ hasil penurunan yang didapat tidak menunjukkan perilaku penurunan yang konsisten terhadap perubahan sudut.

4.4.2.1.3. Jarak Pondasi ke Tepi Lereng ($D/B = 3$)

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng tanpa perkuatan dengan variasi sudut kemiringan lereng dengan $D/B = 3$ dapat dilihat pada **Gambar 4.29**.



Gambar 4.29. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan perkuatan dengan jarak pondasi (D/B) = 3

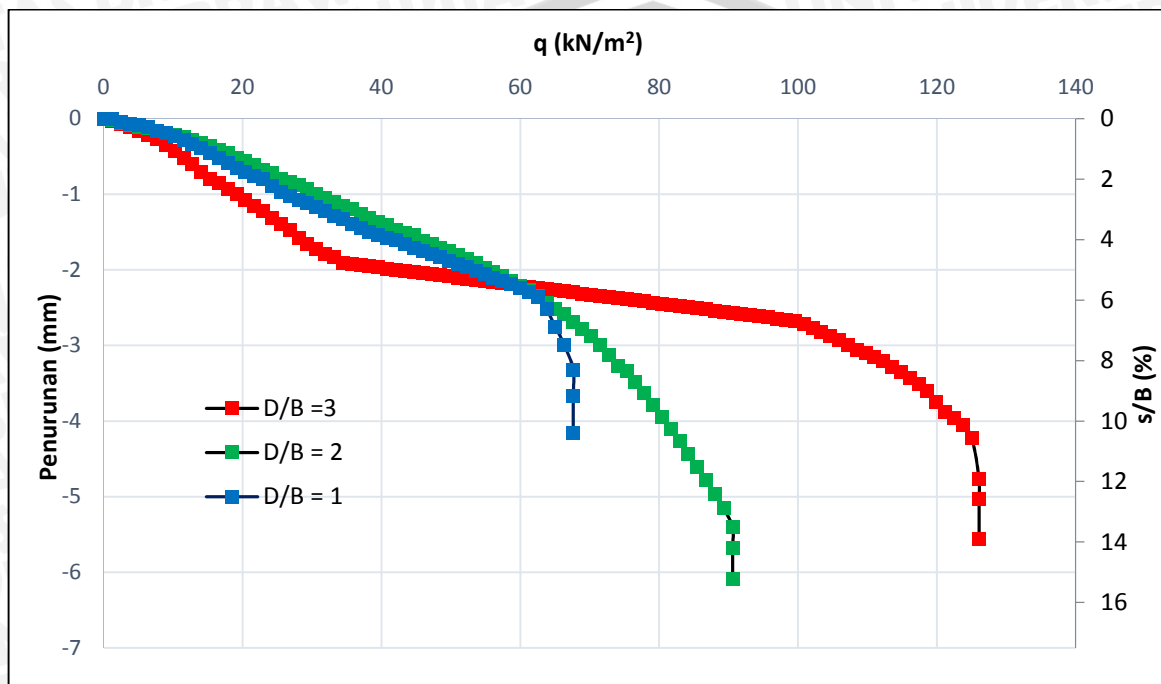
Dari grafik di atas dapat diketahui untuk lereng dengan sudut kemiringan 46° adalah lereng dengan daya dukung terbesar yang memiliki pola penurunan paling kecil. Untuk lereng dengan sudut kemiringan 51° memiliki daya dukung terbesar kedua yang memiliki pola penurunan yang paling besar pada tegangan nol sampai dengan 60 kN/m^2 namun ketika tegangan bertambah, pola penurunannya berada diantara dua pola penurunan yang lain. Untuk lereng dengan sudut kemiringan 56° memiliki daya dukung terkecil yang memiliki pola penurunan diantara dua pola penurunan lain pada tegangan nol sampai dengan 60 kN/m^2 namun ketika tegangan bertambah, pola penurunannya menjadi yang paling kecil. Dapat disimpulkan untuk lereng dengan $D/B = 3$, hasil pola penurunan yang didapat tidak menunjukkan perilaku penurunan yang konsisten terhadap perubahan sudut.

4.4.2.2. Variasi Jarak Pondasi ke Tepi Lereng

Analisis penurunan disajikan dalam bentuk grafik hubungan penurunan terhadap tegangan. Untuk variasi jarak pondasi ke tepi lereng disajikan untuk setiap sudut kemiringan lereng sehingga dapat dibandingkan pada sudut kemiringan lereng yang sama bagaimanakah perilaku penurunan untuk setiap jarak pondasi ke tepi lereng.

4.4.2.2.1. Kemiringan Lereng (α) = 46°

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan perkuatan dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng pada sudut kemiringan lereng 46° dapat dilihat pada **Gambar 4.30**.

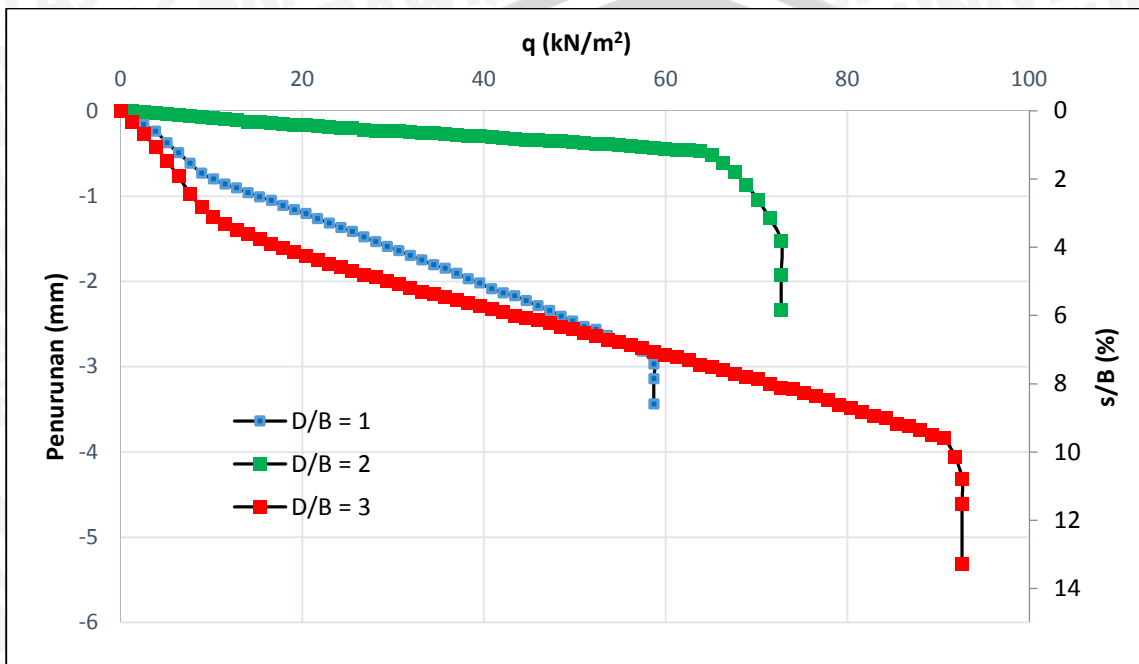


Gambar 4.30 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan perkuatan dengan sudut kemiringan lereng 46°

Dari grafik di atas dapat diketahui untuk lereng dengan $D/B = 3$ adalah lereng dengan daya dukung terbesar yang memiliki pola penurunan terbesar pada tegangan nol sampai dengan 60 kN/m^2 namun ketika tegangan bertambah, pola penurunannya menjadi yang paling kecil. Untuk lereng dengan $D/B = 2$ memiliki daya dukung terbesar kedua yang memiliki pola penurunan terkecil pada tegangan nol sampai dengan 60 kN/m^2 namun ketika tegangan bertambah, pola penurunannya menjadi diantara dua pola penurunan yang lain. Untuk lereng dengan $D/B = 1$ memiliki daya dukung terkecil yang memiliki pola penurunan diantara dua pola penurunan yang lain pada tegangan nol sampai dengan 60 kN/m^2 namun ketika tegangan bertambah, pola penurunannya menjadi yang terkecil. Dapat disimpulkan untuk lereng dengan sudut kemiringan 46° , hasil pola penurunan yang didapat tidak menunjukkan perilaku penurunan yang konsisten terhadap perubahan jarak pondasi ke tepi lereng.

4.4.2.2.2. Kemiringan Lereng () = 51°

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan perkuatan dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng pada sudut kemiringan lereng 51° dapat dilihat pada **Gambar 4.31**.

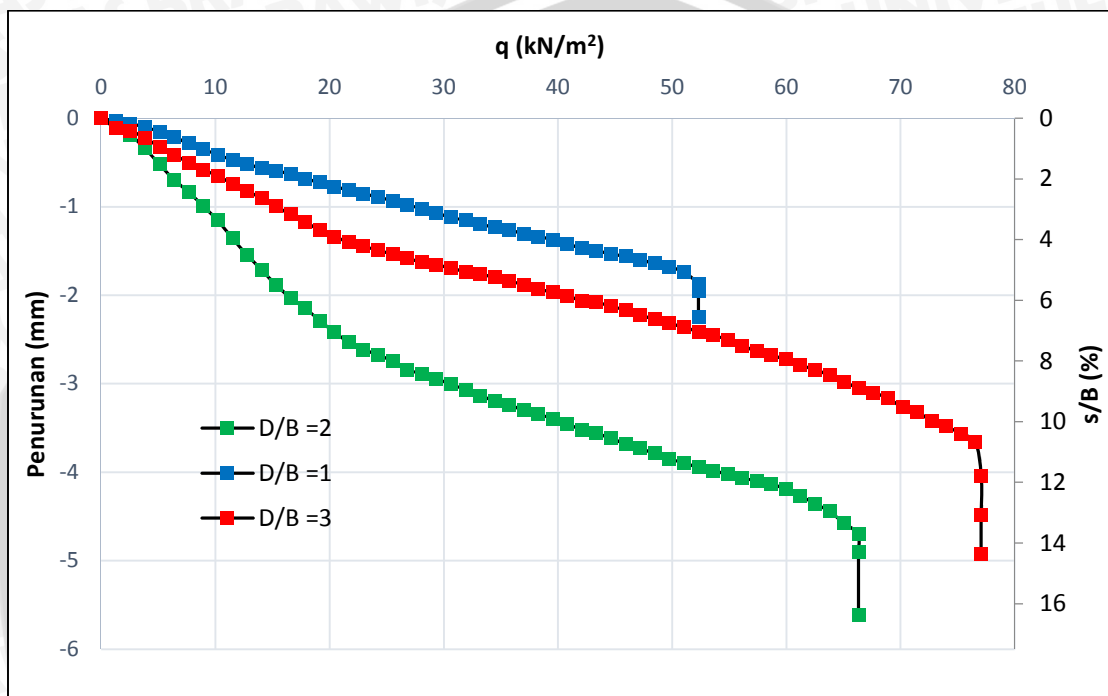


Gambar 4.31 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan perkuatan dengan sudut kemiringan lereng 51°

Dari grafik di atas dapat diketahui untuk lereng dengan $D/B = 3$ adalah lereng dengan daya dukung terbesar yang memiliki pola penurunan terbesar pada tegangan nol sampai dengan sekitar 58 kN/m² namun ketika tegangan bertambah, pola penurunannya menjadi diantara dua pola penurunan yang lain. Untuk lereng dengan $D/B = 2$ memiliki daya dukung terbesar kedua yang memiliki pola penurunan terkecil. Untuk lereng dengan $D/B = 1$ memiliki daya dukung terkecil yang memiliki pola penurunan diantara dua pola penurunan yang lain. Dapat disimpulkan untuk lereng dengan sudut kemiringan 51°, hasil pola penurunan yang didapat tidak menunjukkan perilaku penurunan yang konsisten terhadap perubahan jarak pondasi ke tepi lereng.

4.4.2.2.3. Kemiringan Lereng (α) = 56°

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan perkuatan dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng pada sudut kemiringan lereng 56° dapat dilihat pada **Gambar 4.32**.



Gambar 4.32 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan perkuatan dengan sudut kemiringan lereng 56°

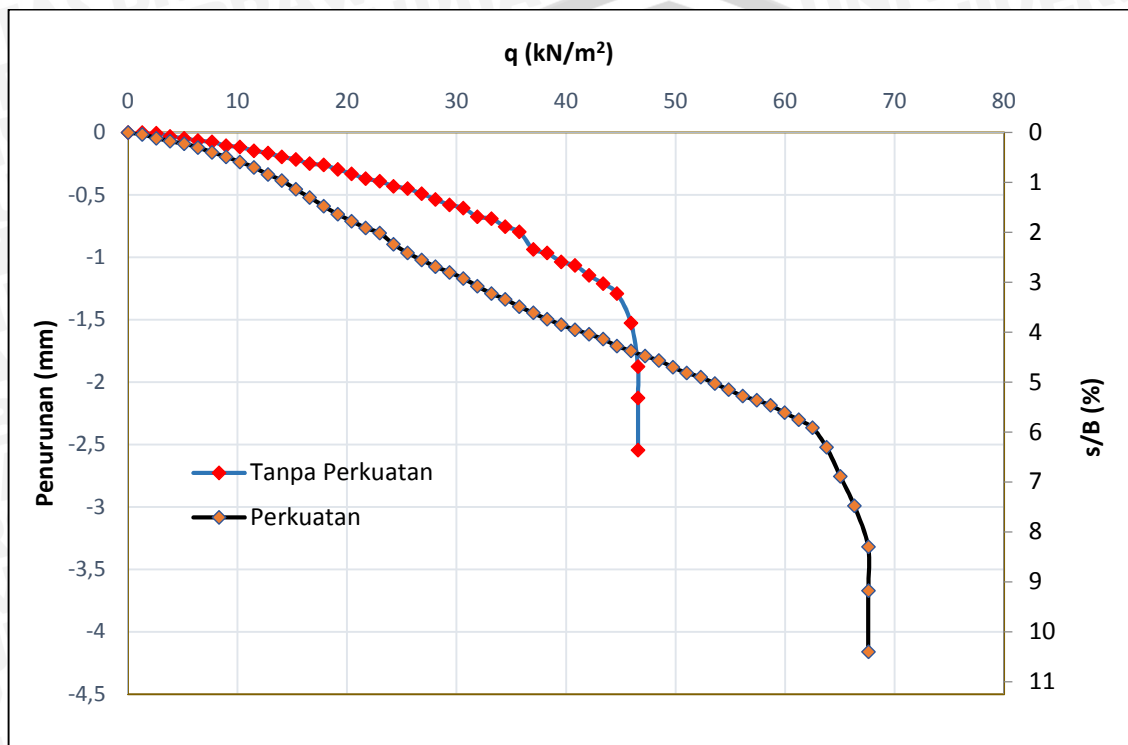
Dari grafik di atas dapat diketahui untuk lereng dengan $D/B = 3$ adalah lereng dengan daya dukung terbesar yang memiliki pola penurunan diantara dua pola penurunan yang lain. Untuk lereng dengan $D/B = 2$ memiliki daya dukung terbesar kedua yang memiliki pola penurunan terkecil. Untuk lereng dengan $D/B = 1$ memiliki daya dukung terkecil yang memiliki pola penurunan terkecil. Dapat disimpulkan untuk lereng dengan sudut kemiringan 56° , hasil pola penurunan yang didapat tidak menunjukkan perilaku penurunan yang konsisten terhadap perubahan jarak pondasi ke tepi lereng.

4.4.3. Perbandingan Penurunan Lereng Tanpa Perkuatan Dengan Lereng Perkuatan

Analisis penurunan juga dilakukan dengan membandingkan pola penurunan antara lereng tanpa perkuatan dengan lereng perkuatan. Sehingga dapat diketahui bagaimana pengaruh pemberian perkuatan terhadap penurunan pada lereng.

4.4.3.1. Lereng Dengan $D/B = 1$ dan $\alpha = 46^\circ$

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 1$ dan $\alpha = 46^\circ$ antara lereng tanpa perkuatan dengan lereng perkuatan dapat dilihat pada **Gambar 4.33**.

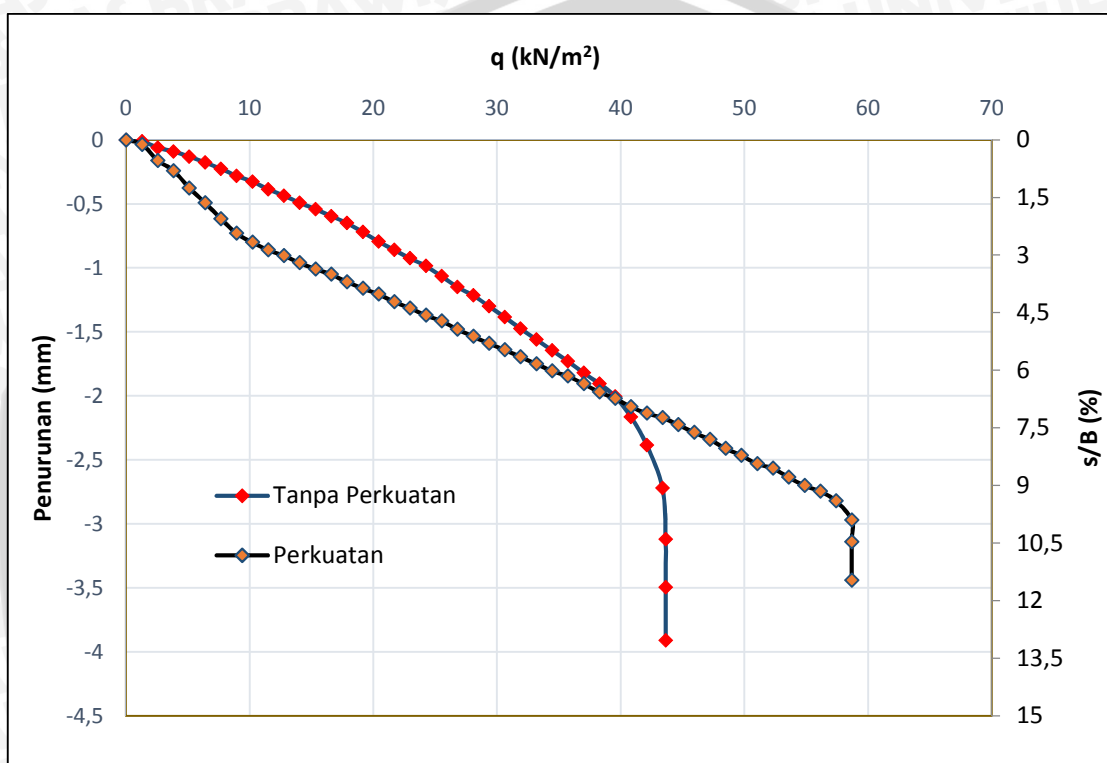


Gambar 4.33 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 1$ dan sudut kemiringan lereng 46°

Dari grafik di atas dapat diketahui daya dukung lereng perkuatan lebih besar dari pada lereng tanpa perkuatan namun pola penurunan lereng tanpa perkuatan berada di atas lereng perkuatan. Ini menunjukkan dalam satu tegangan yang sama, lereng dengan perkuatan mengalami penurunan yang lebih besar apabila dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Dari grafik di atas juga dapat diketahui penurunan maksimum sebelum terjadi keruntuhan untuk lereng dengan perkuatan lebih besar dari pada lereng tanpa perkuatan.

4.4.3.2. Lereng Dengan $D/B = 1$ dan $\alpha = 51^\circ$

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 1$ dan $\alpha = 51^\circ$ antara lereng tanpa perkuatan dengan lereng perkuatan dapat dilihat pada **Gambar 4.34**.

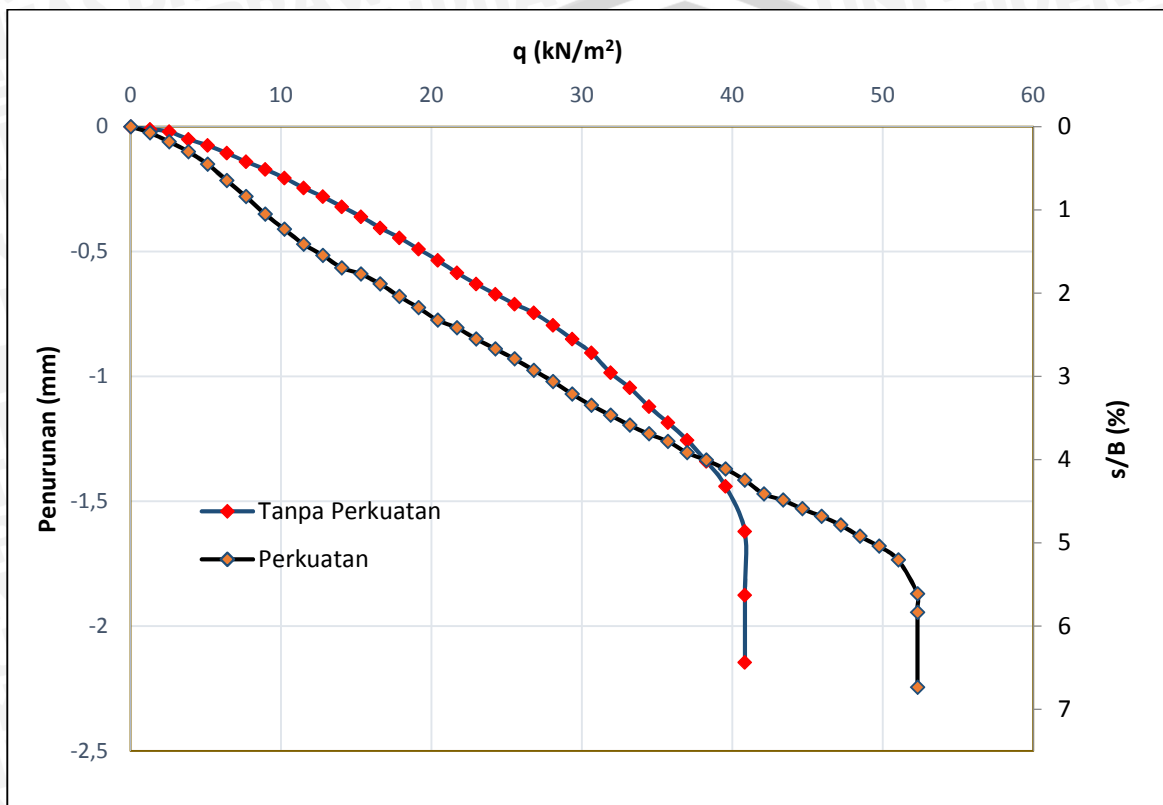


Gambar 4.34 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 1$ dan sudut kemiringan lereng 51°

Dari grafik di atas dapat diketahui daya dukung lereng perkuatan lebih besar dari pada lereng tanpa perkuatan namun pola penurunan lereng tanpa perkuatan berada di atas lereng perkuatan pada tegangan nol sampai dengan 40 kN/m^2 . Ini menunjukkan pada interval tegangan tersebut, dalam satu tegangan yang sama, lereng dengan perkuatan mengalami penurunan yang lebih besar apabila dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Dari grafik di atas juga dapat diketahui penurunan maksimum sebelum terjadi keruntuhan untuk lereng dengan perkuatan lebih kecil dari pada lereng tanpa perkuatan.

4.4.3.3. Lereng Dengan $D/B = 1$ dan $\alpha = 56^\circ$

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 1$ dan $\alpha = 56^\circ$ antara lereng tanpa perkuatan dengan lereng perkuatan dapat dilihat pada **Gambar 4.35**.

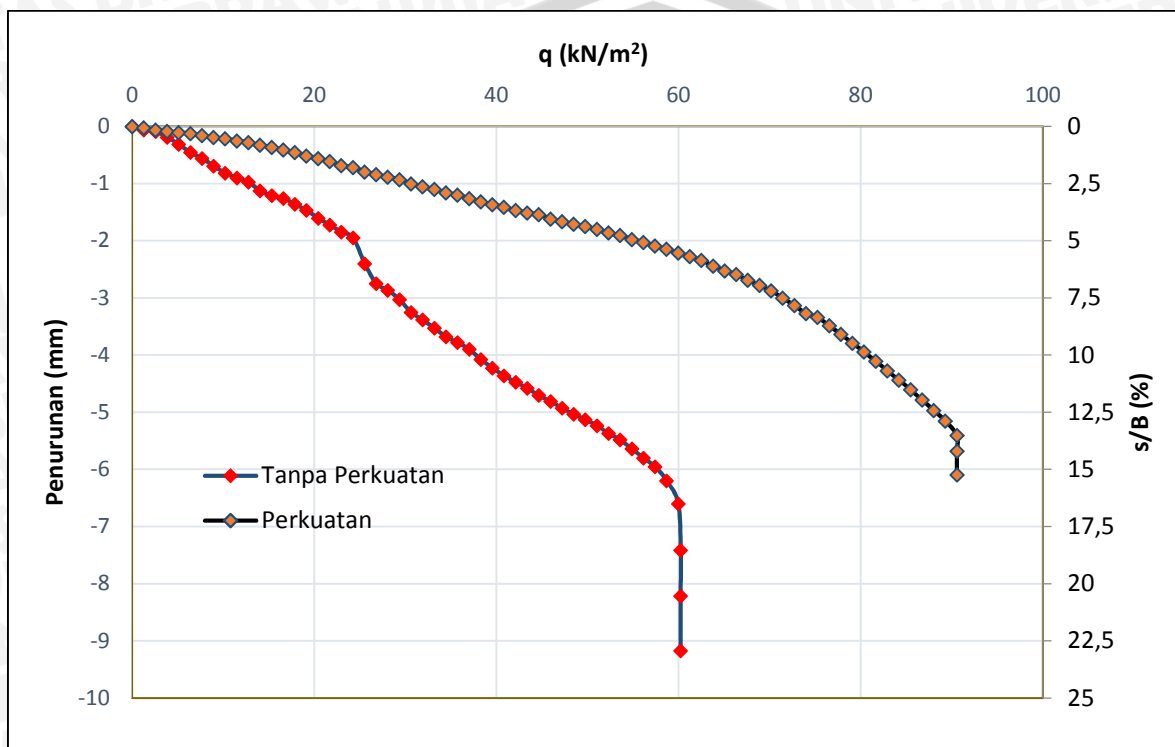


Gambar 4.35 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 1$ dan sudut kemiringan lereng 56°

Dari grafik di atas dapat diketahui daya dukung lereng perkuatan lebih besar dari pada lereng tanpa perkuatan. Namun pola penurunan lereng tanpa perkuatan berada di atas lereng perkuatan pada tegangan nol sampai dengan sekitar 37 kN/m^2 . Ini menunjukkan pada interval tegangan tersebut, dalam satu tegangan yang sama, lereng dengan perkuatan mengalami penurunan yang lebih besar apabila dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Dari grafik di atas juga dapat diketahui penurunan maksimum sebelum terjadi keruntuhan untuk lereng dengan perkuatan lebih besar dari pada lereng tanpa perkuatan.

4.4.3.4. Lereng Dengan $D/B = 2$ dan $\alpha = 46^\circ$

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 2$ dan $\alpha = 46^\circ$ antara lereng tanpa perkuatan dengan lereng perkuatan dapat dilihat pada **Gambar 4.36**.

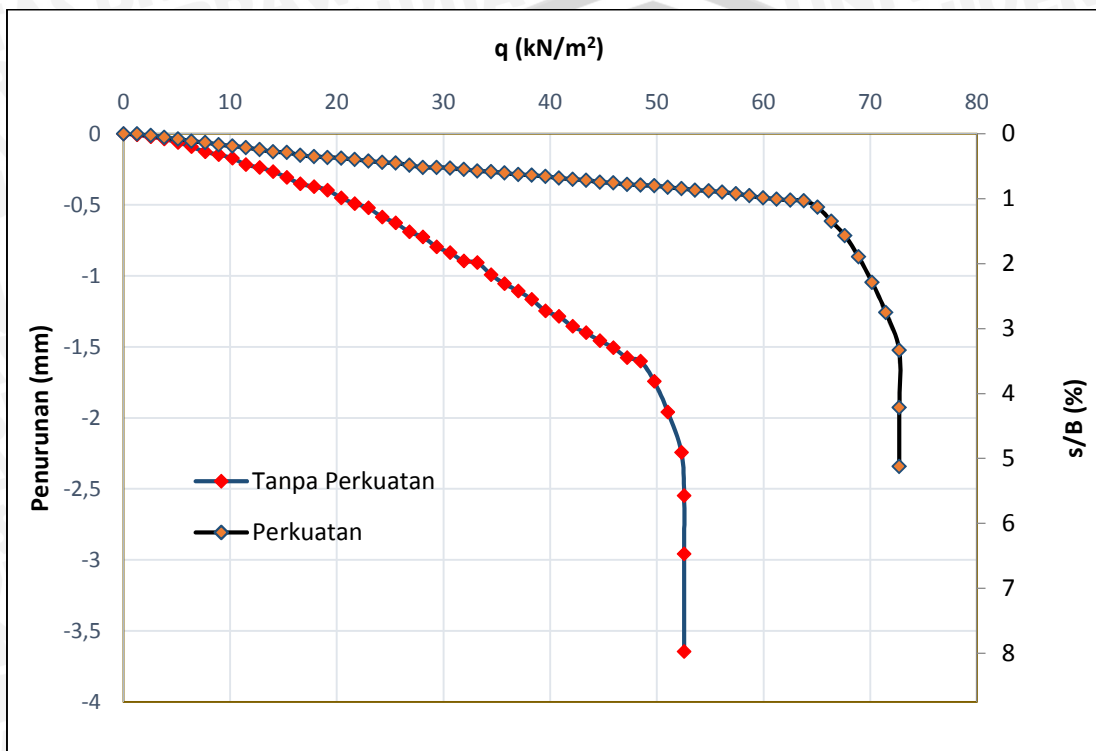


Gambar 4.36 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 2$ dan sudut kemiringan lereng 46°

Dari grafik di atas dapat diketahui daya dukung lereng perkuatan lebih besar dari pada daya dukung lereng tanpa perkuatan. Pola penurunan lereng tanpa perkuatan berada di bawah lereng perkuatan. Ini menunjukkan dalam satu tegangan yang sama, lereng dengan perkuatan mengalami penurunan yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Dari grafik di atas juga dapat diketahui penurunan maksimum sebelum terjadi keruntuhan untuk lereng dengan perkuatan lebih kecil dari pada lereng tanpa perkuatan.

4.4.3.5. Lereng Dengan $D/B = 2$ dan $\alpha = 51^\circ$

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 2$ dan $\alpha = 51^\circ$ antara lereng tanpa perkuatan dengan lereng perkuatan dapat dilihat pada **Gambar 4.37**.

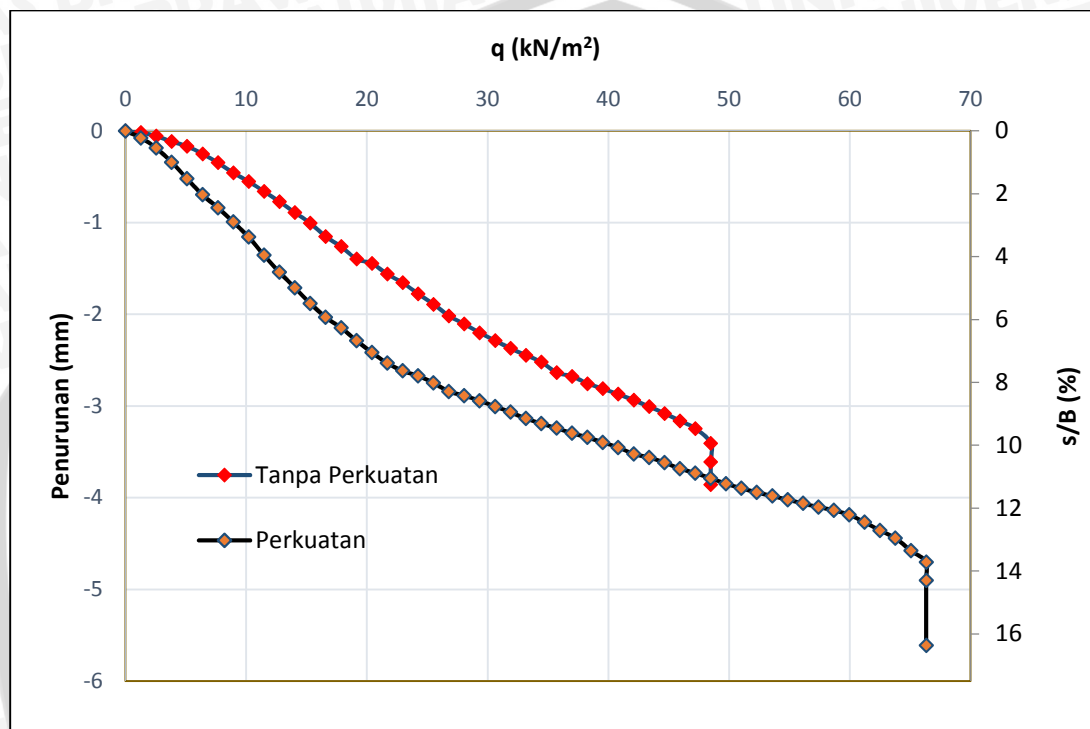


Gambar 4.37 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 2$ dan sudut kemiringan lereng 51°

Dari grafik di atas dapat diketahui daya dukung lereng perkuatan lebih besar dari pada daya dukung lereng tanpa perkuatan. Pola penurunan lereng tanpa perkuatan berada di bawah lereng perkuatan. Ini menunjukkan dalam satu tegangan yang sama, lereng dengan perkuatan mengalami penurunan yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Dari grafik di atas juga dapat diketahui penurunan maksimum sebelum terjadi keruntuhan untuk lereng dengan perkuatan lebih kecil dari pada lereng tanpa perkuatan.

4.4.3.6. Lereng Dengan $D/B = 2$ dan $\alpha = 56^\circ$

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 2$ dan $\alpha = 56^\circ$ antara lereng tanpa perkuatan dengan lereng perkuatan dapat dilihat pada **Gambar 4.38**.

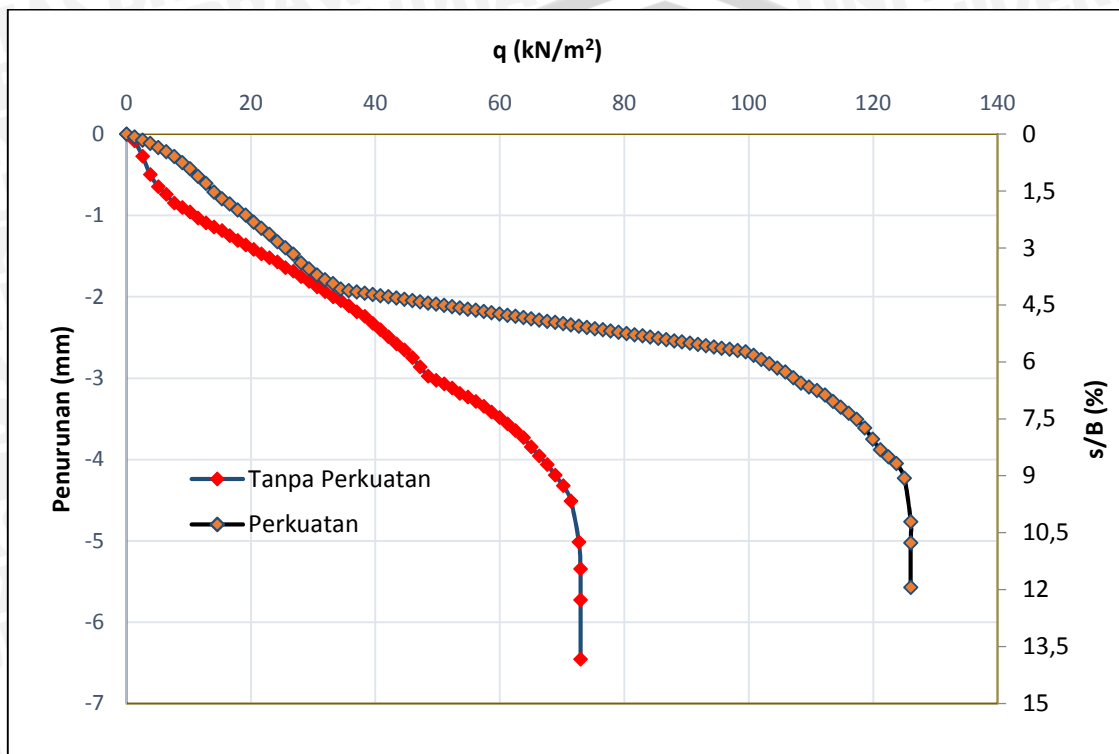


Gambar 4.38 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 2$ dan sudut kemiringan lereng 56°

Dari grafik di atas dapat diketahui daya dukung lereng perkuatan lebih besar dari pada lereng tanpa perkuatan namun pola penurunan lereng tanpa perkuatan berada di atas lereng perkuatan. Ini menunjukkan dalam satu tegangan yang sama, lereng dengan perkuatan mengalami penurunan yang lebih besar apabila dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Dari grafik di atas juga dapat diketahui penurunan maksimum sebelum terjadi keruntuhan untuk lereng dengan perkuatan lebih besar dari pada lereng tanpa perkuatan.

4.4.3.7. Lereng Dengan $D/B = 3$ dan $\alpha = 46^\circ$

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 3$ dan $\alpha = 46^\circ$ antara lereng tanpa perkuatan dengan lereng perkuatan dapat dilihat pada **Gambar 4.39**.

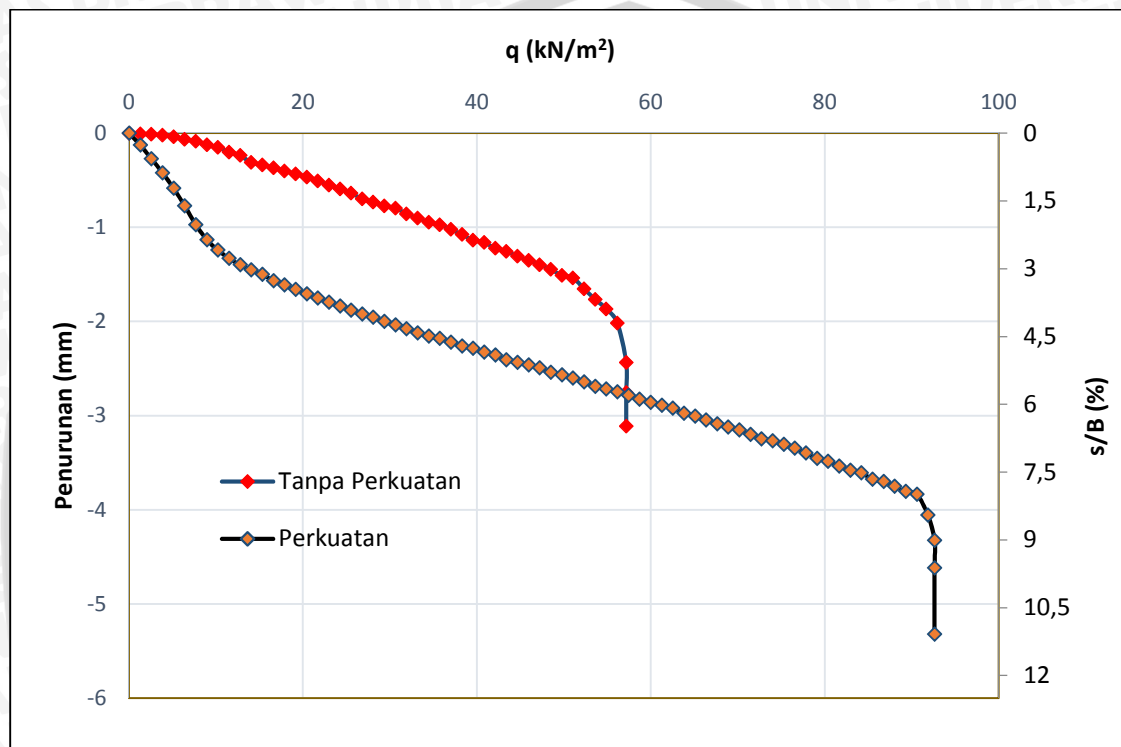


Gambar 4.39 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 3$ dan sudut kemiringan lereng 46°

Dari grafik di atas dapat diketahui daya dukung lereng perkuatan lebih besar dari pada lereng tanpa perkuatan. Pola penurunan lereng tanpa perkuatan berada di bawah lereng perkuatan. Ini menunjukkan dalam satu tegangan yang sama, lereng dengan perkuatan mengalami penurunan yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Dari grafik di atas juga dapat diketahui penurunan maksimum sebelum terjadi keruntuhan untuk lereng dengan perkuatan lebih kecil dari pada lereng tanpa perkuatan.

4.4.3.8. Lereng Dengan $D/B = 3$ dan $\alpha = 51^\circ$

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 3$ dan $\alpha = 51^\circ$ antara lereng tanpa perkuatan dengan lereng perkuatan dapat dilihat pada **Gambar 4.40**.

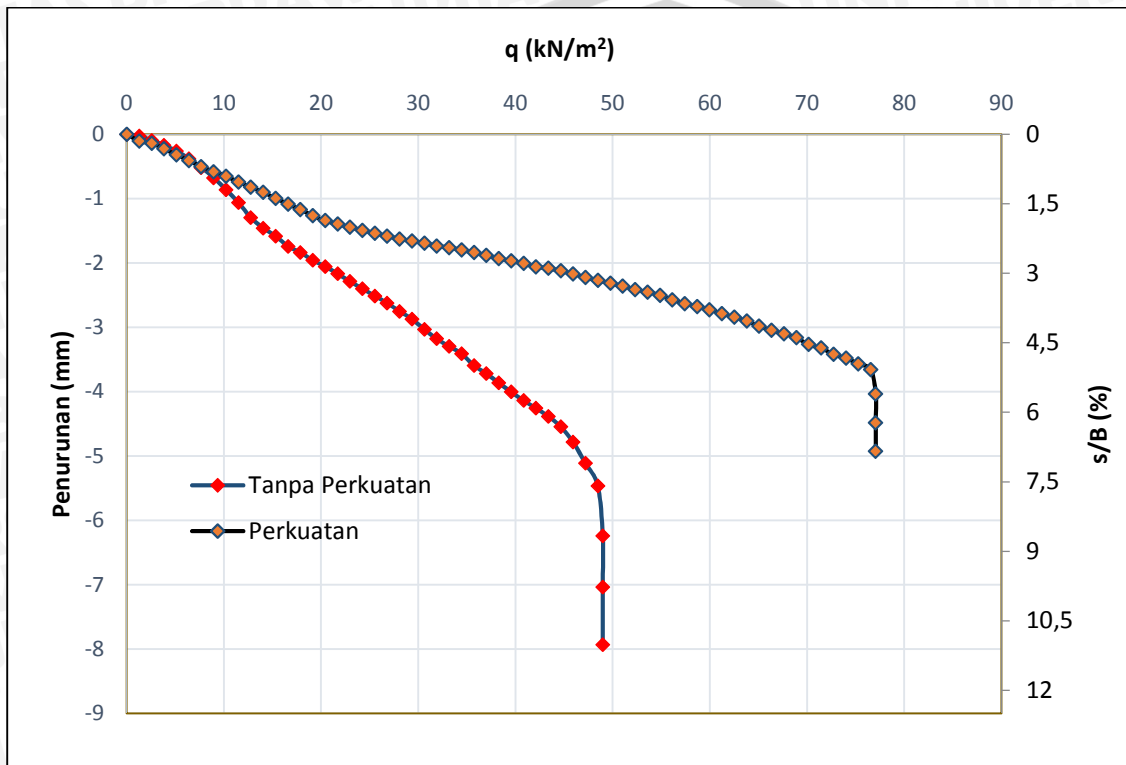


Gambar 4.40 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 3$ dan sudut kemiringan lereng 51°

Dari grafik di atas dapat diketahui daya dukung lereng perkuatan lebih besar dari pada lereng tanpa perkuatan namun pola penurunan lereng tanpa perkuatan berada di atas lereng perkuatan. Ini menunjukkan dalam satu tegangan yang sama, lereng dengan perkuatan mengalami penurunan yang lebih besar apabila dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Dari grafik di atas juga dapat diketahui penurunan maksimum sebelum terjadi keruntuhan untuk lereng dengan perkuatan lebih besar dari pada lereng tanpa perkuatan.

4.4.3.9. Lereng Dengan $D/B = 3$ dan $\alpha = 56^\circ$

Dari hasil uji pembebanan didapat data penurunan terhadap tegangan. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 3$ dan $\alpha = 56^\circ$ antara lereng tanpa perkuatan dengan lereng perkuatan dapat dilihat pada **Gambar 4.41**.



Gambar 4.41 Grafik penurunan terhadap tegangan untuk lereng dengan $D/B = 3$ dan sudut kemiringan lereng 56°

Dari grafik di atas dapat diketahui daya dukung lereng perkuatan lebih besar dari pada lereng tanpa perkuatan namun pola penurunan lereng tanpa perkuatan berada di atas lereng perkuatan pada tegangan nol sampai dengan sekitar 7 kN/m^2 . Ini menunjukkan pada interval tegangan tersebut, dalam satu tegangan yang sama, lereng dengan perkuatan mengalami penurunan yang lebih besar apabila dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Namun ketika tegangan bertambah, posisi kurva menunjukkan pola penurunan sebaliknya. Dari grafik di atas juga dapat diketahui penurunan maksimum sebelum terjadi keruntuhan untuk lereng dengan perkuatan lebih kecil dari pada lereng tanpa perkuatan.

4.4.4. Perbandingan Pola Penurunan Hasil Eksperimen dengan Pola Penurunan hasil Penelitian Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013)

Dari kurva-kurva penurunan terhadap tegangan untuk membandingkan pola penurunan lereng perkuatan dan lereng tanpa perkuatan di atas menunjukkan hasil yang tidak konsisten pada tiap variabel. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mohd Raihan Taha* dan Enas B. Altalhe (2013) menjelaskan bahwa pemasangan perkuatan pada lereng pasir akan meningkatkan daya dukung namun peningkatan daya dukung ini juga diikuti oleh peningkatan penurunan. Oleh karena itu, pada kondisi tertentu, penggunaan perkuatan pada lereng tidak diperlukan. Hal ini terjadi karena lapisan perkuatan justru akan membatasi tegangan tarik putus dari tanah sehingga penurunan yang terjadi akan lebih besar. Kurva penurunan terhadap beban dari penelitian yang dilakukan oleh Mohd Raihan Taha* dan Enas B. Altalhe (2013) dapat dilihat pada gambar berikut.

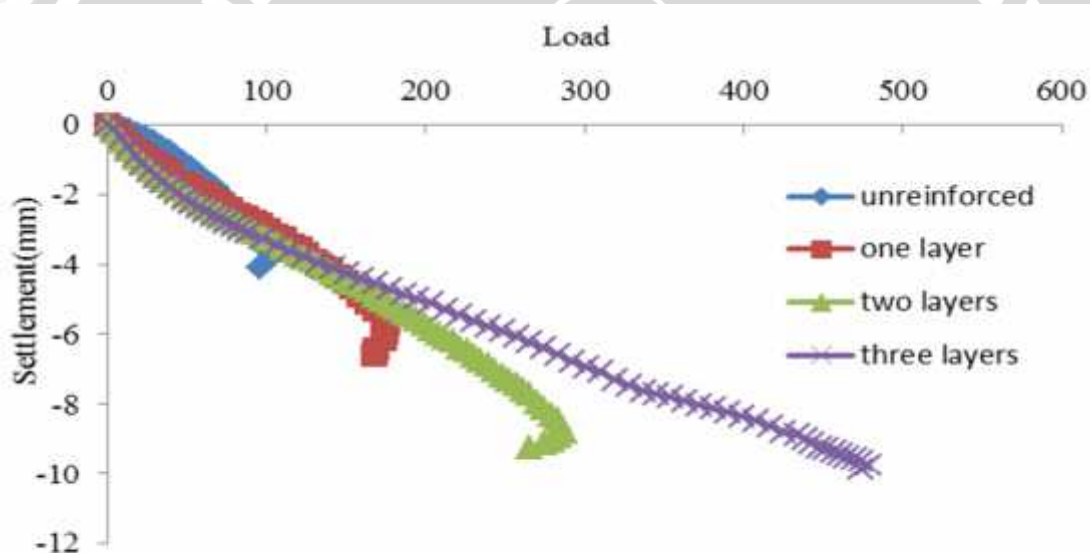


Figure 5. Load-settlement curves for different numbers of reinforcement layers at $D_r = 85\%$, $X/B = 2$, and $\beta = 30^\circ$.

Gambar 4.42 Grafik penurunan terhadap tegangan pada penelitian Mohd Raihan Taha* dan Enas B. Altalhe

Pada **Gambar 4.42** diperlihatkan pola penurunan lereng dengan variasi jumlah lapis perkuatan. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa pemasangan perkuatan justru akan memperbesar penurunan. Pada penelitian tersebut jenis perkuatan yang digunakan adalah geotekstil. Pada penelitian ini, penulis membandingkan pola penurunan antara hasil eksperimen dengan pola penurunan hasil penelitian yang dilakukan oleh Mohd Raihan Taha* dan Enas B. Altalhe (2013) tersebut. Karena pada penelitian ini digunakan jumlah lapis geogrid sebanyak satu lapis maka dari kurva diatas diambil kurva untuk jumlah lapis

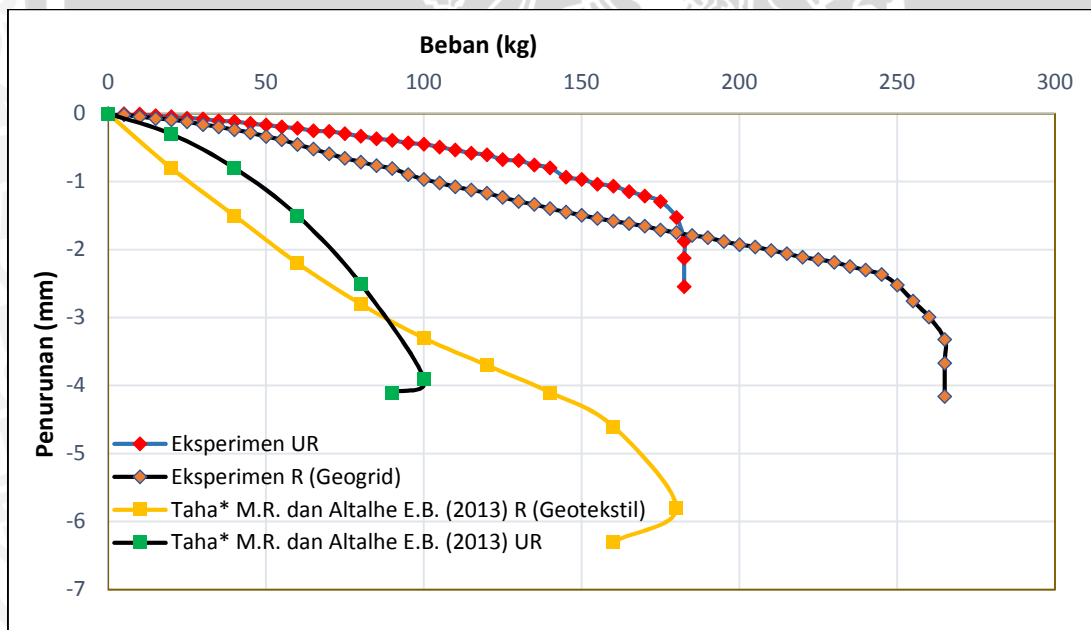
perkuatan yang sebanyak satu lapis sebagai pembanding. Perlu diketahui terdapat beberapa perbedaan antara penelitian yang dilakukan oleh penulis dengan penelitian oleh Mohd Raihan Taha* dan Enas B. Altalhe (2013) yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.29 Perbandingan parameter yang digunakan

No.	Parameter	Peneliti	Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013)
1	Jenis Perkuatan	Geogrid	Geotekstil
2	Jumlah Lapis Perkuatan	1 lapis	Variasi (diambil 1 lapis)
3	Sudut kemiringan Lereng	Variasi ($46^{\circ}, 51^{\circ}, 56^{\circ}$)	30°
4	Jarak Pondasi ke Tepi Lereng (D/B)	Variasi (1,2,3)	Variasi (diambil 2)
5	Kepadatan Relatif	85% (RC)	85% (Dr)

4.4.4.1. Lereng dengan D/B = 1 dan $r = 46^{\circ}$

Berikut adalah grafik penurunan terhadap beban antara hasil eksperimen dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013).

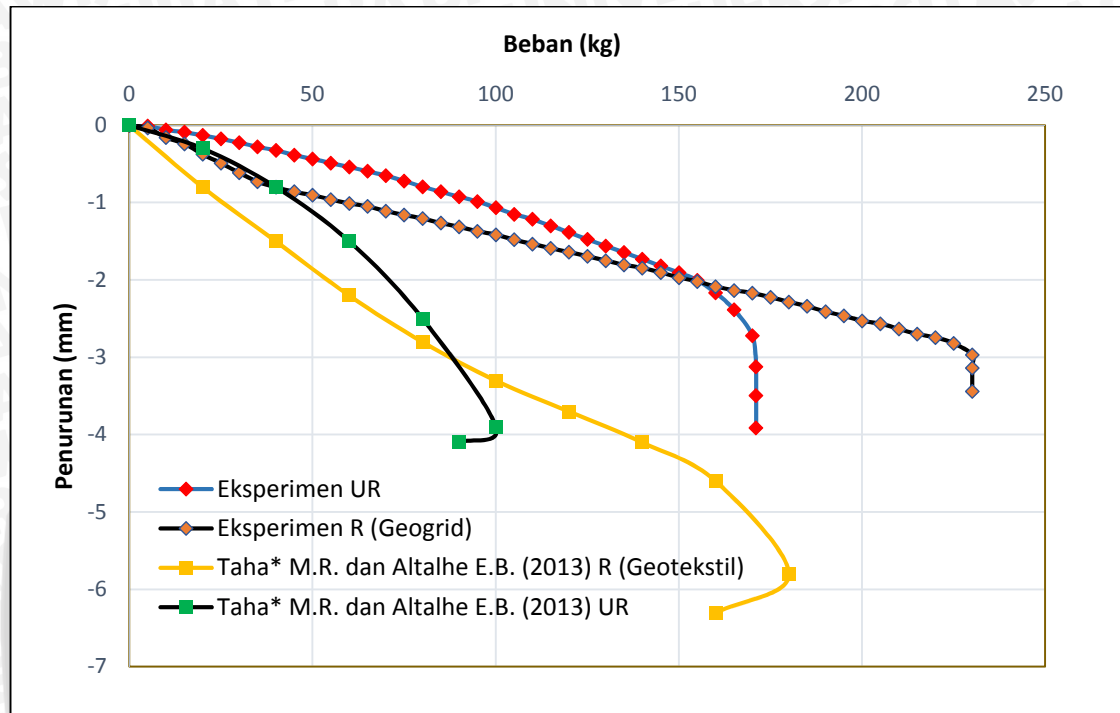


Gambar 4.43 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk D/B = 1 dan sudut kemiringan lereng 46°

Dari grafik di atas dapat diketahui perbandingan pola penurunan hasil eksperimen dengan pola penurunan dari penelitian Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013) yang menunjukkan pola yang senada dimana pemasangan perkuatan dapat memperbesar nilai daya dukung namun juga memperbesar penurunan.

4.4.4.2. Lereng dengan $D/B = 1$ dan $r = 51^\circ$

Berikut adalah grafik penurunan terhadap beban antara hasil eksperimen dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013).

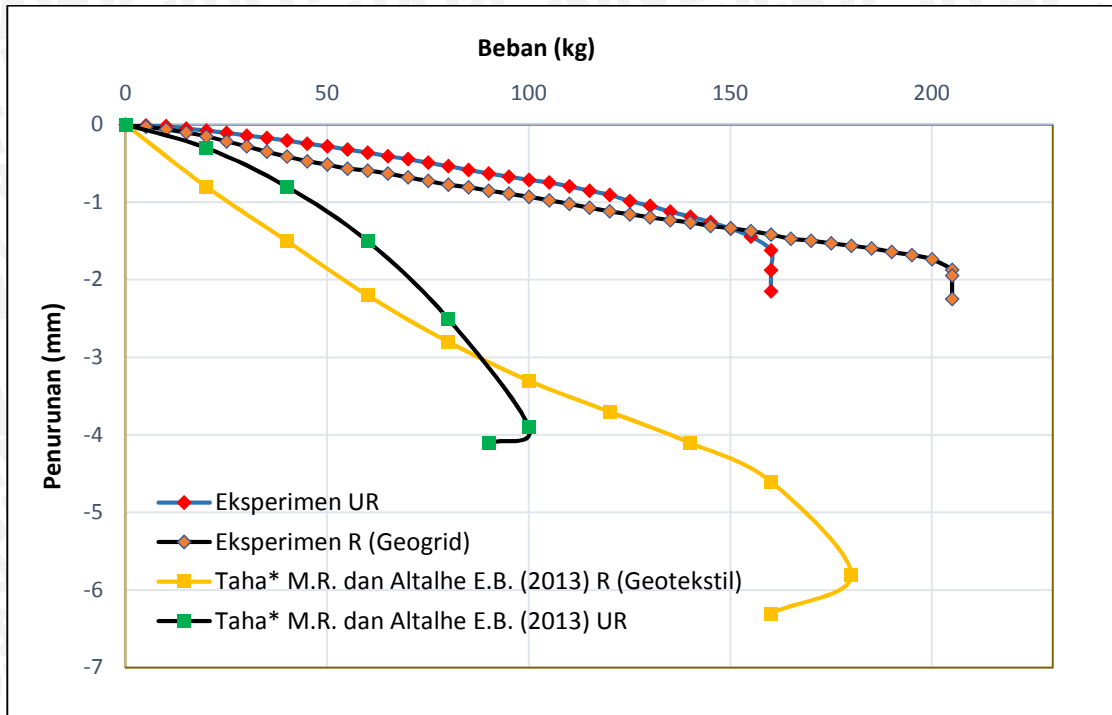


Gambar 4.44 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 1$ dan sudut kemiringan lereng 51°

Dari grafik di atas dapat diketahui perbandingan pola penurunan hasil eksperimen dengan pola penurunan dari penelitian Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013) yang menunjukkan pola yang senada dimana pemasangan perkuatan dapat memperbesar nilai daya dukung namun juga memperbesar penurunan. Namun pada pola penurunan hasil eksperimen dapat dilihat penurunan maksimum yang terjadi untuk lereng perkuatan lebih kecil dari pada lereng tanpa perkuatan.

4.4.4.3. Lereng dengan $D/B = 1$ dan $r = 56^\circ$

Berikut adalah grafik penurunan terhadap beban antara hasil eksperimen dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013).

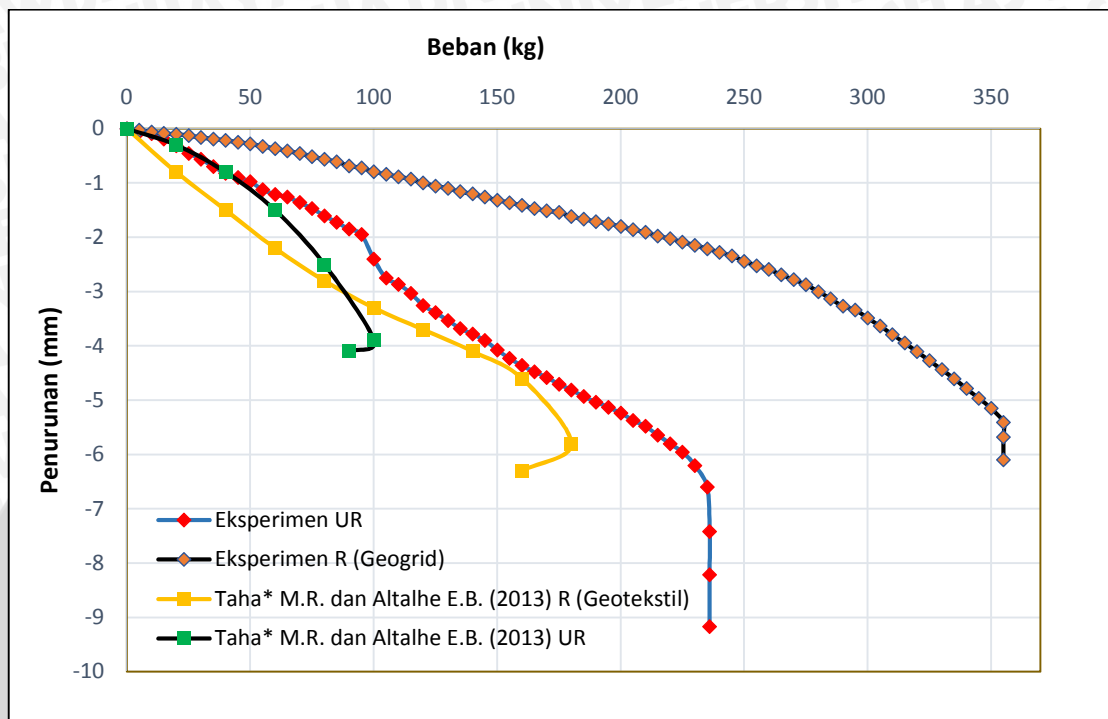


Gambar 4.45 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 1$ dan sudut kemiringan lereng 56°

Dari grafik di atas dapat diketahui perbandingan pola penurunan hasil eksperimen dengan pola penurunan dari penelitian Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013) yang menunjukkan pola yang senada dimana pemasangan perkuatan dapat memperbesar nilai daya dukung namun juga memperbesar penurunan.

4.4.4.4. Lereng dengan $D/B = 2$ dan $r = 46^\circ$

Berikut adalah grafik penurunan terhadap beban antara hasil eksperimen dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013).

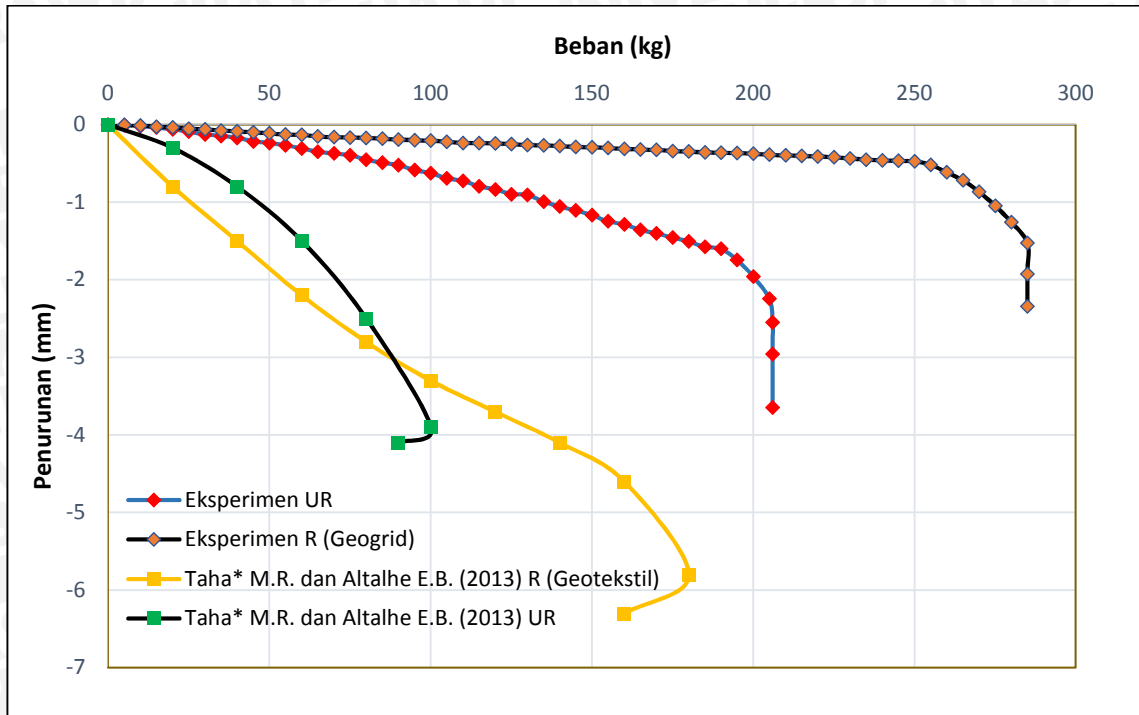


Gambar 4.46 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 2$ dan sudut kemiringan lereng 46°

Dari grafik di atas dapat diketahui perbandingan pola penurunan hasil eksperimen dengan pola penurunan dari penelitian Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013) yang menunjukkan pola yang tidak senada dimana pada hasil eksperimen, pemasangan perkuatan memperkecil penurunan. Namun pada jurnal, pemasangan perkuatan justru memperbesar penurunan.

4.4.4.5. Lereng dengan $D/B = 2$ dan $r = 51^\circ$

Berikut adalah grafik penurunan terhadap beban antara hasil eksperimen dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013).

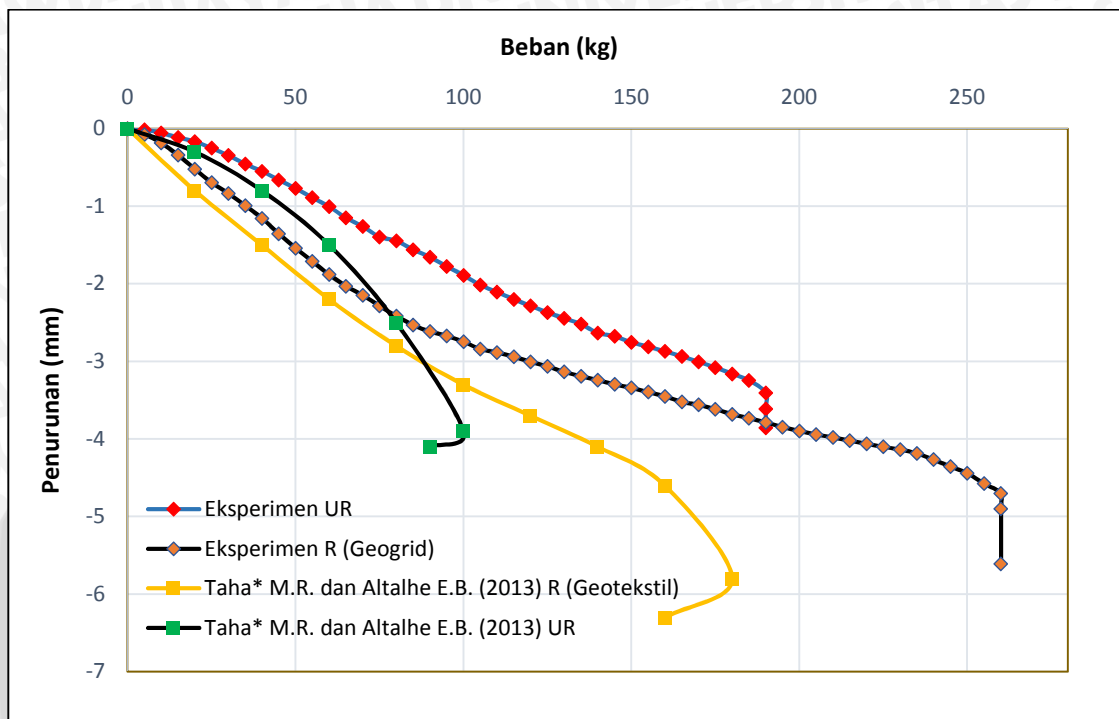


Gambar 4.47 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 2$ dan sudut kemiringan lereng 51°

Dari grafik di atas dapat diketahui perbandingan pola penurunan hasil eksperimen dengan pola penurunan dari penelitian Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013) yang menunjukkan pola yang tidak senada dimana pada hasil eksperimen, pemasangan perkuatan memperkecil penurunan. Namun pada jurnal, pemasangan perkuatan justru memperbesar penurunan.

4.4.4.6. Lereng dengan $D/B = 2$ dan $r = 56^\circ$

Berikut adalah grafik penurunan terhadap beban antara hasil eksperimen dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013).

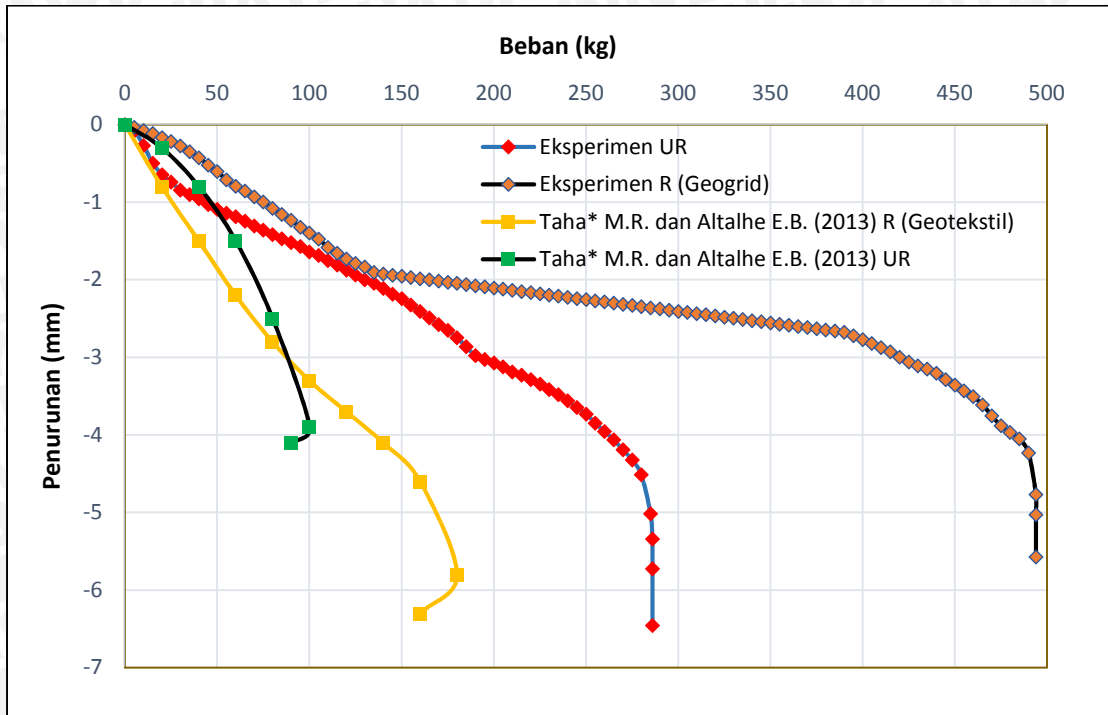


Gambar 4.48 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 2$ dan sudut kemiringan lereng 56°

Dari grafik di atas dapat diketahui perbandingan pola penurunan hasil eksperimen dengan pola penurunan dari penelitian Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013) yang menunjukkan pola yang senada dimana pemasangan perkuatan dapat memperbesar nilai daya dukung namun juga memperbesar penurunan.

4.4.4.7. Lereng dengan $D/B = 3$ dan $r = 46^\circ$

Berikut adalah grafik penurunan terhadap beban antara hasil eksperimen dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013).

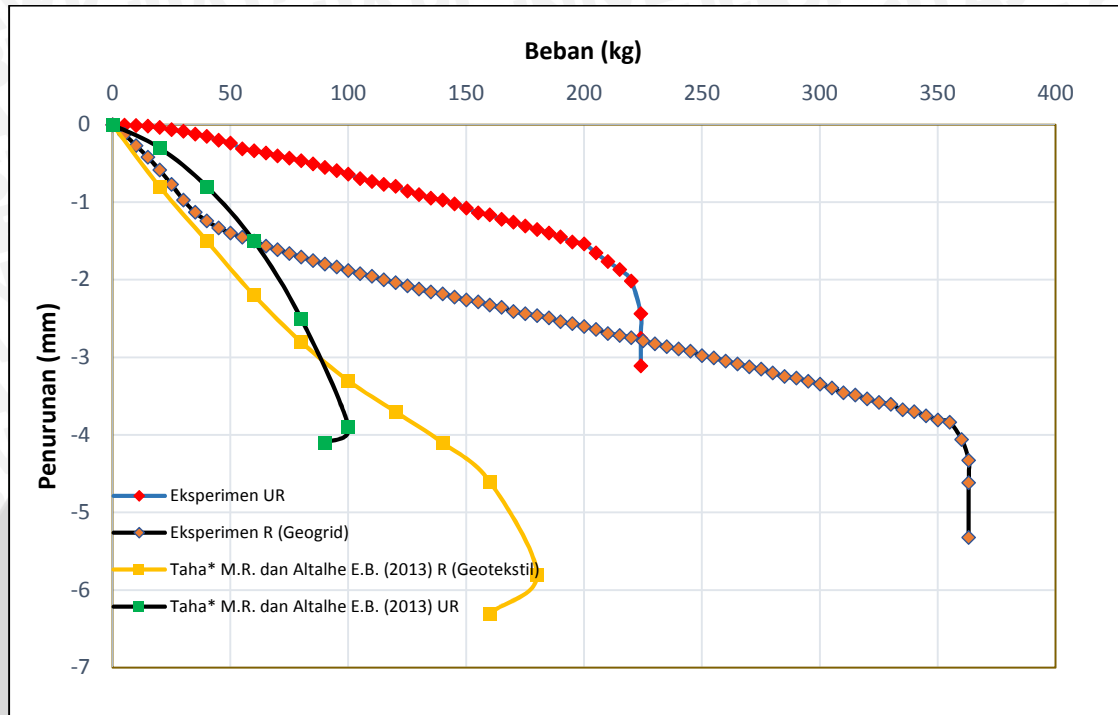


Gambar 4.49 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 3$ dan sudut kemiringan lereng 46°

Dari grafik di atas dapat diketahui perbandingan pola penurunan hasil eksperimen dengan pola penurunan dari penelitian Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013) yang menunjukkan pola yang tidak senada dimana pada hasil eksperimen, pemasangan perkuatan memperkecil penurunan. Namun pada jurnal, pemasangan perkuatan justru memperbesar penurunan.

4.4.4.8. Lereng dengan $D/B = 3$ dan $r = 51^\circ$

Berikut adalah grafik penurunan terhadap beban antara hasil eksperimen dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013).

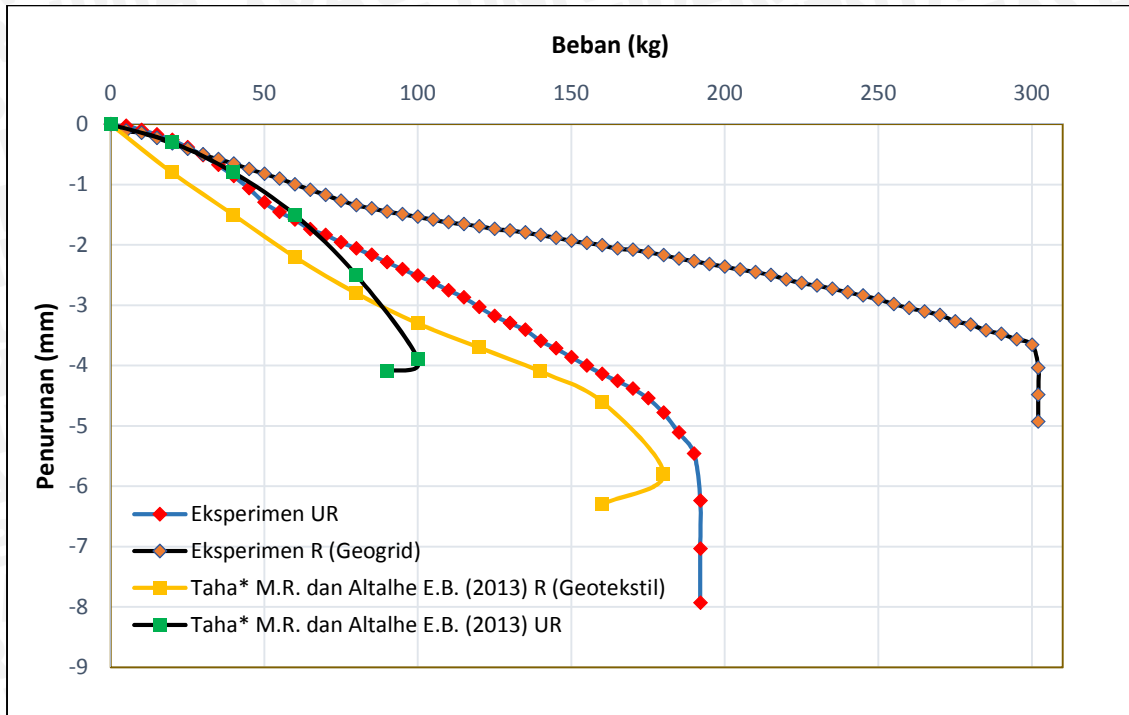


Gambar 4.50 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 3$ dan sudut kemiringan lereng 51°

Dari grafik di atas dapat diketahui perbandingan pola penurunan hasil eksperimen dengan pola penurunan dari penelitian Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013) yang menunjukkan pola yang senada dimana pemasangan perkuatan dapat memperbesar nilai daya dukung namun juga memperbesar penurunan.

4.4.4.9. Lereng dengan $D/B = 3$ dan $r = 56^\circ$

Berikut adalah grafik penurunan terhadap beban antara hasil eksperimen dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Mohd Raihan Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013).



Gambar 4.51 Grafik pola penurunan perbandingan eksperimen dengan jurnal untuk $D/B = 3$ dan sudut kemiringan lereng 56°

Dari grafik di atas dapat diketahui perbandingan pola penurunan hasil eksperimen dengan pola penurunan dari penelitian Taha* M.R. dan Altalhe E.B. (2013) yang menunjukkan pola yang tidak senada dimana pada hasil eksperimen, pemasangan perkuatan memperkecil penurunan. Namun pada jurnal, pemasangan perkuatan justru memperbesar penurunan.

Dari hasil perbandingan di atas, dapat disimpulkan bahwa pola penurunan dari hasil eksperimen tidak menunjukkan hasil yang konsisten. Ini dikarenakan kendala teknis pelaksanaan di lapangan dimana cukup sulit untuk membuat suatu model lereng dengan kepadatan yang konsisten dan homogen sesuai dengan kepadatan rencana. Namun sebagian besar sampel hasil eksperimen menunjukkan pola penurunan yang sesuai dengan jurnal yang mana pengaruh pemasangan perkuatan pada lereng dapat memperbesar nilai daya dukung lereng. Namun peningkatan daya dukung yang terjadi juga diikuti dengan meningkatnya penurunan yang terjadi. Jadi dalam penerapan di lapangan dapat dipertimbangkan terkait penggunaan perkuatan berdasarkan dua parameter tersebut.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah terkait hubungan variasi sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng serta pemberian perkuatan geogrid terhadap daya dukung lereng tanah pasir. Beberapa poin yang menjadi kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Daya dukung lereng tanah pasir yang diperkuat dengan geogrid mengalami peningkatan pada semua variasi sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng. Peningkatan daya dukung (BCI) yang terjadi berbanding lurus dengan jarak pondasi ke tepi lereng dan berbanding terbalik dengan sudut kemiringan lereng. Pengaruh jarak pondasi ke tepi lereng terhadap peningkatan daya dukung (BCI) lebih dominan dari pada sudut kemiringan lereng. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisis *bearing capacity improvement* (BCI).
2. Semakin kecil sudut kemiringan lereng maka nilai daya dukung akan semakin besar. Begitu pula sebaliknya. Jadi nilai daya dukung berbanding terbalik dengan sudut kemiringan lereng. Pada penelitian ini didapat besarnya peningkatan daya dukung akibat variasi sudut kemiringan lereng adalah sebesar 13,488 % untuk tanpa perkuatan dan 19,646 % untuk lereng dengan perkuatan.
3. Semakin besar jarak pondasi ke tepi lereng maka nilai daya dukung akan semakin besar. Begitu pula sebaliknya. Jadi nilai daya dukung berbanding lurus dengan jarak pondasi ke tepi lereng. Pada penelitian ini didapat besarnya peningkatan daya dukung akibat variasi jarak pondasi ke tepi lereng adalah sebesar 16,585 % untuk tanpa perkuatan dan 27,897 % untuk lereng dengan perkuatan.
4. Hasil analisis BCIu menunjukkan nilai peningkatan daya dukung (BCI) mulai dari sudut kemiringan 56° sampai dengan 46° dan mulai dari $D/B = 1$ sampai dengan $D/B = 3$ terus mengalami peningkatan. Jadi pada penelitian

ini belum ditemukan sudut kemiringan dan jarak pondasi ke tepi lereng yang optimum sebagai acuan untuk pemasangan perkuatan geogrid.

5.2. Saran

Pada penelitian ini, yang perlu untuk diperhatikan adalah terkait metode penelitian, terutama metode dalam membuat benda uji, mulai dari mengatur kadar air, cara memasukkan pasir ke dalam *box*, dan yang paling penting adalah metode untuk memadatkan pasir. Hal ini sangat penting karena kesesuaian spesifikasi benda uji dengan spesifikasi rencana akan menentukan kevalidan data yang didapat yang tentunya akan berpengaruh terhadap kesempurnaan hasil penelitian. Saran untuk penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut.

1. Dalam mengatur kadar air, perlu dihitung dengan teliti berapa persen kehilangan air perhari sehingga diketahui berapa kg air yang harus ditambahkan. Untuk menghitung kehilangan air perhari hendaknya dilakukan secara berkelanjutan karena besarnya kehilangan air untuk setiap harinya berbeda beda. Kemudian dalam mencampur air dengan pasir juga harus dilakukan dengan teliti sehingga air dapat tercampur secara merata pada pasir. Dengan begitu diharapkan kadar air model lereng sesuai dengan kadar air rencana.
2. Ketika memasukkan pasir ke dalam *box* sebaiknya dimasukkan sedikit demi sedikit secara merata. Ini bertujuan untuk mendapatkan kepadatan yang merata pada semua bagian lereng. Hal ini penting karena kepadatan yang tidak merata akan sangat berpengaruh pada data penurunan.
3. Metode untuk memadatkan pasir adalah yang paling penting untuk diperhatikan karena metode yang kurang tepat akan mengasilkan kepadatan yang buruk. Pada penelitian ini, digunakan metode kontrol volume. Namun dengan metode ini didapatkan kepadatan yang kurang baik. Ini terlihat dari hasil kurva Q_u terhadap penurunan yang tidak sesuai dengan teori. Oleh karena itu perlu digunakan metode lain yang lebih teliti sehingga dapat dipastikan kepadatan model lereng sesuai dengan kepadatan rencana serta merata pada semua bagian model lereng.
4. Untuk layer terakhir perlu diperhatikan metode pemadatan untuk lereng dengan perkuatan. Karena pada layer terakhir dipasang geogrid, maka ada sedikit perbedaan dalam hal proses pemadatan, yaitu pertama dengan

memasukkan pasir untuk ketebalan 7 cm kemudian dipadatkan. Setelah itu geogrid dipasang kemudian pasir untuk ketebalan 3 cm dimasukkan dan dipadatkan sehingga genap 10 cm untuk layer terakhir. Ini berbeda dengan proses pemadatan untuk lereng tanpa perkuatan dimana pasir langsung dimasukkan untuk ketebalan 10 cm dan dipadatkan. Karena terdapat perbedaan dalam proses pemadatan maka kepadatan yang dihasilkan akan berbeda. Sehingga perlu untuk difikirkan suatu metode untuk mendapatkan kepadatan yang sama pada layer terakhir untuk lereng tanpa perkuatan dan lereng dengan perkuatan.

5. Waktu untuk menunggu butiran pasir untuk saling mengisi rongga sebaiknya dilakukan sesuai dengan metode yaitu selama 30 menit. Karena apabila terlalu lama, air pada model lereng akan turun sehingga kadar air pada model lereng tidak homogeny dan ini akan berpengaruh pada hasil tegangan dan penurunan.



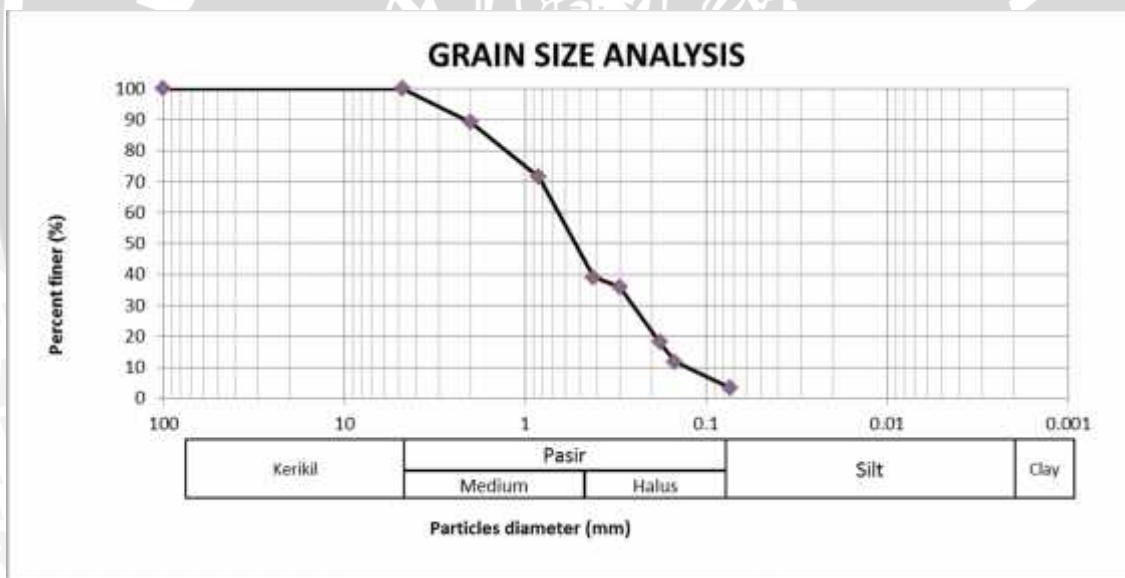
DAFTAR PUSTAKA

- Alamshahi, S & Hataf, N. 2009. Bearing Capacity of Strip Footings on Sand Slopes Reinforced with Geogrid and Grid-Anchor. *ELSEVIER*. Iran : Universitas Shiraz
- Bowles, J. E. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta : Erlangga
- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga
- Das, Braja M. 1984. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakarta : Erlangga
- Das, Braja M. 2009. *Shallow Foundations Second Edition*. New York : Taylor and Francis Group
- DPU. 2009. *Pedoman Konstruksi Bangunan: Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik No. 003/BM/2009*
- Graham, J., Andrews, M., and Shields, D. H.,. 1987. Stress Characteristics for Shallow Footings in Cohesionless Slopes. *Geotech*, 25: 238-249. Canada
- Hardiyatmo, H.C. 1990. *Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada
- Hardiyatmo, H.C. 2006. *Teknik Fondasi 1*. Yogyakarta: Beta Offset
- Kumar, A.S.V. & Ilamaparuthi, K. 2009. Respon of Footing on Sand Slopes. *Indian Geotechnical Society Chennai Chapter*. India : Anna University Chennai.
- Musthafa, A. 2015. Pengaruh Sudut Kemiringan dan Jarak Pondasi Menerus dari Tepi Lereng Pada Pemodelan Fisik Lereng Pasir dengan Perkuatan Geogrid. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Suroso, Munawir, A. & Indrawahyuni, H. *Buku Ajar Teknik Pondasi*. Malang: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Taha, M.R. & Altalhe, E.B. 2013. Numerical and Experimental Evaluation of Bearing Capacity Factor N of Strip Footing on Sand Slopes. *International Journal of Physical Sciences*. Malaysia : Universiti Kebangsaan Malaysia.

LAMPIRAN 1

HASIL ANALISIS GRADASI BUTIRAN TANAH

Ayakan No	Diameter Ayakan mm	Berat Tertahan	Berat Tertahan Kumulatif	Persen Tertahan %	Persen Lolos %
No. 4	4.75	0.0	0	0.00	100.00
No. 10	2	109.5	109.5	10.96	89.04
No. 20	0.84	175.4	284.9	28.50	71.50
No. 40	0.42	324.6	609.5	60.98	39.02
No. 50	0.3	30.7	640.2	64.05	35.95
No. 80	0.18	177.3	817.5	81.79	18.21
No. 100	0.149	64.1	881.6	88.20	11.80
No. 200	0.074	83.2	964.8	96.53	3.47
PAN		34.7	999.5	100.00	0.00

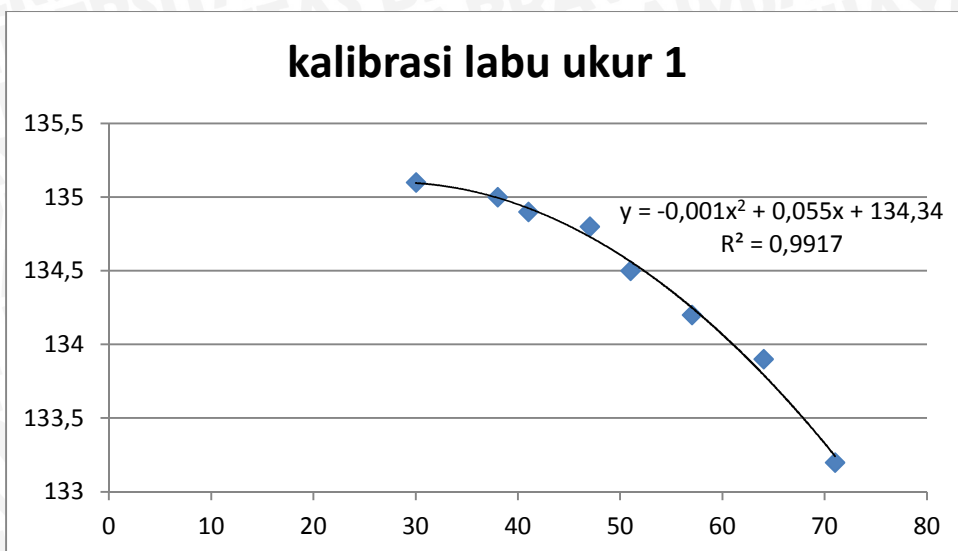


LAMPIRAN 2
HASIL ANALISIS SPECIFIC GRAVITY TANAH

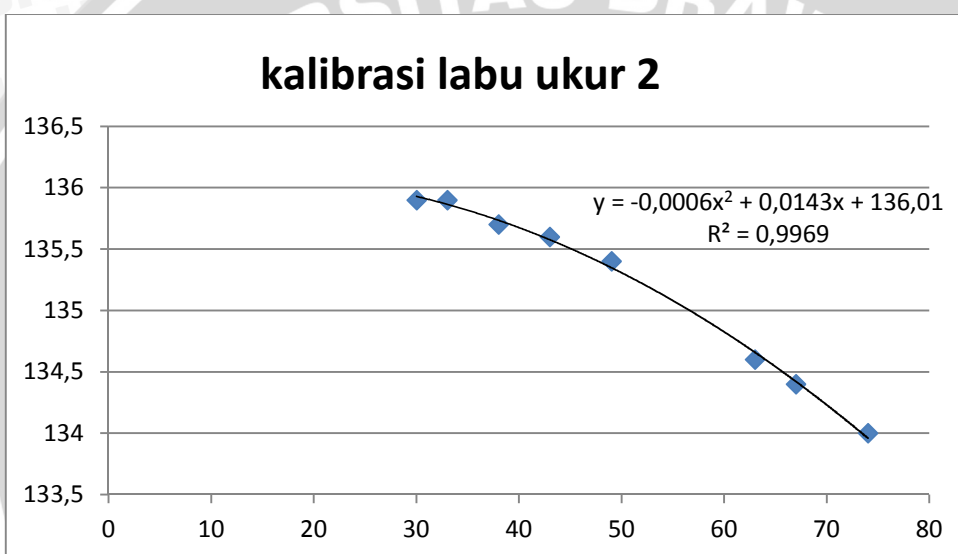
Data Percobaan Kalibrasi Labu Ukur

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

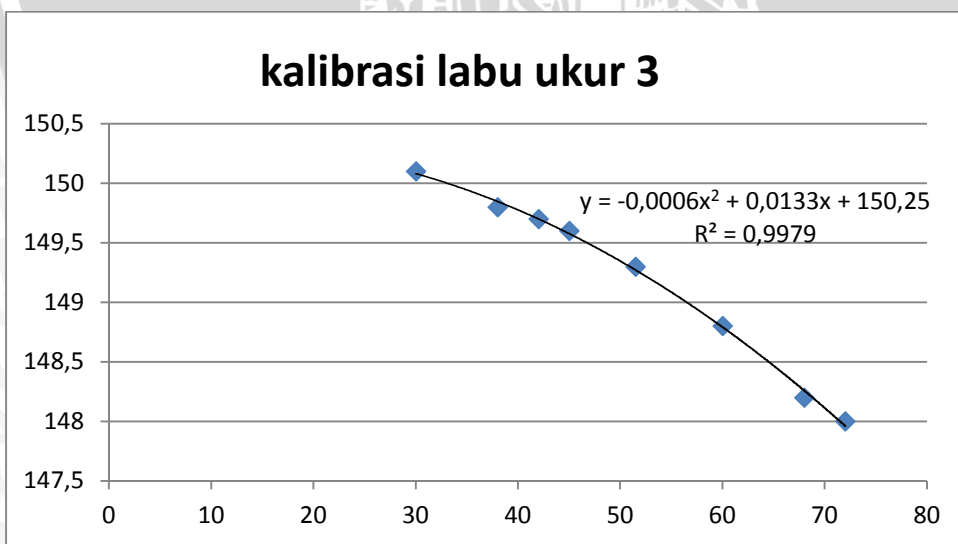
kalibrasi labu ukur 1



kalibrasi labu ukur 2



kalibrasi labu ukur 3



Data Percobaan Kalibrasi Labu Ukur + Tanah

No.	1		2		3	
	Berat Labu ukur +air+tanah	Temp. (°C)	Berat Labu ukur +air+tanah	Temp. (°C)	Berat Labu ukur +air+tanah	Temp. (°C)
1	157.7	70	152.4	77	146.4	69
2	159.2	59	154	66	148.1	62
3	159.5	54	154.6	59	148.6	57
4	159.7	45	155.2	50	149.2	51
5	159.9	42	155.2	48	149.1	46
6	160.1	39	155.7	44	149.3	42
7	160.2	37	155.8	39	149.5	39
8	160.3	35	155.8	37	149.6	36
9	160.4	34	156.1	35	149.9	35
10	160.5	33	156.1	33	150	33
11	160.7	31	156.5	32	150.5	31

Labu Ukur	Satuan	1							
Berat Labu ukur	gr	35.4							
Berat tanah kering (Ws)	gr	20							
Berat labu ukur+air+ tanah (W1)		146	146.4	146.7	146.8	147.1	147.3	147.5	147.6
Suhu	C	67	60	52	47	45	41	37	30
Berat labu ukur+air (W2)	gr	133.536	134.04	134.496	134.716	134.79	134.914	135.006	135.09
Berat jenis tanah (Gs)	gr/cm3	2.6539	2.6178	2.5654	2.5265	2.6008	2.6267	2.6645	2.6702
Rata-rata berat jenis	gr/cm3	2.6157							

Labu Ukur	Satuan	2							
Berat Labu ukur	gr	34.7							
Berat tanah kering (Ws)	gr	20							
Berat labu ukur+air+ tanah (W1)		146.4	147	147.5	147.7	148	148.2	148.4	148.5
Suhu	C	71	63	54	52	45	39	33	30
Berat labu ukur+air (W2)	gr	134.0	134.5	135.0	135.1	135.4	135.7	135.8	135.9
Berat jenis tanah (Gs)	gr/cm3	2.6313	2.6562	2.6551	2.6914	2.6887	2.6827	2.6923	2.7031
Rata-rata berat jenis	gr/cm3	2.6751							

Labu Ukur	Satuan	3							
Berat Labu ukur	gr	50.5							
Berat tanah kering (Ws)	gr	20							
Berat labu ukur+air+ tanah (W1)		161	161.2	161.6	161.9	162	162.3	162.5	162.5
Suhu	C	67	63	55	49	47	40	33	30
Berat labu ukur+air (W2)	gr	148.4	148.7	149.2	149.5	149.5	149.8	150.0	150.1
Berat jenis tanah (Gs)	gr/cm3	2.6854	2.6644	2.6432	2.6451	2.6491	2.6589	2.6541	2.6285
Rata-rata berat jenis	gr/cm3	2.6536							

Rata-rata	2.648145
-----------	----------

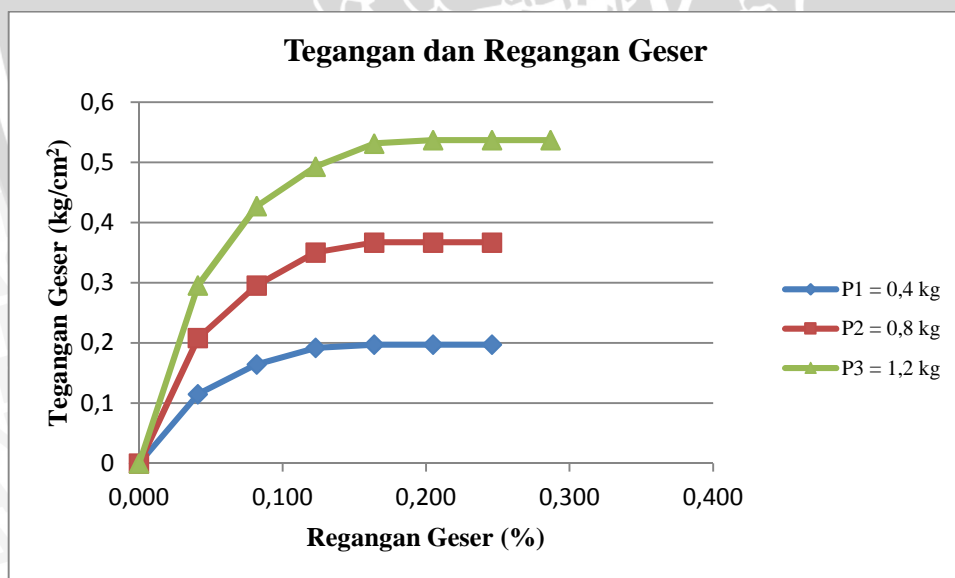
LAMPIRAN 3

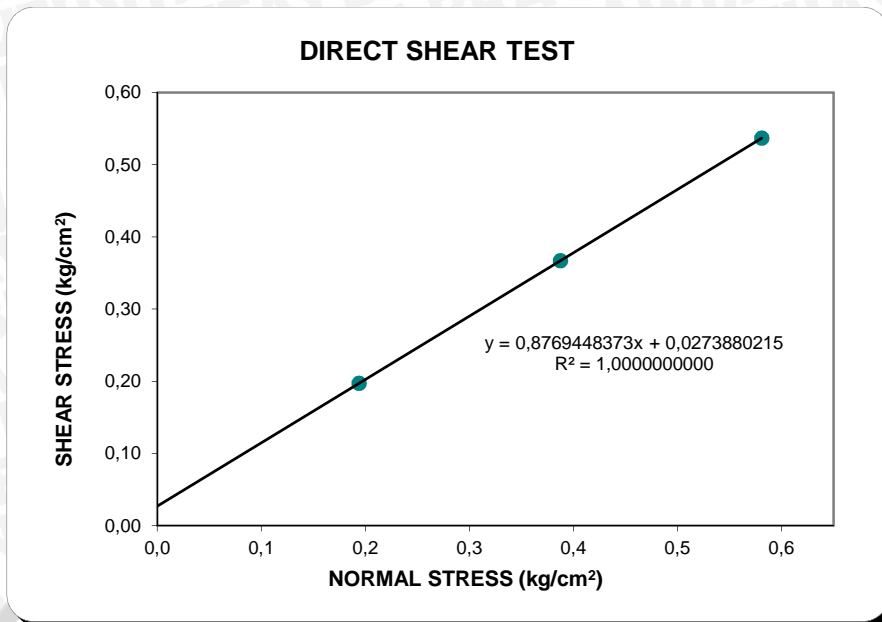
HASIL ANALISIS UJI GESER LANGSUNG (DIRECT SHEAR)

Data :

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

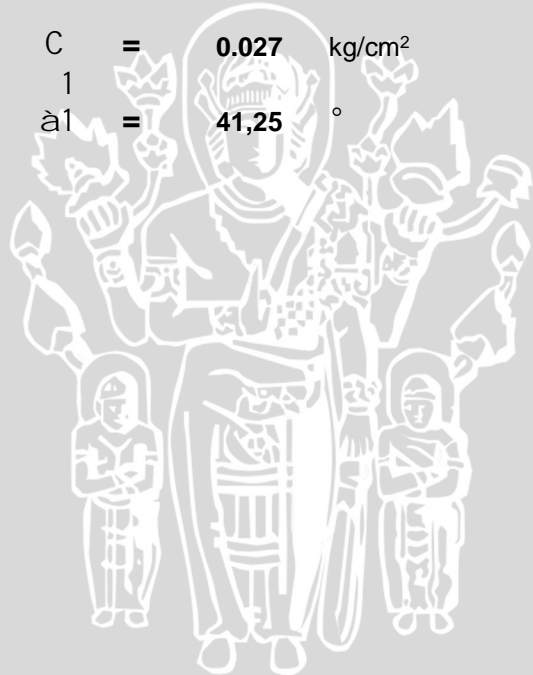
NORMAL FORCE	P ₁ = 0.4 kg			P ₂ = 0.8 kg			P ₃ = 1.2 kg			Regangan Geser
NORMAL STRESS	σ ₁ = 0.2 kg/cm ²			σ ₂ = 0.4 kg/cm ²			σ ₃ = 0.6 kg/cm ²			
STRAIN	DIAL READING	SHEAR FORCE	SHEAR STRESS	DIAL READING	SHEAR FORCE	SHEAR STRESS	DIAL READING	SHEAR FORCE	SHEAR STRESS	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
25	10.5	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





$C = 0,027 \text{ kg/cm}^2$

$\alpha = 41,25^\circ$



LAMPIRAN 4
HASIL ANALISIS UJI PEMADATAN STANDAR

Kadar Air

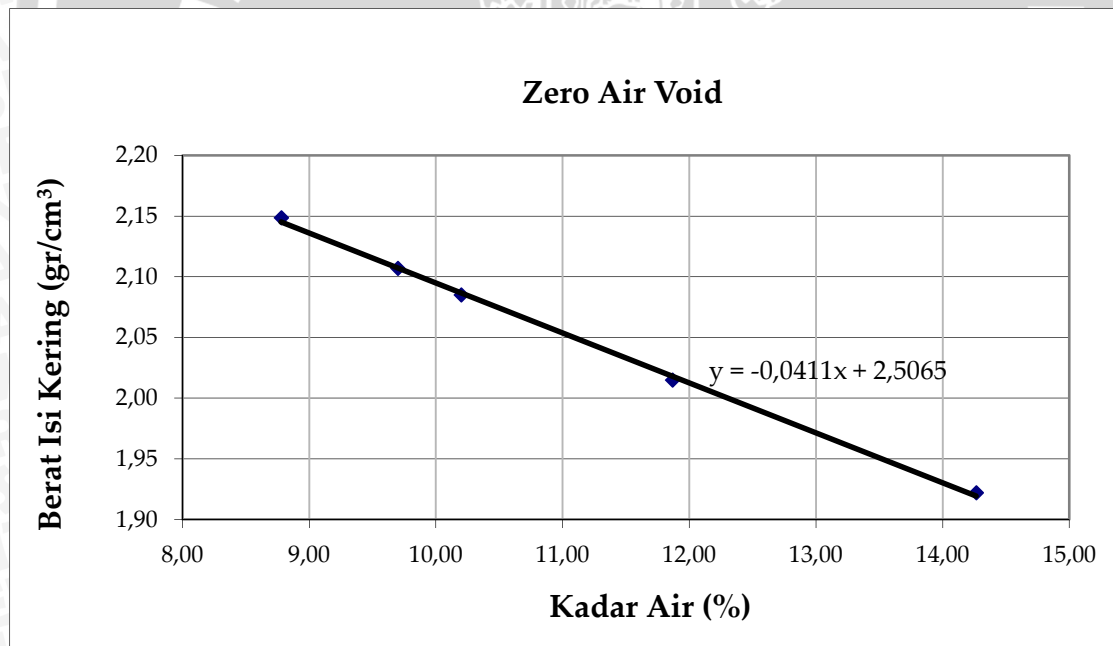
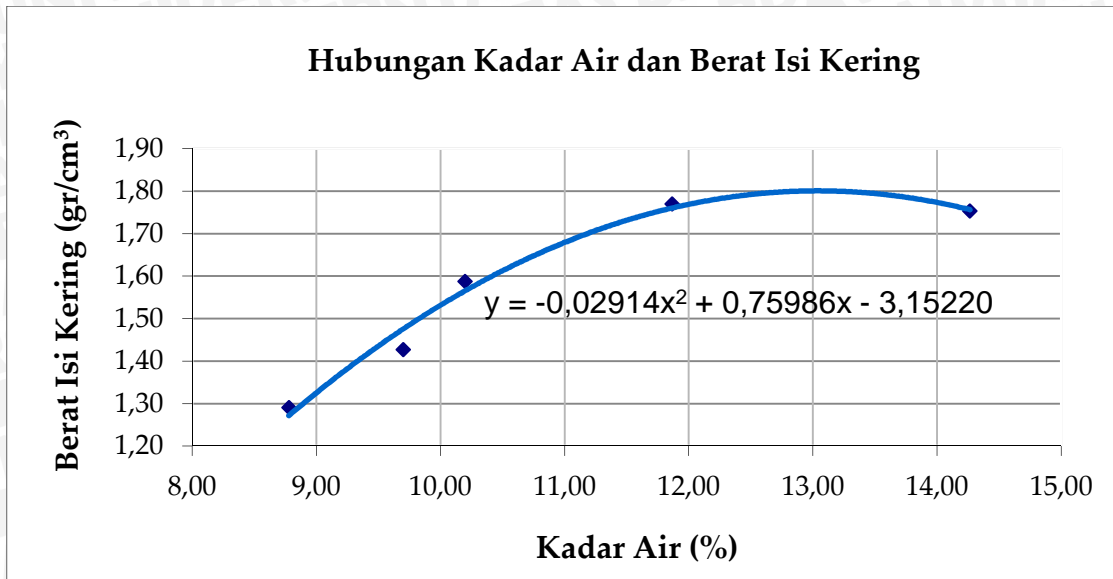
Penambahan Air	p1			p2			p3			p4			p5		
	atas	tengah	bawah	atas	tengah	bawah	atas	tengah	bawah	atas	tengah	bawah	atas	tengah	bawah
Berat Cawan	6.00	4.00	4.00	5.60	4.00	4.10	6.00	5.50	5.30	7.80	6.10	4.10	5.50	5.50	5.60
Berat Tanah Basah + Cawan	29.40	31.80	35.80	29.30	17.20	28.60	29.10	27.90	20.00	32.00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

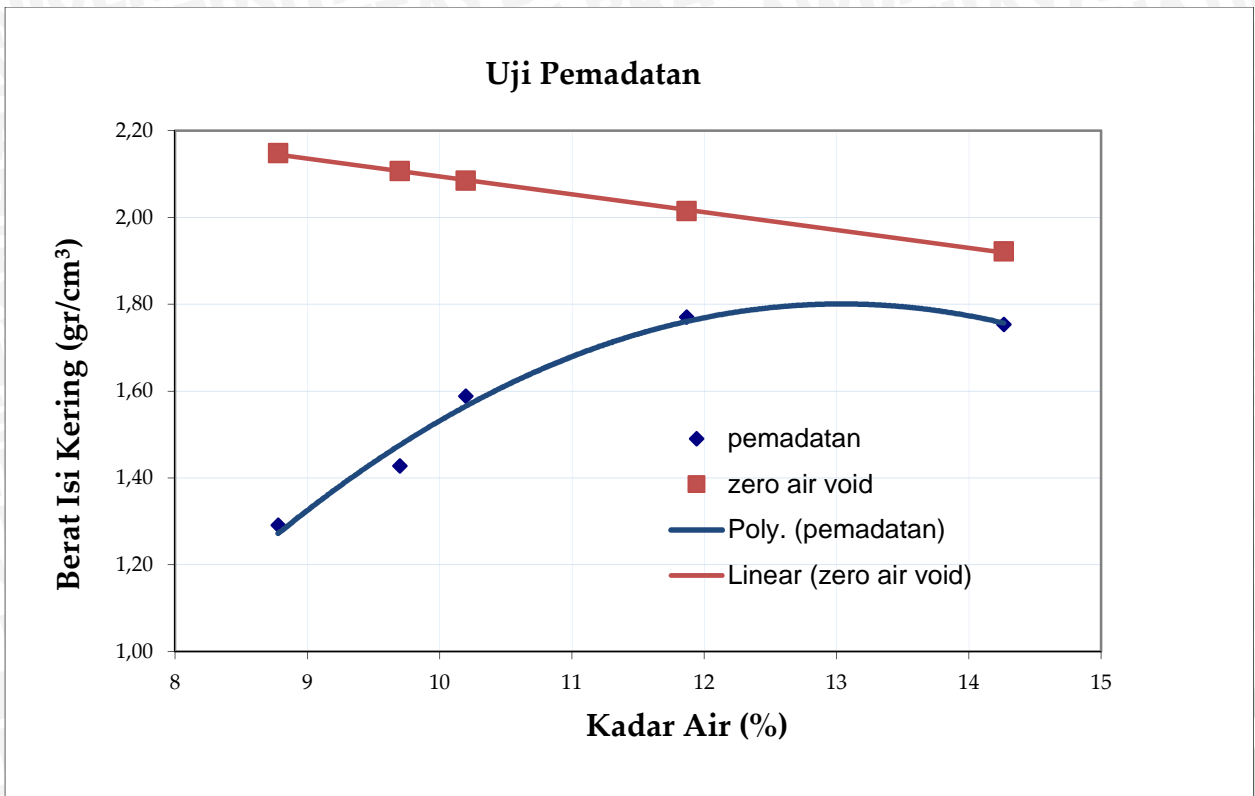
Density

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	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 (%)	13.0381
χd max (gr/cm³)	1.8014
85% χd (gr/cm³)	1.531
WC 85% (%)	9.99

LAMPIRAN 5

HASIL PENGUJIAN KADAR AIR DAN KEPADATAN TANAH LAPANGAN

Tanpa perkuatan Sudut 46° , D/B = 1

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Diameter Ring	cm	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.40	36.60	36.00	36.30	36.20	36.40	36.80	36.60	35.90	36.20	36.80	36.10	36.20	36.50	36.70	36.60	36.80	36.50	37.00	36.00	36.90
3. Berat Tanah Basah	gr	18.30	18.50	17.90	18.20	18.10	18.30	18.70	18.50	17.80	18.10	18.70	18.00	18.10	18.40	18.60	18.50	18.70	18.40	18.90	17.90	18.80
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.693	1.712	1.656	1.684	1.675	1.693	1.730	1.712	1.647	1.675	1.730	1.666	1.675	1.703	1.721	1.712	1.730	1.703	1.749	1.656	1.740
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.81	35.00	34.40	34.81	34.70	34.81	35.12	35.10	34.40	34.50	35.11	34.70	34.62	34.91	35.01	34.90	35.11	34.81	35.21	34.21	35.11
7. Berat Tanah Kering	gr	16.71	16.90	16.30	16.71	16.60	16.71	17.02	17.00	16.30	16.40	17.01	16.60	16.52	16.81	16.91	16.80	17.01	16.71	17.11	16.11	17.01
8. Berat Air	gr	1.59	1.60	1.60	1.49	1.50	1.59	1.68	1.50	1.50	1.70	1.69	1.40	1.58	1.59	1.69	1.70	1.69	1.69	1.79	1.79	1.79
9. Kadar Air	%	9.52	9.47	9.82	8.93	9.04	9.52	9.88	8.82	9.20	10.37	9.94	8.43	9.58	9.47	10.00	10.12	9.94	10.12	10.47	11.11	10.53
10. Kadar Air Rata-Rata	%	9.73																				
11. d	gr/cm ³	1.546	1.564	1.508	1.546	1.536	1.546	1.575	1.573	1.508	1.518	1.574	1.536	1.528	1.555	1.565	1.555	1.574	1.546	1.583	1.491	1.574
12. d rata-rata	gr/cm ³	1.548																				

Tanpa perkuatan Sudut 51° , D/B = 1

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Diameter Ring	cm	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.00	35.70	36.20	36.10	36.30	35.90	36.30	36.40	35.90	35.80	36.70	36.10	36.40	36.30	36.10	36.70	36.50	36.00	36.40	36.10	36.10
3. Berat Tanah Basah	gr	17.90	17.60	18.10	18.00	18.20	17.80	18.20	18.30	17.80	17.70	18.60	18.00	18.30	18.20	18.00	18.60	18.40	17.90	18.30	18.00	18.00
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.656	1.629	1.675	1.666	1.684	1.647	1.684	1.693	1.647	1.638	1.721	1.666	1.693	1.684	1.666	1.721	1.703	1.656	1.693	1.666	1.666
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.13	33.90	34.29	34.30	34.46	34.03	34.55	34.62	34.12	33.94	34.79	34.22	34.38	34.30	34.24	34.75	34.61	34.12	34.68	34.08	34.38
7. Berat Tanah Kering	gr	16.03	15.80	16.19	16.20	16.36	15.93	16.45	16.52	16.02	15.84	16.69	16.12	16.28	16.20	16.14	16.65	16.51	16.02	16.58	15.98	16.28
8. Berat Air	gr	1.87	1.80	1.91	1.80	1.84	1.87	1.75	1.78	1.78	1.86	1.91	1.88	2.02	2.00	1.86	1.95	1.89	1.88	1.72	2.02	1.72
9. Kadar Air	%	11.67	11.39	11.81	11.11	11.25	11.75	10.63	10.77	11.11	11.75	11.45	11.67	12.44	12.36	11.53	11.72	11.46	11.75	10.36	12.66	10.56
10. Kadar Air Rata-Rata	%	11.49																				
11. d	gr/cm ³	1.483	1.462	1.498	1.499	1.514	1.474	1.522	1.529	1.482	1.466	1.544	1.492	1.506	1.499	1.493	1.541	1.528	1.482	1.534	1.479	1.507
12. d rata-rata	gr/cm ³	1.502																				

Tanpa perkuatan Sudut 56° , D/B = 1

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Diameter Ring	cm	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	35.10	35.00	35.90	35.60	36.00	36.00	35.60	36.10	35.50	35.10	36.60	35.60	36.70	35.90	35.90	36.80	35.80	36.30	36.60	36.20	36.50
3. Berat Tanah Basah	gr	17.00	16.90	17.80	17.50	17.90	17.90	17.50	18.00	17.40	17.00	18.50	17.50	18.60	17.80	17.80	18.70	17.70	18.20	18.50	18.10	18.40
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.573	1.564	1.647	1.619	1.656	1.656	1.619	1.666	1.610	1.573	1.712	1.619	1.721	1.647	1.647	1.730	1.638	1.684	1.712	1.675	1.703
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	33.88	33.69	34.55	34.12	34.40	34.27	33.99	34.54	34.03	33.53	34.95	34.02	34.92	34.14	34.24	34.90	34.09	34.63	34.78	34.47	34.83
7. Berat Tanah Kering	gr	15.78	15.59	16.45	16.02	16.30	16.17	15.89	16.44	15.93	15.43	16.85	15.92	16.82	16.04	16.14	16.80	15.99	16.53	16.68	16.37	16.73
8. Berat Air	gr	1.22	1.31	1.35	1.48	1.60	1.73	1.61	1.56	1.47	1.57	1.65	1.58	1.78	1.76	1.66	1.90	1.71	1.67	1.82	1.73	1.67
9. Kadar Air	%	7.72	8.38	8.22	9.22	9.82	10.72	10.11	9.48	9.24	10.17	9.78	9.92	10.58	10.96	10.30	11.28	10.70	10.09	10.93	10.59	9.99
10. Kadar Air Rata-Rata	%											9.91										
11. d	gr/cm ³	1.460	1.443	1.522	1.483	1.508	1.496	1.471	1.521	1.474	1.428	1.559	1.473	1.556	1.484	1.493	1.555	1.480	1.530	1.543	1.515	1.548
12. d rata-rata	gr/cm ³											1.502										

Tanpa perkuatan Sudut 46° , D/B = 2

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Diameter Ring	cm	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	35.70	36.60	36.40	37.10	36.70	36.60	37.00	36.40	36.50	36.70	35.80	36.90	36.50	36.70	36.90	36.10	36.50	36.70	36.80	36.60	36.20
3. Berat Tanah Basah	gr	17.60	18.50	18.30	19.00	18.60	18.50	18.90	18.30	18.40	18.60	17.70	18.80	18.40	18.60	18.80	18.00	18.40	18.60	18.70	18.50	18.10
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.629	1.712	1.693	1.758	1.721	1.712	1.749	1.693	1.703	1.721	1.638	1.740	1.703	1.721	1.740	1.666	1.703	1.721	1.730	1.712	1.675
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.40	35.12	34.99	35.38	35.08	34.99	35.09	34.59	34.79	34.78	34.08	35.01	34.57	34.89	35.48	34.29	34.68	34.99	34.98	34.87	34.48
7. Berat Tanah Kering	gr	16.30	17.02	16.89	17.28	16.98	16.89	16.99	16.49	16.69	16.68	15.98	16.91	16.47	16.79	17.38	16.19	16.58	16.89	16.88	16.77	16.38
8. Berat Air	gr	1.30	1.48	1.41	1.72	1.62	1.61	1.91	1.81	1.71	1.92	1.72	1.89	1.93	1.81	1.42	1.81	1.82	1.71	1.82	1.73	1.72
9. Kadar Air	%	7.97	8.67	8.34	9.97	9.57	9.55	11.26	10.97	10.28	11.53	10.73	11.20	11.69	10.77	8.16	11.20	11.00	10.12	10.75	10.31	10.47
10. Kadar Air Rata-Rata	%											10.21										
11. d	gr/cm ³	1.508	1.575	1.563	1.599	1.571	1.563	1.572	1.526	1.544	1.543	1.479	1.564	1.525	1.554	1.608	1.498	1.534	1.563	1.562	1.552	1.516
12. d rata-rata	gr/cm ³											1.549										

Tanpa perkuatan Sudut 51° , D/B = 2

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Diameter Ring	cm	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.80	36.50	36.90	37.00	36.90	36.90	37.40	37.10	36.00	36.30	37.00	36.80	36.20	36.90	36.50	35.90	36.40	36.90	36.10	36.90	36.60
3. Berat Tanah Basah	gr	18.70	18.40	18.80	18.90	18.80	18.80	19.30	19.00	17.90	18.20	18.90	18.70	18.10	18.80	18.40	17.80	18.30	18.80	18.00	18.80	18.50
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.730	1.703	1.740	1.749	1.740	1.740	1.786	1.758	1.656	1.684	1.749	1.730	1.675	1.740	1.703	1.647	1.693	1.740	1.666	1.740	1.712
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.01	34.80	35.16	35.06	35.11	34.98	35.36	35.10	34.08	34.46	35.01	34.83	34.31	34.86	34.59	33.87	34.40	34.89	34.03	34.76	34.48
7. Berat Tanah Kering	gr	16.91	16.70	17.06	16.96	17.01	16.88	17.26	17.00	15.98	16.36	16.91	16.73	16.21	16.76	16.49	15.77	16.30	16.79	15.93	16.66	16.38
8. Berat Air	gr	1.79	1.70	1.74	1.94	1.79	1.92	2.04	2.00	1.92	1.84	1.99	1.97	1.89	2.04	1.91	2.03	2.00	2.01	2.07	2.14	2.12
9. Kadar Air	%	10.58	10.16	10.17	11.44	10.51	11.38	11.83	11.78	12.03	11.25	11.78	11.78	11.67	12.18	11.59	12.88	12.28	11.99	13.03	12.87	12.96
10. Kadar Air Rata-Rata	%											11.72										
11. d	gr/cm ³	1.565	1.546	1.579	1.569	1.574	1.562	1.597	1.573	1.479	1.514	1.565	1.548	1.500	1.551	1.526	1.459	1.508	1.553	1.474	1.541	1.515
12. d rata-rata	gr/cm ³											1.538										

Tanpa perkuatan Sudut 56° , D/B = 2

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Diameter Ring	cm	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	35.90	36.50	36.30	35.20	35.70	35.90	36.00	35.20	36.00	36.00	35.90	35.90	36.10	36.80	36.20	35.50	36.30	36.50	36.00	36.10	36.00
3. Berat Tanah Basah	gr	17.80	18.40	18.20	17.10	17.60	17.80	17.90	17.10	17.90	17.90	17.80	17.80	18.00	18.70	18.10	17.40	18.20	18.40	17.90	18.00	17.90
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.647	1.703	1.684	1.582	1.629	1.647	1.656	1.582	1.656	1.656	1.647	1.647	1.666	1.730	1.675	1.610	1.684	1.703	1.656	1.666	1.656
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.64	35.10	34.88	33.69	34.32	34.43	34.47	33.63	34.32	34.36	34.24	34.38	34.35	35.00	34.47	33.70	34.53	34.66	34.31	34.40	34.31
7. Berat Tanah Kering	gr	16.54	17.00	16.78	15.59	16.22	16.33	16.37	15.53	16.22	16.26	16.14	16.28	16.25	16.90	16.37	15.60	16.43	16.56	16.21	16.30	16.21
8. Berat Air	gr	1.26	1.40	1.42	1.51	1.38	1.47	1.53	1.57	1.68	1.64	1.66	1.52	1.75	1.80	1.73	1.80	1.77	1.84	1.69	1.70	1.69
9. Kadar Air	%	7.65	8.21	8.46	9.70	8.49	9.01	9.38	10.12	10.33	10.07	10.29	9.34	10.77	10.63	10.58	11.51	10.78	11.12	10.43	10.45	10.45
10. Kadar Air Rata-Rata	%											9.89										
11. d	gr/cm ³	1.530	1.573	1.553	1.442	1.501	1.511	1.514	1.437	1.501	1.505	1.493	1.506	1.504	1.564	1.515	1.444	1.520	1.532	1.500	1.508	1.500
12. d rata-rata	gr/cm ³											1.507										

Tanpa perkuatan Sudut 46°, D/B = 3

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Diameter Ring	cm	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	35.90	35.70	36.00	36.10	36.20	36.10	36.80	35.70	36.00	37.10	36.70	36.60	36.10	36.80	36.20	36.10	36.80	36.20	36.40	36.60	36.20
3. Berat Tanah Basah	gr	17.80	17.60	17.90	18.00	18.10	18.00	18.70	17.60	17.90	19.00	18.60	18.50	18.00	18.70	18.10	18.00	18.70	18.10	18.30	18.50	18.10
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.647	1.629	1.656	1.666	1.675	1.666	1.730	1.629	1.656	1.758	1.721	1.712	1.666	1.730	1.675	1.666	1.730	1.675	1.693	1.712	1.675
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.28	34.17	34.38	34.38	34.47	34.48	35.17	33.97	34.29	35.38	34.98	34.88	34.39	34.97	34.48	34.32	34.96	34.46	34.57	34.97	34.58
7. Berat Tanah Kering	gr	16.18	16.07	16.28	16.28	16.37	16.38	17.07	15.87	16.19	17.28	16.88	16.78	16.29	16.87	16.38	16.22	16.86	16.36	16.47	16.87	16.48
8. Berat Air	gr	1.62	1.53	1.62	1.72	1.73	1.62	1.63	1.73	1.71	1.72	1.72	1.72	1.71	1.83	1.72	1.78	1.84	1.74	1.83	1.63	1.62
9. Kadar Air	%	10.04	9.49	9.98	10.57	10.55	9.89	9.52	10.88	10.59	9.98	10.20	10.25	10.52	10.83	10.52	10.99	10.89	10.65	11.10	9.67	9.81
10. Kadar Air Rata-Rata	%												10.33									
11. d	gr/cm ³	1.497	1.487	1.506	1.506	1.515	1.516	1.580	1.469	1.498	1.599	1.562	1.553	1.507	1.561	1.515	1.501	1.560	1.514	1.524	1.561	1.525
12. d rata-rata	gr/cm ³												1.526									

Tanpa perkuatan Sudut 51°, D/B = 3

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Diameter Ring	cm	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.20	36.70	37.20	37.40	36.80	37.10	36.20	36.90	37.10	37.30	36.80	37.20	37.30	36.60	36.80	36.60	35.40	36.60	36.90	35.70	36.80
3. Berat Tanah Basah	gr	18.10	18.60	19.10	19.30	18.70	19.00	18.10	18.80	19.00	19.20	18.70	19.10	19.20	18.50	18.70	18.50	17.30	18.50	18.80	17.60	18.70
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.675	1.721	1.767	1.786	1.730	1.758	1.675	1.740	1.758	1.777	1.730	1.767	1.777	1.712	1.730	1.712	1.601	1.712	1.740	1.629	1.730
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.29	34.48	35.37	35.47	34.78	35.16	34.27	35.06	35.18	35.36	34.45	35.17	35.18	34.77	34.87	34.59	33.47	34.58	34.78	33.87	34.77
7. Berat Tanah Kering	gr	16.19	16.38	17.27	17.37	16.68	17.06	16.17	16.96	17.08	17.26	16.35	17.07	17.08	16.67	16.77	16.49	15.37	16.48	16.68	15.77	16.67
8. Berat Air	gr	1.91	2.22	1.83	1.93	2.02	1.94	1.93	1.84	1.92	1.94	2.35	2.03	2.12	1.83	1.93	2.01	1.93	2.02	2.12	1.83	2.03
9. Kadar Air	%	11.80	13.58	10.59	11.11	12.12	11.38	11.95	10.84	11.24	11.24	14.38	11.90	12.43	10.98	11.52	12.20	12.58	12.27	12.73	11.61	12.20
10. Kadar Air Rata-Rata	%												11.94									
11. d	gr/cm ³	1.498	1.515	1.598	1.607	1.543	1.579	1.496	1.569	1.580	1.597	1.513	1.579	1.580	1.543	1.552	1.526	1.422	1.525	1.543	1.459	1.542
12. d rata-rata	gr/cm ³												1.541									

Tanpa perkuatan Sudut 56° , D/B = 3

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Diameter Ring	cm	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	35.80	36.20	36.30	35.60	36.30	36.10	36.80	35.90	36.30	36.00	36.20	36.20	36.20	36.10	36.50	36.40	36.40	36.00	36.70	35.50	36.30
3. Berat Tanah Basah	gr	17.70	18.10	18.20	17.50	18.20	18.00	18.70	17.80	18.20	17.90	18.10	18.10	18.10	18.00	18.40	18.30	18.30	17.90	18.60	17.40	18.20
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.638	1.675	1.684	1.619	1.684	1.666	1.730	1.647	1.684	1.656	1.675	1.675	1.675	1.666	1.703	1.693	1.693	1.656	1.721	1.610	1.684
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.28	34.63	34.67	34.08	34.71	34.51	35.03	34.27	34.58	34.24	34.51	34.40	34.39	34.44	34.68	34.39	34.48	34.13	34.73	33.76	34.46
7. Berat Tanah Kering	gr	16.18	16.53	16.57	15.98	16.61	16.41	16.93	16.17	16.48	16.14	16.41	16.30	16.29	16.34	16.58	16.29	16.38	16.03	16.63	15.66	16.36
8. Berat Air	gr	1.52	1.57	1.63	1.52	1.59	1.59	1.77	1.63	1.72	1.76	1.69	1.80	1.81	1.66	1.82	2.01	1.92	1.87	1.97	1.74	1.84
9. Kadar Air	%	9.37	9.53	9.84	9.54	9.57	9.70	10.47	10.11	10.47	10.87	10.31	11.06	11.13	10.19	10.98	12.30	11.74	11.69	11.83	11.12	11.25
10. Kadar Air Rata-Rata	%											10.62										
11. d	gr/cm ³	1.498	1.529	1.533	1.478	1.537	1.518	1.566	1.496	1.525	1.494	1.518	1.508	1.507	1.512	1.534	1.508	1.515	1.483	1.539	1.449	1.514
12. d rata-rata	gr/cm ³											1.512										



Dengan perkuatan Sudut 46°, D/B = 1

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Diameter Ring	cm	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
1. Berat Ring	gr	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	37.3	36.5	36.4	36	36.4	35.8	36	36.4	36.4	36.3	36.3	36	36.4	36.1	36	36.1	36.3	36.8	36.6	36.4	35.8
3. Berat Tanah Basah	gr	19.2	18.4	18.3	17.9	18.3	17.7	17.9	18.3	18.3	18.2	18.2	17.9	18.3	18	17.9	18	18.2	18.7	18.5	18.3	17.7
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.777	1.703	1.693	1.656	1.693	1.638	1.656	1.693	1.693	1.684	1.684	1.656	1.693	1.666	1.656	1.666	1.684	1.73	1.712	1.693	1.638
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.58	34.78	34.59	34.39	34.68	34.28	34.29	34.68	34.69	34.59	34.59	34.39	34.69	34.5	34.4	34.49	34.59	35.09	34.89	34.68	34.18
7. Berat Tanah Kering	gr	17.48	16.68	16.49	16.29	16.58	16.18	16.19	16.58	16.59	16.49	16.49	16.29	16.59	16.4	16.3	16.39	16.49	16.99	16.79	16.58	16.08
8. Berat Air	gr	1.72	1.72	1.81	1.61	1.72	1.52	1.71	1.72	1.71	1.71	1.71	1.61	1.71	1.6	1.6	1.61	1.71	1.71	1.71	1.72	1.62
9. Kadar Air	%	9.82	10.31	10.98	9.91	10.35	9.4	10.57	10.36	10.34	10.38	10.34	9.88	10.33	9.75	9.85	9.83	10.38	10.06	10.22	10.37	10.04
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.17																				
11. d	gr/cm ³	1.618	1.544	1.526	1.507	1.535	1.497	1.498	1.534	1.535	1.526	1.526	1.507	1.535	1.518	1.508	1.516	1.526	1.572	1.553	1.534	1.488
12. d rata-rata	gr/cm ³	1.529																				

Dengan perkuatan Sudut 51°, D/B = 1

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Diameter Ring	cm	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.60	35.90	36.60	36.40	35.90	36.20	36.60	36.30	35.90	35.70	36.40	36.50	35.60	36.30	36.40	36.60	36.50	35.60	37.10	36.30	36.10
3. Berat Tanah Basah	gr	18.50	17.80	18.50	18.30	17.80	18.10	18.50	18.20	17.80	17.60	18.30	18.40	17.50	18.20	18.30	18.50	18.40	17.50	19.00	18.20	18.00
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.712	1.647	1.712	1.693	1.647	1.675	1.712	1.684	1.647	1.629	1.693	1.703	1.619	1.684	1.693	1.712	1.703	1.619	1.758	1.684	1.666
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.89	34.38	34.98	34.69	34.19	34.50	34.88	34.59	34.29	34.18	34.78	34.86	33.99	34.68	34.68	34.98	34.88	34.08	35.38	34.58	34.38
7. Berat Tanah Kering	gr	16.79	16.28	16.88	16.59	16.09	16.40	16.78	16.49	16.19	16.08	16.68	16.76	15.89	16.58	16.58	16.88	16.78	15.98	17.28	16.48	16.28
8. Berat Air	gr	1.71	1.52	1.62	1.71	1.71	1.70	1.72	1.71	1.61	1.52	1.62	1.64	1.61	1.62	1.72	1.62	1.62	1.52	1.72	1.72	1.72
9. Kadar Air	%	10.17	9.32	9.59	10.33	10.61	10.40	10.25	10.36	9.91	9.45	9.73	9.76	10.15	9.75	10.40	9.60	9.66	9.49	9.98	10.44	10.54
10. Kadar Air Rata-Rata	%	9.99																				
11. d	gr/cm ³	1.554	1.507	1.562	1.535	1.489	1.517	1.553	1.526	1.499	1.488	1.543	1.551	1.470	1.535	1.534	1.562	1.553	1.479	1.599	1.525	1.507
12. d rata-rata	gr/cm ³	1.528																				

Dengan perkuatan Sudut 56° , D/B = 1

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Diameter Ring	cm	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.30	36.40	36.70	36.30	37.10	36.20	36.30	36.00	36.80	35.70	35.90	36.20	35.60	36.50	35.80	37.20	37.00	36.40	36.60	37.10	36.10
3. Berat Tanah Basah	gr	18.20	18.30	18.60	18.20	19.00	18.10	18.20	17.90	18.70	17.60	17.80	18.10	17.50	18.40	17.70	19.10	18.90	18.30	18.50	19.00	18.00
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.684	1.693	1.721	1.684	1.758	1.675	1.684	1.656	1.730	1.629	1.647	1.675	1.619	1.703	1.638	1.767	1.749	1.693	1.712	1.758	1.666
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.68	34.58	34.88	34.59	35.29	34.59	34.59	34.38	35.09	34.09	34.29	34.59	33.99	34.78	34.11	35.48	35.28	34.79	34.98	35.39	34.39
7. Berat Tanah Kering	gr	16.58	16.48	16.78	16.49	17.19	16.49	16.49	16.28	16.99	15.99	16.19	16.49	15.89	16.68	16.01	17.38	17.18	16.69	16.88	17.29	16.29
8. Berat Air	gr	1.62	1.82	1.82	1.71	1.81	1.61	1.71	1.62	1.71	1.61	1.61	1.61	1.61	1.72	1.69	1.72	1.72	1.61	1.62	1.71	1.71
9. Kadar Air	%	9.74	11.04	10.82	10.38	10.52	9.77	10.36	9.92	10.09	10.04	9.96	9.77	10.15	10.29	10.59	9.90	9.99	9.64	9.58	9.91	10.49
10. Kadar Air Rata-Rata	%											10.14										
11. d	gr/cm ³	1.535	1.525	1.553	1.526	1.591	1.526	1.526	1.507	1.572	1.480	1.498	1.526	1.470	1.544	1.481	1.608	1.590	1.545	1.562	1.600	1.508
12. d rata-rata	gr/cm ³											1.537										

Dengan perkuatan Sudut 46° , D/B = 2

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Diameter Ring	cm	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
1. Berat Ring	gr	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	37	36.3	36.3	36.2	36.3	36.7	36.7	36.7	36.9	36.4	35.7	36	36.8	36.3	35.6	36.2	36.1	36.7	36.5	36.8	36.9
3. Berat Tanah Basah	gr	18.9	18.2	18.2	18.1	18.2	18.6	18.6	18.6	18.8	18.3	17.6	17.9	18.7	18.2	17.5	18.1	18	18.6	18.4	18.7	18.8
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.749	1.684	1.684	1.675	1.684	1.721	1.721	1.721	1.74	1.693	1.629	1.656	1.73	1.684	1.619	1.675	1.666	1.721	1.703	1.73	1.74
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.19	34.59	34.59	34.5	34.49	34.98	34.97	34.98	35.19	32.7	34.09	34.39	35.18	34.68	34	34.69	34.4	34.99	34.89	35.18	35.19
7. Berat Tanah Kering	gr	17.09	16.49	16.49	16.4	16.39	16.88	16.87	16.88	17.09	14.6	15.99	16.29	17.08	16.58	15.9	16.59	16.3	16.89	16.79	17.08	17.09
8. Berat Air	gr	1.81	1.71	1.71	1.7	1.81	1.72	1.73	1.72	1.71	3.7	1.61	1.61	1.62	1.62	1.6	1.51	1.7	1.71	1.61	1.62	1.71
9. Kadar Air	%	10.58	10.37	10.37	10.4	11.03	10.21	10.25	10.17	10.04	25.38	10.1	9.88	9.49	9.75	10.09	9.11	10.45	10.12	9.62	9.47	9.98
10. Kadar Air Rata-Rata	%											10.8										
11. d	gr/cm ³	1.582	1.526	1.526	1.517	1.517	1.562	1.561	1.562	1.581	1.351	1.479	1.507	1.58	1.535	1.471	1.535	1.508	1.563	1.553	1.581	1.582
12. d rata-rata	gr/cm ³											1.532										

Dengan perkuatan Sudut 51°, D/B = 2

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Diameter Ring	cm	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36.40	36.80	36.30	36.30	36.00	36.80	36.80	36.30	36.70	36.30	36.30	36.20	36.80	36.90	36.70	37.40	36.20	35.90	37.50	37.00	36.70
3. Berat Tanah Basah	gr	18.30	18.70	18.20	18.20	17.90	18.70	18.70	18.20	18.60	18.20	18.20	18.10	18.70	18.80	18.60	19.30	18.10	17.80	19.40	18.90	18.60
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.693	1.730	1.684	1.684	1.656	1.730	1.730	1.684	1.721	1.684	1.684	1.675	1.730	1.740	1.721	1.786	1.675	1.647	1.795	1.749	1.721
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.79	34.99	34.70	34.78	34.39	35.00	34.89	34.59	34.99	34.69	34.58	34.49	34.99	35.08	34.80	35.39	34.39	34.19	35.58	35.17	34.88
7. Berat Tanah Kering	gr	16.69	16.89	16.60	16.68	16.29	16.90	16.79	16.49	16.89	16.59	16.48	16.39	16.89	16.98	16.70	17.29	16.29	16.09	17.48	17.07	16.78
8. Berat Air	gr	1.61	1.81	1.60	1.52	1.61	1.80	1.91	1.71	1.71	1.61	1.72	1.71	1.81	1.82	1.90	2.01	1.81	1.71	1.92	1.83	1.82
9. Kadar Air	%	9.64	10.71	9.64	9.09	9.88	10.65	11.38	10.37	10.12	9.70	10.43	10.43	10.71	10.71	11.38	11.63	11.11	10.63	10.98	10.71	10.84
10. Kadar Air Rata-Rata	%												10.51									
11. d	gr/cm ³	1.545	1.563	1.536	1.544	1.507	1.564	1.554	1.526	1.563	1.535	1.525	1.517	1.563	1.571	1.545	1.600	1.507	1.489	1.618	1.580	1.553
12. d rata-rata	gr/cm ³												1.548									

Dengan perkuatan Sudut 56°, D/B = 2

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Diameter Ring	cm	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	35.80	35.50	36.70	36.60	35.90	35.70	36.50	35.50	36.40	36.20	36.70	35.60	35.60	35.70	36.70	36.70	36.90	36.40	36.80	36.40	36.10
3. Berat Tanah Basah	gr	17.70	17.40	18.60	18.50	17.80	17.60	18.40	17.40	18.30	18.10	18.60	17.50	17.50	17.60	18.60	18.60	18.80	18.30	18.70	18.30	18.00
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.638	1.610	1.721	1.712	1.647	1.629	1.703	1.610	1.693	1.675	1.721	1.619	1.619	1.629	1.721	1.721	1.740	1.693	1.730	1.693	1.666
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.29	33.98	34.90	34.99	34.38	34.09	34.79	33.89	34.69	34.60	34.98	34.08	33.99	34.05	34.89	34.98	35.08	34.59	35.28	35.38	34.48
7. Berat Tanah Kering	gr	16.19	15.88	16.80	16.89	16.28	15.99	16.69	15.79	16.59	16.50	16.88	15.98	15.89	15.95	16.79	16.88	16.98	16.49	17.18	17.28	16.38
8. Berat Air	gr	1.51	1.52	1.80	1.61	1.52	1.61	1.71	1.61	1.71	1.60	1.72	1.52	1.61	1.65	1.81	1.72	1.82	1.81	1.52	1.02	1.62
9. Kadar Air	%	9.32	9.55	10.71	9.52	9.32	10.06	10.24	10.19	10.30	9.70	10.18	9.49	10.13	10.32	10.78	10.18	10.71	10.98	8.88	5.88	9.88
10. Kadar Air Rata-Rata	%												9.83									
11. d	gr/cm ³	1.498	1.470	1.555	1.563	1.507	1.480	1.544	1.461	1.535	1.527	1.562	1.479	1.470	1.476	1.554	1.562	1.571	1.526	1.589	1.599	1.516
12. d rata-rata	gr/cm ³												1.526									

Dengan kekuatan Sudut 46° , D/B = 3

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	
Diameter Ring	cm	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	
1. Berat Ring	gr	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	36	36.3	36.3	36.2	36.2	35.7	37.2	36.7	36.2	35.9	36.2	36.6	36.1	36.3	36.6	36.5	36.9	36.9	37.2	37.3	36.4
3. Berat Tanah Basah	gr	17.9	18.2	18.2	18.1	18.1	17.6	19.1	18.6	18.1	17.8	18.1	18.5	18	18.2	18.5	18.4	18.8	18.8	19.1	19.2	18.3
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	
5. w	gr/cm ³	1.656	1.684	1.684	1.675	1.675	1.629	1.767	1.721	1.675	1.647	1.675	1.712	1.666	1.684	1.712	1.703	1.74	1.74	1.767	1.777	1.693
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.3	34.6	34.59	34.4	34.48	34.01	35.48	34.89	34.39	34.1	34.4	34.89	34.39	34.59	34.79	34.78	35.19	35.19	35.38	35.49	34.69
7. Berat Tanah Kering	gr	16.2	16.5	16.49	16.3	16.38	15.91	17.38	16.79	16.29	16	16.3	16.79	16.29	16.49	16.69	16.68	17.09	17.09	17.28	17.39	16.59
8. Berat Air	gr	1.7	1.7	1.71	1.8	1.72	1.69	1.72	1.81	1.81	1.8	1.8	1.71	1.71	1.71	1.81	1.72	1.71	1.71	1.82	1.81	1.71
9. Kadar Air	%	10.49	10.3	10.37	11.04	10.49	10.63	9.88	10.78	11.11	11.25	11.04	10.18	10.49	10.37	10.84	10.3	10	10	10.53	10.4	10.3
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.51																				
11. d	gr/cm ³	1.499	1.527	1.526	1.508	1.516	1.472	1.608	1.554	1.507	1.481	1.508	1.554	1.507	1.526	1.544	1.544	1.582	1.582	1.599	1.609	1.535
12. d rata-rata	gr/cm ³	1.538																				

Dengan kekuatan Sudut 51° , D/B = 3

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	
Diameter Ring	cm	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	
1. Berat Ring	gr	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	37.20	36.90	36.20	36.50	37.20	36.40	35.20	36.20	36.50	36.80	36.90	36.10	36.80	36.10	36.70	36.30	36.10	36.70	36.80	36.90	36.90
3. Berat Tanah Basah	gr	19.10	18.80	18.10	18.40	19.10	18.30	17.10	18.10	18.40	18.70	18.80	18.00	18.70	18.00	18.60	18.20	18.00	18.60	18.70	18.80	18.80
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	
5. w	gr/cm ³	1.767	1.740	1.675	1.703	1.767	1.693	1.582	1.675	1.703	1.730	1.740	1.666	1.730	1.666	1.721	1.684	1.666	1.721	1.730	1.740	1.740
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.49	35.29	34.50	34.79	35.38	34.70	33.59	34.59	34.79	34.98	35.08	34.29	34.98	34.28	34.99	34.30	34.89	34.99	34.99	35.08	35.00
7. Berat Tanah Kering	gr	17.39	17.19	16.40	16.69	17.28	16.60	15.49	16.49	16.69	16.88	16.98	16.19	16.88	16.18	16.89	16.49	16.20	16.79	16.89	16.98	16.90
8. Berat Air	gr	1.71	1.61	1.70	1.71	1.82	1.70	1.61	1.61	1.71	1.82	1.82	1.81	1.82	1.82	1.71	1.71	1.80	1.81	1.81	1.82	1.90
9. Kadar Air	%	9.83	9.36	10.37	10.24	10.53	10.24	10.39	9.76	10.24	10.78	10.71	11.18	10.78	11.25	10.12	10.37	11.11	10.78	10.71	10.71	11.24
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.51																				
11. d	gr/cm ³	1.609	1.591	1.518	1.544	1.599	1.536	1.433	1.526	1.544	1.562	1.571	1.498	1.562	1.497	1.563	1.526	1.499	1.554	1.563	1.571	1.564
12. d rata-rata	gr/cm ³	1.544																				

Dengan kekuatan Sudut 56° , $D/B = 3$

Lapisan		1			2			3			4			5			6			7		
Tinggi Ring	cm	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Diameter Ring	cm	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
1. Berat Ring	gr	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10	18.10
2. Berat Ring + Tanah Basah	gr	37.10	35.80	36.90	36.10	36.00	36.90	36.50	36.40	36.70	36.20	36.00	36.50	36.50	36.10	36.20	35.80	36.70	36.20	36.80	36.90	37.10
3. Berat Tanah Basah	gr	19.00	17.70	18.80	18.00	17.90	18.80	18.40	18.30	18.60	18.10	17.90	18.40	18.40	18.00	18.10	17.70	18.60	18.10	18.70	18.80	19.00
4. Volume Tanah	cm ³	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81	10.81
5. w	gr/cm ³	1.758	1.638	1.740	1.666	1.656	1.740	1.703	1.693	1.721	1.675	1.656	1.703	1.703	1.666	1.675	1.638	1.721	1.675	1.730	1.740	1.758
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.29	34.19	35.10	34.40	34.30	35.10	34.70	34.69	34.88	34.59	34.30	34.70	34.79	34.49	34.50	34.19	34.89	34.50	35.09	35.18	35.39
7. Berat Tanah Kering	gr	17.19	16.09	17.00	16.30	16.20	17.00	16.60	16.59	16.78	16.49	16.20	16.60	16.69	16.39	16.40	16.09	16.79	16.40	16.99	17.08	17.29
8. Berat Air	gr	1.81	1.61	1.80	1.70	1.70	1.80	1.80	1.71	1.82	1.61	1.70	1.80	1.71	1.61	1.70	1.61	1.81	1.70	1.71	1.72	1.71
9. Kadar Air	%	10.53	10.00	10.59	10.43	10.49	10.59	10.84	10.30	10.84	9.76	10.49	10.84	10.24	9.82	10.37	10.00	10.78	10.37	10.06	10.06	9.88
10. Kadar Air Rata-Rata	%											10.35										
11. d	gr/cm ³	1.591	1.489	1.573	1.508	1.499	1.573	1.536	1.535	1.553	1.526	1.499	1.536	1.544	1.517	1.518	1.489	1.554	1.518	1.572	1.581	1.600
12. d rata-rata	gr/cm ³											1.539										



LAMPIRAN 6

PERHITUNGAN DAYA DUKUNG LERENG TANPA PERKUATAN
DENGAN METODE ANALITIK

Metode Gempeline

$$\gamma = 1,531 \text{ gr/cm}^3$$

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

$$D = \text{kedalaman pondasi} = 0$$

$$L = \text{panjang pondasi} = \sim$$

1. $B = 4$, $s = 46^\circ$, $d/B = 1$

$$\beta = \text{sudut kemiringan lereng} = 46^\circ \text{ (diubah dalam radian)}$$

$$B = \text{lebar pondasi} = 4 \text{ cm} = 1,5748 \text{ inchi}$$

$$b = \text{jarak pondasi ke tepi lereng} = 4 \text{ cm} = 1,5748 \text{ inchi}$$

$$f_\phi = 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159 \cdot 41,25 - 2,386)} = 248,242$$

$$f_B = 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 1,5748)} = 1,9978$$

$$f_{D/B} = 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/1,5748) = 1$$

$$f_{B/L} = 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (1,5748/\sim) = 1$$

$$f_{D/B, B/L} = 1 + 0,39 (D/L) = 1 + 0,39 (0/\sim) = 1$$

$$f_{\beta, b/B} = 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\}$$

$$= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan 46^\circ)^2] \{2/[2 + (1,5748/1,5748)^2 \tan 46^\circ]\}$$

$$= 0,9778$$

$$f_{\beta, b/D, D/B} = 1 + 0,6 (B/L) [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\}$$

$$= 1 + 0,6 (1,5748/\sim) [1 - 1(1 - \tan 46^\circ)^2] \{2/[2 + (1,5748/1,5748)^2 \tan 46^\circ]\}$$

$$= 1$$

$$f_{\beta, b/D, D/B} = 1 + 0,33 (D/B) \tan \alpha \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\}$$

$$= 1 + 0,33 (0/1,5748) \tan 46^\circ \{2/[2 + (1,5748/1,5748)^2 \tan 46^\circ]\}$$

$$= 1$$

$$N_{\gamma q} = 248,242 \times 1,9978 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9778 \times 1 \times 1 = 484,975$$

$$q_u = 0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q}$$

$$= 0,5 \times 1,531 \times 4 \times 484,976$$

$$= 1484,996 \text{ gr/cm}^2 = 148,499 \text{ kN/m}^2$$



2. B = 4, s = 46°, d/B = 2

$$\beta = \text{sudut kemiringan lereng} = 46^\circ = 0,803 \text{ rad}$$

$$B = \text{lebar Pondasi} = 4 \text{ cm} = 1,5748 \text{ inchi}$$

$$b = \text{Jarak pondasi ke puncak lereng} = 8 \text{ cm} = 3,1496 \text{ inchi}$$

$$f_\phi = 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159,41,25 - 2,386)} = 248,242$$

$$f_B = 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 1,5748)} = 1,9978$$

$$f_{D/B} = 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/1,5748) = 1$$

$$f_{B/L} = 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (1,5748/\sim) = 1$$

$$f_{D/B, B/L} = 1 + 0,39 (D/L) = 1 + 0,39 (0/\sim) = 1$$

$$f_{\beta, b/B} = 1 - 0,8 [1 - (1 - \tan \beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$$

$$= 1 - 0,8 [1 - (1 - \tan 0,803)^2] \{2/[2 + 3,1496/1,5748)^2 \tan 0,803^\circ]\}$$

$$= 0,9783$$

$$f_{\beta, b/D, D/B} = 1 + 0,6(B/L)[1 - (1 - \tan \beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$$

$$= 1 + 0,6(1,5748/\sim)[1 - (1 - \tan 0,803^\circ)^2] \{2/[2 + (3,1496/1,5748)^2 \tan 0,803^\circ]\}$$

$$= 1$$

$$f_{\beta, b/B, B/L} = 1 + 0,33 (D/B) \tan \beta \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$$

$$= 1 + 0,33 (0/1,5748) \tan 0,803^\circ \{2/[2 + (3,1496/1,5748)^2 \tan 0,803^\circ]\}$$

$$= 1$$

$$N_{\gamma q} = 248,242 \times 1,9978 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9783 \times 1 \times 1 = 485,1995$$

$$q_u = 0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q} = 0,5 \times 1,531 \times 4 \times 485,1995 = 1485,681 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 148,568 \text{ kN/m}^2$$

3. B = 4, s = 46°, d/B = 3

$$\beta = \text{sudut kemiringan lereng} = 46^\circ = 0,803 \text{ rad}$$

$$B = \text{lebar Pondasi} = 4 \text{ cm} = 1,5748 \text{ inchi}$$

$$b = \text{Jarak pondasi ke puncak lereng} = 12 \text{ cm} = 4,7244 \text{ inchi}$$

$$f_\phi = 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159,41,25 - 2,386)} = 248,242$$

$$f_B = 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 1,5748)} = 1,9978$$

$$f_{D/B} = 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/1,5748) = 1$$

$$f_{B/L} = 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (1,5748/\sim) = 1$$

$$f_{D/B, B/L} = 1 + 0,39 (D/L) = 1 + 0,39 (0/\sim) = 1$$

$$f_{\beta, b/B} = 1 - 0,8 [1 - (1 - \tan \beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$$

$$= 1 - 0,8 [1 - (1 - \tan 0,803)^2] \{2/[2 + 4,7244/1,5748)^2 \tan 0,803^\circ]\}$$

$$= 0,9791$$

$$f_{\beta, b/D, D/B} = 1 + 0,6(B/L)[1 - (1 - \tan \beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$$

$$= 1 + 0,6(1,5748/\sim)[1 - (1 - \tan 0,803^\circ)^2] \{2/[2 + (4,7244/1,5748)^2 \tan 0,803^\circ]\}$$

$$= 1$$

$$f_{\beta, b/B, B/L} = 1 + 0,33 (D/B) \tan \beta \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$$

$$= 1 + 0,33 (0/1,5478) \tan 0,803^\circ \{2/[2 + (4,7244/1,5748)^2 \tan 0,803^\circ]\}$$

$$= 1$$

$$N_{\gamma q} = 248,242 \times 1,9978 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9791 \times 1 \times 1 = 485,553$$

$$q_u = 0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q} = 0,5 \times 1,531 \times 4 \times 485,553 = 1486,765 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 148,676 \text{ kN/m}^2$$

4. B = 4, S = 51°, d/B = 1

β = sudut kemiringan lereng = 51° (diubah dalam radian)

B = lebar pondasi = 4 cm = 1,5748 inchi

b = jarak pondasi ke puncak lereng = 4 cm = 1,5748 inchi

$$f_{\phi} = 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159 \cdot 41,25 - 2,386)} = 248,242$$

$$f_B = 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 1,5748)} = 1,9978$$

$$f_{D/B} = 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/1,5748) = 1$$

$$f_{B/L} = 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (1,5748/\sim) = 1$$

$$f_{D/B, B/L} = 1 + 0,39 (D/L) = 1 + 0,39 (0/\sim) = 1$$

$$f_{\beta, b/B} = 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\}$$

$$= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan 51^\circ)^2] \{2/[2 + (1,5748/1,5748)^2 \tan 51^\circ]\}$$

$$= 0,9755$$

$$f_{\beta, b/D, D/B} = 1 + 0,6 (B/L) [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\}$$

$$= 1 + 0,6 (1,5748/\sim) [1 - 1(1 - \tan 51^\circ)^2] \{2/[2 + (1,5748/1,5748)^2 \tan 51^\circ]\}$$

$$= 1$$

$$f_{\beta, b/D, D/B} = 1 + 0,33 (D/B) \tan \alpha \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\}$$

$$= 1 + 0,33 (0/1,5478) \tan 51^\circ \{2/[2 + (1,5748/1,5748)^2 \tan 51^\circ]\}$$

$$= 1$$

$$N_{\gamma q} = 248,242 \times 1,9978 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9755 \times 1 \times 1 = 483,802$$

$$q_u = 0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q}$$

$$= 0,5 \times 1,531 \times 4 \times 483,802$$

$$= 1481,401 \text{ gr/cm}^2 = 148,140 \text{ kN/m}^2$$

5. B = 4, s = 51°, d/B = 2

$$\beta = \text{sudut kemiringan lereng} = 51^\circ \text{ (diubah dalam radian)}$$

$$B = \text{lebar pondasi} = 4 \text{ cm} = 1,5748 \text{ inchi}$$

$$b = \text{jarak pondasi ke pncak lereng} = 4 \text{ cm} = 3,1496 \text{ inchi}$$

$$f_\phi = 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159 \cdot 41,25 - 2,386)} = 248,242$$

$$f_B = 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 1,5748)} = 1,9978$$

$$f_{D/B} = 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/1,5748) = 1$$

$$f_{B/L} = 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (1,5748/\sim) = 1$$

$$f_{D/B, B/L} = 1 + 0,39 (D/L) = 1 + 0,39 (0/\sim) = 1$$

$$f_{\beta, b/B} = 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\}$$

$$= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan 51^\circ)^2] \{2/[2 + (3,1496/1,5748)^2 \tan 51^\circ]\}$$

$$= 0,9761$$

$$f_{\beta, b/D, D/B} = 1 + 0,6 (B/L) [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\}$$

$$= 1 + 0,6 (1,5748/\sim) [1 - 1(1 - \tan 51^\circ)^2] \{2/[2 + (3,1496/1,5748)^2 \tan 51^\circ]\}$$

$$= 1$$

$$f_{\beta, b/D, D/B} = 1 + 0,33 (D/B) \tan \alpha \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\}$$

$$= 1 + 0,33 (0/1,5748) \tan 51^\circ \{2/[2 + (3,1496/1,5748)^2 \tan 51^\circ]\}$$

$$= 1$$

$$N_{\gamma q} = 248,242 \times 1,9978 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9761 \times 1 \times 1 = 484,076$$

$$q_u = 0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q}$$

$$= 0,5 \times 1,531 \times 4 \times 484,076$$

$$= 1482,241 \text{ gr/cm}^2 = 148,224 \text{ kN/m}^2$$

6. B = 4, s = 51°, d/B = 3

$$\beta = \text{sudut kemiringan lereng} = 51^\circ \text{ (diubah dalam radian)}$$

$$B = \text{lebar pondasi} = 4 \text{ cm} = 1,5748 \text{ inchi}$$

$$b = \text{jarak pondasi ke pncak lereng} = 12 \text{ cm} = 4,7244 \text{ inchi}$$

$$f_\phi = 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159 \cdot 41,25 - 2,386)} = 248,242$$

$$f_B = 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 1,5748)} = 1,9978$$

$$\begin{aligned}
 f_{D/B} &= 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/1,5748) = 1 \\
 f_{B/L} &= 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (1,5748/\sim) = 1 \\
 f_{D/B, B/L} &= 1 + 0,39 (D/L) = 1 + 0,39 (0/\sim) = 1 \\
 f_{\beta, b/B} &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan 51^\circ)^2] \{2/[2 + (4,7244/1,5748)^2 \tan 51^\circ]\} \\
 &= 0,9769 \\
 f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,6 (B/L) [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 + 0,6 (1,5748/\sim) [1 - 1(1 - \tan 51^\circ)^2] \{2/[2 + (4,7244/1,5748)^2 \tan 51^\circ]\} \\
 &= 1 \\
 f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,33 (D/B) \tan \alpha \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 + 0,33 (0/1,5748) \tan 51^\circ \{2/[2 + (4,7244/1,5748)^2 \tan 51^\circ]\} \\
 &= 1 \\
 N_{\gamma q} &= 248,242 \times 1,9978 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9769 \times 1 \times 1 = 484,507 \\
 q_u &= 0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q} \\
 &= 0,5 \times 1,531 \times 4 \times 484,507 \\
 &= 1483,560 \text{ gr/cm}^2 = 148,356 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

7. B = 4, s = 56°, d/B = 1

$$\begin{aligned}
 \beta &= \text{sudut kemiringan lereng} = 56^\circ \text{ (diubah dalam radian)} \\
 B &= \text{lebar pondasi} = 4 \text{ cm} = 1,5748 \text{ inchi} \\
 b &= \text{jarak pondasi ke puncak lereng} = 4 \text{ cm} = 1,5748 \text{ inchi} \\
 f_{\phi} &= 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159 \cdot 41,25 - 2,386)} = 248,242 \\
 f_B &= 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 1,5748)} = 1,9978 \\
 f_{D/B} &= 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/1,5748) = 1 \\
 f_{B/L} &= 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (1,5748/\sim) = 1 \\
 f_{D/B, B/L} &= 1 + 0,39 (D/L) = 1 + 0,39 (0/\sim) = 1 \\
 f_{\beta, b/B} &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan 56^\circ)^2] \{2/[2 + (1,5748/1,5748)^2 \tan 56^\circ]\} \\
 &= 0,9732 \\
 f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,6 (B/L) [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 + 0,6 (1,5748/\sim) [1 - 1(1 - \tan 56^\circ)^2] \{2/[2 + (1,5748/1,5748)^2 \tan 56^\circ]\}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 1 \\
 f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,33 (D/B) \tan \alpha \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 + 0,33 (0/1,5478) \tan 56^\circ \{2/[2 + (1,5748/1,5748)^2 \tan 56^\circ]\} \\
 &= 1 \\
 N_{\gamma q} &= 248,242 \times 1,9978 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9732 \times 1 \times 1 = 482,632 \\
 q_u &= 0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q} \\
 &= 0,5 \times 1,531 \times 4 \times 482,632 \\
 &= 1477,819 \text{ gr/cm}^2 = 147,782 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

8. B = 4, s = 56°, d/B = 2

$$\begin{aligned}
 \beta &= \text{sudut kemiringan lereng} = 56^\circ \text{ (diubah dalam radian)} \\
 B &= \text{lebar pondasi} = 4 \text{ cm} = 1,5748 \text{ inchi} \\
 b &= \text{jarak pondasi ke pncak lereng} = 4 \text{ cm} = 3,1496 \text{ inchi} \\
 f_\phi &= 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159,41,25 - 2,386)} = 248,242 \\
 f_B &= 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 1,5748)} = 1,9978 \\
 f_{D/B} &= 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/1,5748) = 1 \\
 f_{B/L} &= 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (1,5748/\sim) = 1 \\
 f_{D/B, B/L} &= 1 + 0,39 (D/L) = 1 + 0,39 (0/\sim) = 1 \\
 f_{\beta, b/B} &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan 56^\circ)^2] \{2/[2 + (3,1496/1,5748)^2 \tan 56^\circ]\} \\
 &= 0,9738 \\
 f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,6 (B/L) [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 + 0,6 (1,5748/\sim) [1 - 1(1 - \tan 56^\circ)^2] \{2/[2 + (3,1496/1,5748)^2 \tan 56^\circ]\} \\
 &= 1 \\
 f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,33 (D/B) \tan \alpha \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 + 0,33 (0/1,5478) \tan 56^\circ \{2/[2 + (3,1496/1,5748)^2 \tan 56^\circ]\} \\
 &= 1 \\
 N_{\gamma q} &= 248,242 \times 1,9978 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9738 \times 1 \times 1 = 482,961 \\
 q_u &= 0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q} \\
 &= 0,5 \times 1,531 \times 4 \times 482,961 \\
 &= 1478,827 \text{ gr/cm}^2 = 147,883 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

9. B = 4, $\alpha = 56^\circ$, d/B = 3

$$\begin{aligned}\beta &= \text{sudut kemiringan lereng} = 56^\circ \text{ (diubah dalam radian)} \\ B &= \text{lebar pondasi} = 4 \text{ cm} = 1,5748 \text{ inchi} \\ b &= \text{jarak pondasi ke puncak lereng} = 12 \text{ cm} = 4,7244 \text{ inchi} \\ f_\phi &= 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159 \cdot 41,25 - 2,386)} = 248,242 \\ f_B &= 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 1,5748)} = 1,9978 \\ f_{D/B} &= 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/1,5748) = 1 \\ f_{B/L} &= 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (1,5748/\sim) = 1 \\ f_{D/B, B/L} &= 1 + 0,39 (D/L) = 1 + 0,39 (0/\sim) = 1 \\ f_{\beta, b/B} &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\ &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan 56^\circ)^2] \{2/[2 + (4,7244/1,5748)^2 \tan 56^\circ]\} \\ &= 0,9749 \\ f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,6 (B/L) [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\ &= 1 + 0,6 (1,5748/\sim) [1 - 1(1 - \tan 56^\circ)^2] \{2/[2 + (4,7244/1,5748)^2 \tan 56^\circ]\} \\ &= 1 \\ f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,33 (D/B) \tan \alpha \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\ &= 1 + 0,33 (0/1,5748) \tan 56^\circ \{2/[2 + (4,7244/1,5748)^2 \tan 56^\circ]\} \\ &= 1 \\ N_{\gamma q} &= 248,242 \times 1,9978 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9749 \times 1 \times 1 = 483,475 \\ q_u &= 0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q} \\ &= 0,5 \times 1,531 \times 4 \times 483,475 \\ &= 1480,401 \text{ gr/cm}^2 = 148,040 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

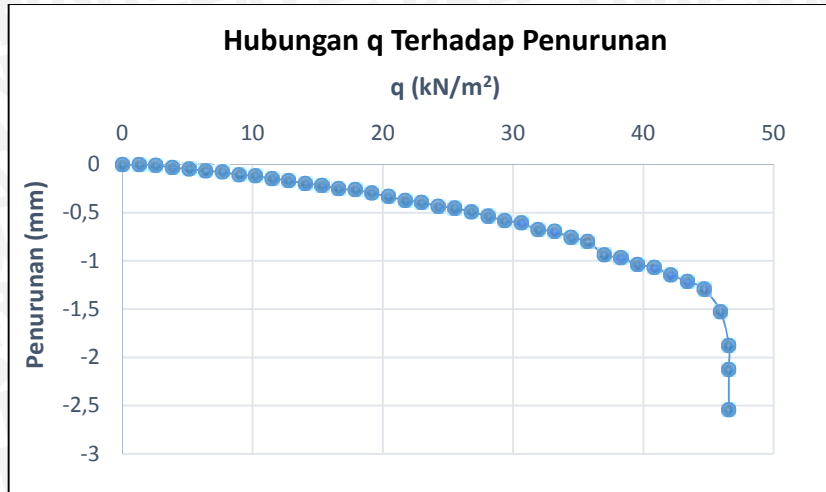
LAMPIRAN 7

HASIL REKAPITULASI DATA TEGANGAN DAN PENURUNAN BERDASARKAN EKSPERIMEN

Lereng tanpa perkuatan

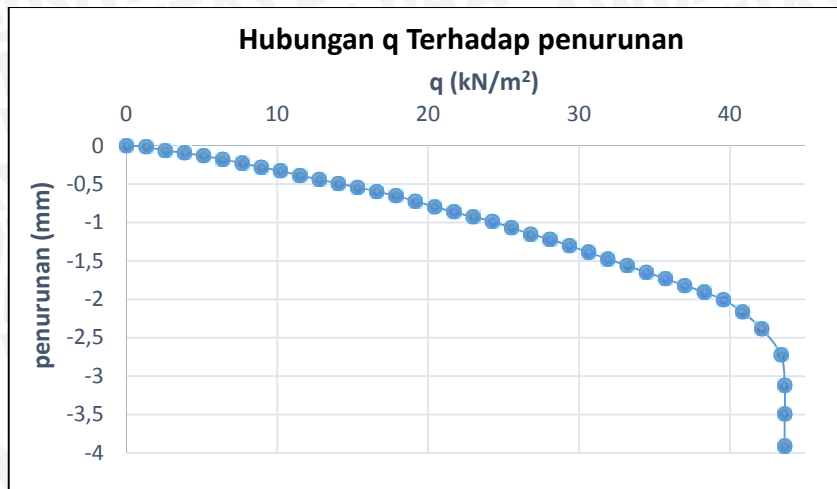
1. $\alpha = 46^\circ$, $B = 4$ cm, $d/B = 1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4813	4817	4815	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4814	4816	4815	0.000	0.000	0.013	1.276
10	4816	4812	4814	0.005	0.013	0.026	2.551
15	4806	4812	4809	0.030	0.075	0.038	3.827
20	4808	4804	4806	0.045	0.113	0.051	5.102
25	4803	4801	4802	0.065	0.163	0.064	6.378
30	4798	4802	4800	0.075	0.188	0.077	7.653
35	4793	4795	4794	0.105	0.263	0.089	8.929
40	4794	4790	4792	0.115	0.288	0.102	10.204
45	4783	4789	4786	0.145	0.363	0.115	11.480
50	4784	4780	4782	0.165	0.413	0.128	12.755
55	4777	4775	4776	0.195	0.488	0.140	14.031
60	4770	4774	4772	0.215	0.538	0.153	15.306
65	4764	4766	4765	0.250	0.625	0.166	16.582
70	4765	4761	4763	0.260	0.650	0.179	17.857
75	4753	4759	4756	0.295	0.738	0.191	19.133
80	4751	4747	4749	0.330	0.825	0.204	20.408
85	4742	4740	4741	0.370	0.925	0.217	21.684
90	4735	4739	4737	0.390	0.975	0.230	22.959
95	4728	4730	4729	0.430	1.075	0.242	24.235
100	4727	4723	4725	0.450	1.125	0.255	25.510
105	4714	4720	4717	0.490	1.225	0.268	26.786
110	4710	4706	4708	0.535	1.338	0.281	28.061
115	4700	4698	4699	0.580	1.450	0.293	29.337
120	4692	4696	4694	0.605	1.513	0.306	30.612
125	4679	4681	4680	0.675	1.688	0.319	31.888
130	4679	4675	4677	0.690	1.725	0.332	33.163
135	4661	4667	4664	0.755	1.888	0.344	34.439
140	4658	4654	4656	0.795	1.988	0.357	35.714
145	4629	4627	4628	0.935	2.338	0.370	36.990
150	4620	4624	4622	0.965	2.413	0.383	38.265
155	4607	4609	4608	1.035	2.588	0.395	39.541
160	4604	4600	4602	1.065	2.663	0.408	40.816
165	4583	4589	4586	1.145	2.863	0.421	42.092
170	4575	4571	4573	1.210	3.025	0.434	43.367
175	4558	4556	4557	1.290	3.225	0.446	44.643
180	4544	4548	4546	1.526	3.815	0.459	45.918
182.5	4502	4506	4504	1.876	4.690	0.466	46.556
182.5	4462	4466	4464	2.125	5.313	0.466	46.556
182.5	4423	4427	4425	2.543	6.358	0.466	46.556



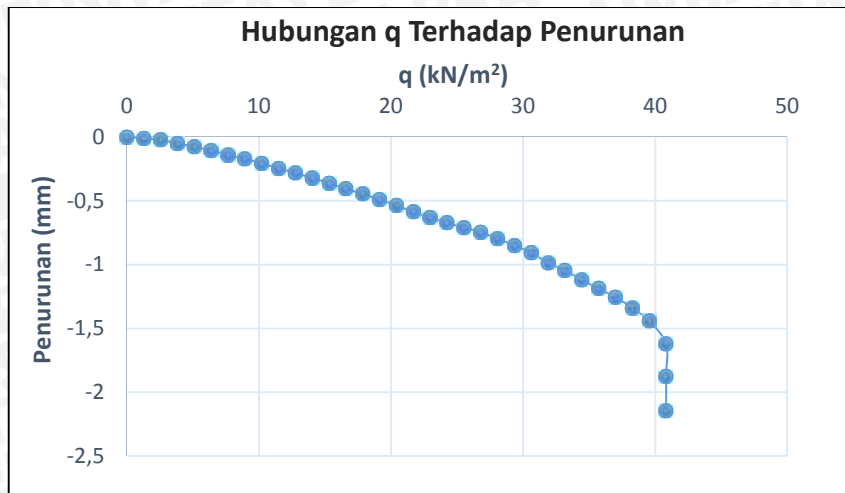
2. $\alpha = 51^\circ$, $B = 4 \text{ cm}$, $d/B = 1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4719	4721	4720	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4720	4716	4718	0.010	0.025	0.013	1.276
10	4705	4711	4708	0.060	0.150	0.026	2.551
15	4701	4703	4702	0.090	0.225	0.038	3.827
20	4696	4692	4694	0.130	0.325	0.051	5.102
25	4682	4688	4685	0.175	0.438	0.064	6.378
30	4674	4676	4675	0.225	0.563	0.077	7.653
35	4666	4662	4664	0.280	0.700	0.089	8.929
40	4652	4658	4655	0.325	0.813	0.102	10.204
45	4642	4644	4643	0.385	0.963	0.115	11.480
50	4635	4631	4633	0.435	1.088	0.128	12.755
55	4619	4625	4622	0.490	1.225	0.140	14.031
60	4611	4613	4612	0.540	1.350	0.153	15.306
65	4603	4599	4601	0.595	1.488	0.166	16.582
70	4587	4593	4590	0.650	1.625	0.179	17.857
75	4575	4577	4576	0.720	1.800	0.191	19.133
80	4563	4559	4561	0.795	1.988	0.204	20.408
85	4545	4551	4548	0.860	2.150	0.217	21.684
90	4534	4536	4535	0.925	2.313	0.230	22.959
95	4525	4521	4523	0.985	2.463	0.242	24.235
100	4504	4510	4507	1.065	2.663	0.255	25.510
105	4489	4491	4490	1.150	2.875	0.268	26.786
110	4479	4475	4477	1.215	3.038	0.281	28.061
115	4457	4463	4460	1.300	3.250	0.293	29.337
120	4442	4444	4443	1.385	3.463	0.306	30.612
125	4427	4423	4425	1.475	3.688	0.319	31.888
130	4405	4411	4408	1.560	3.900	0.332	33.163
135	4390	4392	4391	1.645	4.113	0.344	34.439
140	4376	4372	4374	1.730	4.325	0.357	35.714
145	4353	4359	4356	1.820	4.550	0.370	36.990
150	4338	4340	4339	1.905	4.763	0.383	38.265
155	4321	4317	4319	2.005	5.013	0.395	39.541
160	4284	4290	4287	2.165	5.413	0.408	40.816
165	4245	4241	4243	2.385	5.963	0.421	42.092
170	4173	4179	4176	2.720	6.800	0.434	43.367
171	4095	4097	4096	3.120	7.800	0.436	43.622
171	4023	4019	4021	3.495	8.738	0.436	43.622
171	3935	3941	3938	3.910	9.775	0.436	43.622



3. $\alpha = 56^\circ$, $B = 4$ cm, $d/B = 1$

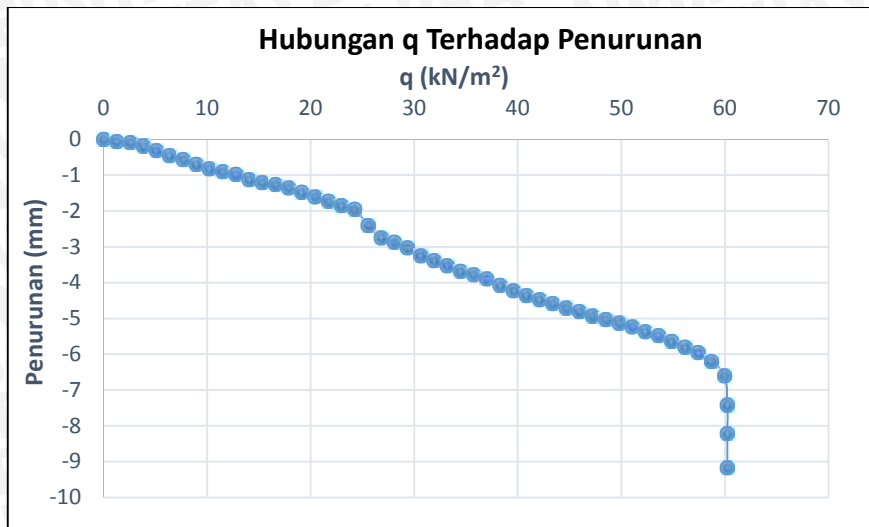
BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4634	4638	4636	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4637	4631	4634	0.010	0.025	0.013	1.276
10	4634	4630	4632	0.020	0.050	0.026	2.551
15	4623	4629	4626	0.050	0.125	0.038	3.827
20	4619	4623	4621	0.075	0.188	0.051	5.102
25	4613	4617	4615	0.105	0.263	0.064	6.378
30	4606	4610	4608	0.140	0.350	0.077	7.653
35	4605	4599	4602	0.170	0.425	0.089	8.929
40	4597	4593	4595	0.205	0.513	0.102	10.204
45	4584	4590	4587	0.245	0.613	0.115	11.480
50	4578	4582	4580	0.280	0.700	0.128	12.755
55	4570	4574	4572	0.320	0.800	0.140	14.031
60	4562	4566	4564	0.360	0.900	0.153	15.306
65	4558	4552	4555	0.405	1.013	0.166	16.582
70	4549	4545	4547	0.445	1.113	0.179	17.857
75	4535	4541	4538	0.490	1.225	0.191	19.133
80	4527	4531	4529	0.535	1.338	0.204	20.408
85	4517	4521	4519	0.585	1.463	0.217	21.684
90	4508	4512	4510	0.630	1.575	0.230	22.959
95	4505	4499	4502	0.670	1.675	0.242	24.235
100	4496	4492	4494	0.710	1.775	0.255	25.510
105	4484	4490	4487	0.745	1.863	0.268	26.786
110	4475	4479	4477	0.795	1.988	0.281	28.061
115	4464	4468	4466	0.850	2.125	0.293	29.337
120	4453	4457	4455	0.905	2.263	0.306	30.612
125	4442	4436	4439	0.985	2.463	0.319	31.888
130	4429	4425	4427	1.045	2.613	0.332	33.163
135	4415	4409	4412	1.120	2.800	0.344	34.439
140	4401	4397	4399	1.185	2.963	0.357	35.714
145	4382	4388	4385	1.255	3.138	0.370	36.990
150	4366	4370	4368	1.340	3.350	0.383	38.265
155	4346	4350	4348	1.440	3.600	0.395	39.541
160	4310	4314	4312	1.620	4.050	0.408	40.816
160	4264	4258	4261	1.875	4.688	0.408	40.816
160	4209	4205	4207	2.145	5.363	0.408	40.816



4. $\alpha = 46^\circ$, $B = 4 \text{ cm}$, $d/B = 2$

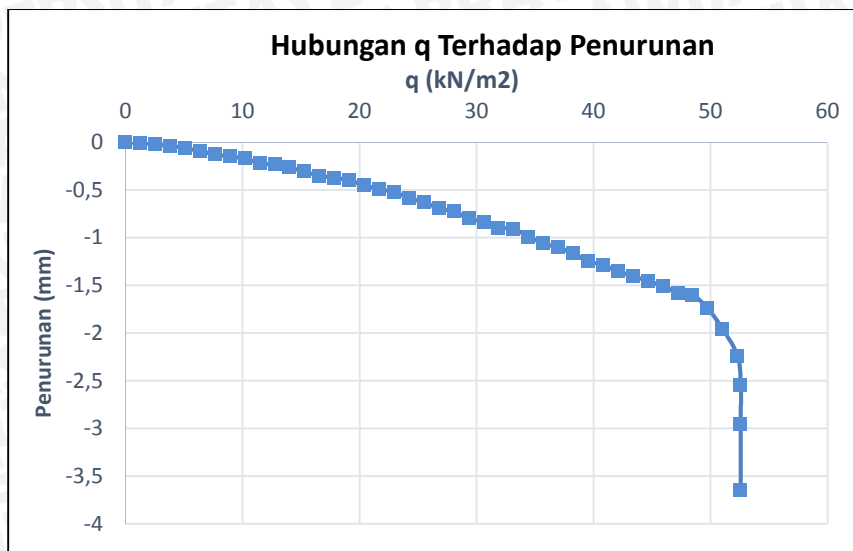
BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4854	4852	4853	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4842	4840	4841	0.060	0.150	0.013	1.276
10	4837	4833	4835	0.090	0.225	0.026	2.551
15	4817	4813	4815	0.190	0.475	0.038	3.827
20	4791	4789	4790	0.315	0.788	0.051	5.102
25	4763	4761	4762	0.455	1.138	0.064	6.378
30	4742	4740	4741	0.560	1.400	0.077	7.653
35	4715	4713	4714	0.695	1.738	0.089	8.929
40	4691	4687	4689	0.820	2.050	0.102	10.204
45	4675	4671	4673	0.900	2.250	0.115	11.480
50	4659	4657	4658	0.975	2.438	0.128	12.755
55	4629	4627	4628	1.125	2.813	0.140	14.031
60	4612	4610	4611	1.210	3.025	0.153	15.306
65	4602	4600	4601	1.260	3.150	0.166	16.582
70	4583	4579	4581	1.360	3.400	0.179	17.857
75	4561	4557	4559	1.470	3.675	0.191	19.133
80	4533	4531	4532	1.605	4.013	0.204	20.408
85	4509	4507	4508	1.725	4.313	0.217	21.684
90	4484	4482	4483	1.850	4.625	0.230	22.959
95	4464	4462	4463	1.950	4.875	0.242	24.235
100	4375	4371	4373	2.400	6.000	0.255	25.510
105	4305	4301	4303	2.750	6.875	0.268	26.786
110	4281	4279	4280	2.865	7.163	0.281	28.061
115	4248	4246	4247	3.030	7.575	0.293	29.337
120	4203	4201	4202	3.255	8.138	0.306	30.612
125	4177	4175	4176	3.385	8.463	0.319	31.888
130	4148	4146	4147	3.530	8.825	0.332	33.163
135	4118	4116	4117	3.680	9.200	0.344	34.439
140	4098	4096	4097	3.780	9.450	0.357	35.714
145	4075	4071	4073	3.900	9.750	0.370	36.990
150	4039	4037	4038	4.075	10.188	0.383	38.265
155	4008	4006	4007	4.230	10.575	0.395	39.541
160	3982	3980	3981	4.360	10.900	0.408	40.816
165	3960	3956	3958	4.475	11.188	0.421	42.092
170	3938	3936	3937	4.580	11.450	0.434	43.367
175	3913	3911	3912	4.705	11.763	0.446	44.643
180	3894	3888	3891	4.810	12.025	0.459	45.918
185	3868	3866	3867	4.930	12.325	0.472	47.194
190	3847	3845	3846	5.035	12.588	0.485	48.469
195	3830	3824	3827	5.130	12.825	0.497	49.745
200	3807	3805	3806	5.235	13.088	0.510	51.020
205	3780	3778	3779	5.370	13.425	0.523	52.296
210	3759	3755	3757	5.480	13.700	0.536	53.571
215	3726	3724	3725	5.640	14.100	0.548	54.847
220	3696	3690	3693	5.800	14.500	0.561	56.122
225	3663	3661	3662	5.955	14.888	0.574	57.398
230	3614	3612	3613	6.200	15.500	0.587	58.673
235	3536	3530	3533	6.600	16.500	0.599	59.949
236	3371	3369	3370	7.415	18.538	0.602	60.204
236	3211	3209	3210	8.215	20.538	0.602	60.204
236	3021	3017	3019	9.170	22.925	0.602	60.204





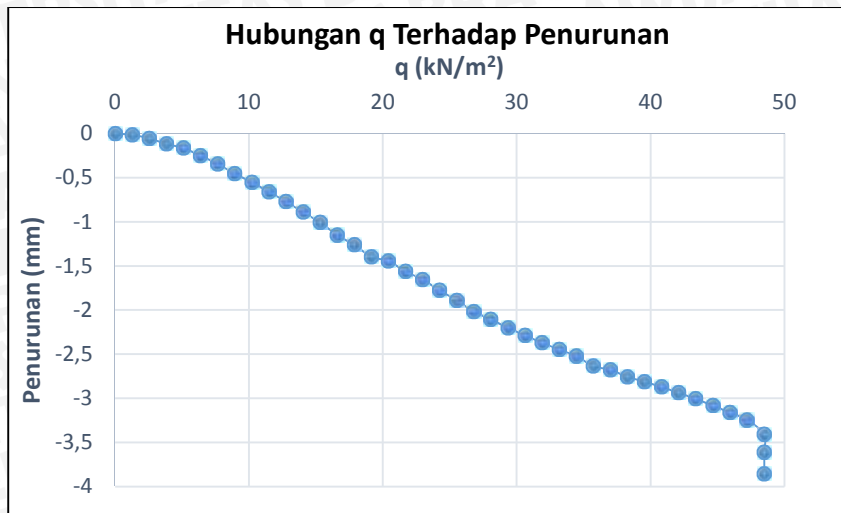
5. $\alpha = 51^\circ$, $B = 4 \text{ cm}$, $d/B = 2$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4927	4923	4925	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4926	4922	4924	0.005	0.013	0.013	1.276
10	4924	4918	4921	0.020	0.050	0.026	2.551
15	4920	4916	4918	0.035	0.088	0.038	3.827
20	4915	4911	4913	0.060	0.150	0.051	5.102
25	4909	4905	4907	0.090	0.225	0.064	6.378
30	4903	4897	4900	0.125	0.313	0.077	7.653
35	4898	4894	4896	0.145	0.363	0.089	8.929
40	4893	4889	4891	0.170	0.425	0.102	10.204
45	4884	4880	4882	0.215	0.538	0.115	11.480
50	4881	4875	4878	0.235	0.588	0.128	12.755
55	4874	4870	4872	0.265	0.663	0.140	14.031
60	4866	4862	4864	0.305	0.763	0.153	15.306
65	4857	4853	4855	0.350	0.875	0.166	16.582
70	4854	4848	4851	0.370	0.925	0.179	17.857
75	4848	4844	4846	0.395	0.988	0.191	19.133
80	4837	4833	4835	0.450	1.125	0.204	20.408
85	4829	4825	4827	0.490	1.225	0.217	21.684
90	4824	4818	4821	0.520	1.300	0.230	22.959
95	4810	4806	4808	0.585	1.463	0.242	24.235
100	4802	4798	4800	0.625	1.563	0.255	25.510
105	4789	4785	4787	0.690	1.725	0.268	26.786
110	4783	4777	4780	0.725	1.813	0.281	28.061
115	4768	4764	4766	0.795	1.988	0.293	29.337
120	4760	4756	4758	0.835	2.088	0.306	30.612
125	4748	4744	4746	0.895	2.238	0.319	31.888
130	4746	4741	4744	0.905	2.263	0.332	33.163
135	4729	4725	4727	0.990	2.475	0.344	34.439
140	4716	4712	4714	1.055	2.638	0.357	35.714
145	4707	4702	4704	1.105	2.763	0.370	36.990
150	4694	4689	4692	1.165	2.913	0.383	38.265
155	4678	4674	4676	1.245	3.113	0.395	39.541
160	4670	4666	4668	1.285	3.213	0.408	40.816
165	4657	4652	4654	1.355	3.388	0.421	42.092
170	4647	4642	4645	1.400	3.500	0.434	43.367
175	4636	4632	4634	1.455	3.638	0.446	44.643
180	4626	4622	4624	1.505	3.763	0.459	45.918
185	4613	4608	4610	1.575	3.938	0.472	47.194
190	4607	4602	4605	1.600	4.000	0.485	48.469
195	4592	4588	4590	1.742	4.355	0.497	49.745
200	4583	4579	4581	1.957	4.893	0.510	51.020
205	4564	4560	4562	2.241	5.603	0.523	52.296
206	4492	4487	4490	2.546	6.365	0.526	52.551
206	4421	4417	4419	2.957	7.393	0.526	52.551
206	4320	4315	4317	3.645	9.113	0.526	52.551



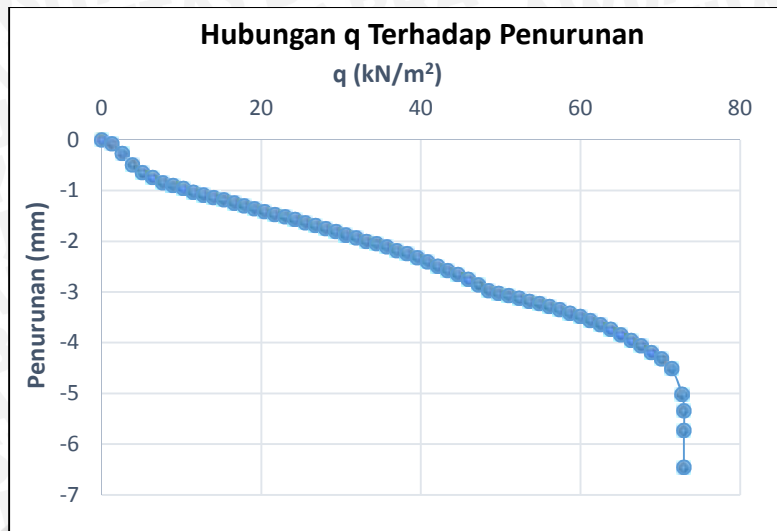
6. $\alpha = 56^\circ$, $B = 4 \text{ cm}$, $d/B = 2$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4462	4460	4461	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4459	4457	4458	0.015	0.038	0.013	1.276
10	4452	4448	4450	0.055	0.138	0.026	2.551
15	4436	4440	4438	0.115	0.288	0.038	3.827
20	4429	4427	4428	0.165	0.413	0.051	5.102
25	4412	4410	4411	0.250	0.625	0.064	6.378
30	4393	4391	4392	0.345	0.863	0.077	7.653
35	4371	4369	4370	0.455	1.138	0.089	8.929
40	4353	4349	4351	0.550	1.375	0.102	10.204
45	4327	4331	4329	0.660	1.650	0.115	11.480
50	4308	4306	4307	0.770	1.925	0.128	12.755
55	4284	4282	4283	0.890	2.225	0.140	14.031
60	4261	4259	4260	1.005	2.513	0.153	15.306
65	4232	4230	4231	1.150	2.875	0.166	16.582
70	4211	4207	4209	1.260	3.150	0.179	17.857
75	4180	4184	4182	1.395	3.488	0.191	19.133
80	4173	4171	4172	1.445	3.613	0.204	20.408
85	4150	4148	4149	1.560	3.900	0.217	21.684
90	4131	4129	4130	1.655	4.138	0.230	22.959
95	4107	4105	4106	1.775	4.438	0.242	24.235
100	4085	4081	4083	1.890	4.725	0.255	25.510
105	4056	4060	4058	2.015	5.038	0.268	26.786
110	4041	4039	4040	2.105	5.263	0.281	28.061
115	4022	4020	4021	2.200	5.500	0.293	29.337
120	4005	4003	4004	2.285	5.713	0.306	30.612
125	3988	3986	3987	2.370	5.925	0.319	31.888
130	3974	3970	3972	2.445	6.113	0.332	33.163
135	3955	3959	3957	2.520	6.300	0.344	34.439
140	3935	3933	3934	2.635	6.588	0.357	35.714
145	3927	3925	3926	2.675	6.688	0.370	36.990
150	3911	3909	3910	2.755	6.888	0.383	38.265
155	3900	3898	3899	2.810	7.025	0.395	39.541
160	3889	3885	3887	2.870	7.175	0.408	40.816
165	3875	3873	3874	2.935	7.338	0.421	42.092
170	3861	3859	3860	3.005	7.513	0.434	43.367
175	3847	3843	3845	3.080	7.700	0.446	44.643
180	3830	3828	3829	3.160	7.900	0.459	45.918
185	3813	3811	3812	3.245	8.113	0.472	47.194
190	3782	3778	3780	3.405	8.513	0.485	48.469
190	3740	3738	3739	3.610	9.025	0.485	48.469
190	3691	3689	3690	3.855	9.638	0.485	48.469



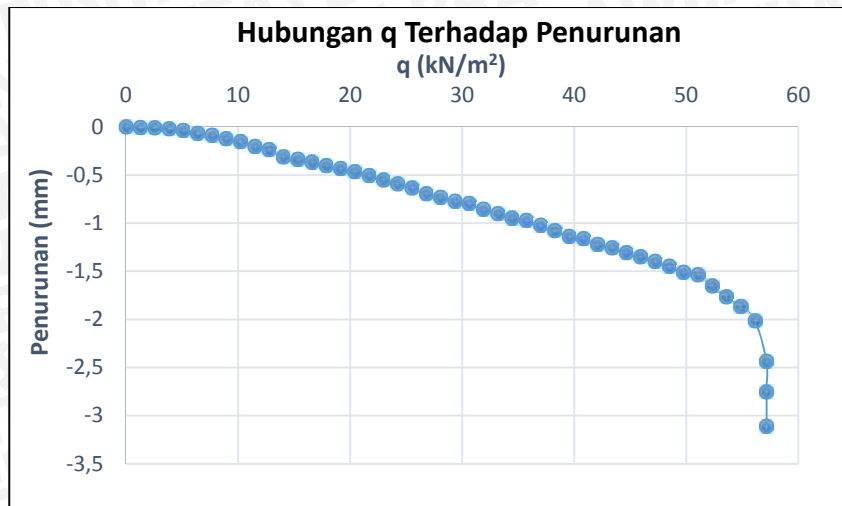
7. $\alpha = 46^\circ$, $B = 4 \text{ cm}$, $d/B = 3$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4592	4594	4593	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4579	4575	4577	0.080	0.200	0.013	1.276
10	4536	4542	4539	0.270	0.675	0.026	2.551
15	4493	4495	4494	0.495	1.238	0.038	3.827
20	4466	4462	4464	0.645	1.613	0.051	5.102
25	4442	4448	4445	0.740	1.850	0.064	6.378
30	4423	4425	4424	0.845	2.113	0.077	7.653
35	4415	4411	4413	0.900	2.250	0.089	8.929
40	4399	4405	4402	0.955	2.388	0.102	10.204
45	4386	4388	4387	1.030	2.575	0.115	11.480
50	4377	4373	4375	1.090	2.725	0.128	12.755
55	4362	4368	4365	1.140	2.850	0.140	14.031
60	4355	4357	4356	1.185	2.963	0.153	15.306
65	4346	4342	4344	1.245	3.113	0.166	16.582
70	4329	4335	4332	1.305	3.263	0.179	17.857
75	4320	4322	4321	1.360	3.400	0.191	19.133
80	4312	4308	4310	1.415	3.538	0.204	20.408
85	4296	4302	4299	1.470	3.675	0.217	21.684
90	4288	4290	4289	1.520	3.800	0.230	22.959
95	4281	4277	4279	1.570	3.925	0.242	24.235
100	4262	4268	4265	1.640	4.100	0.255	25.510
105	4255	4257	4256	1.685	4.213	0.268	26.786
110	4245	4241	4243	1.750	4.375	0.281	28.061
115	4228	4234	4231	1.810	4.525	0.293	29.337
120	4217	4219	4218	1.875	4.688	0.306	30.612
125	4208	4204	4206	1.935	4.838	0.319	31.888
130	4190	4196	4193	2.000	5.000	0.332	33.163
135	4183	4185	4184	2.045	5.113	0.344	34.439
140	4173	4169	4171	2.110	5.275	0.357	35.714
145	4153	4159	4156	2.185	5.463	0.370	36.990
150	4144	4146	4145	2.240	5.600	0.383	38.265
155	4130	4126	4128	2.325	5.813	0.395	39.541
160	4109	4115	4112	2.405	6.013	0.408	40.816
165	4094	4096	4095	2.490	6.225	0.421	42.092
170	4080	4076	4078	2.575	6.438	0.434	43.367
175	4060	4066	4063	2.650	6.625	0.446	44.643
180	4043	4045	4044	2.745	6.863	0.459	45.918
185	4023	4019	4021	2.860	7.150	0.472	47.194
190	3995	4001	3998	2.975	7.438	0.485	48.469
195	3987	3989	3988	3.025	7.563	0.497	49.745
200	3981	3977	3979	3.070	7.675	0.510	51.020
205	3971	3967	3969	3.120	7.800	0.523	52.296
210	3959	3953	3956	3.185	7.963	0.536	53.571
215	3949	3945	3947	3.230	8.075	0.548	54.847
220	3938	3934	3936	3.285	8.213	0.561	56.122
225	3926	3922	3924	3.345	8.363	0.574	57.398
230	3912	3908	3910	3.415	8.538	0.587	58.673
235	3898	3896	3897	3.480	8.700	0.599	59.949
240	3883	3879	3881	3.560	8.900	0.612	61.224
245	3866	3862	3864	3.645	9.113	0.625	62.500
250	3849	3845	3847	3.730	9.325	0.638	63.776
255	3825	3823	3824	3.845	9.613	0.651	65.051
260	3804	3800	3802	3.955	9.888	0.663	66.327
265	3783	3779	3781	4.060	10.150	0.676	67.602
270	3757	3753	3755	4.190	10.475	0.689	68.878
275	3732	3726	3729	4.320	10.800	0.702	70.153
280	3693	3689	3691	4.510	11.275	0.714	71.429
285	3654	3650	3652	5.014	12.535	0.727	72.704
286	3616	3612	3614	5.342	13.355	0.730	72.959
286	3567	3565	3566	5.725	14.313	0.730	72.959
286	3516	3512	3514	6.453	16.133	0.730	72.959



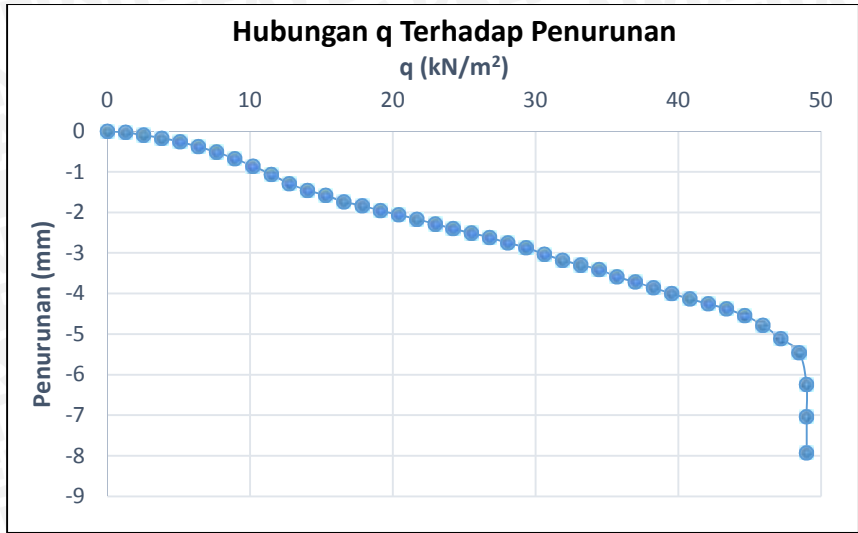
8. $\alpha = 51^\circ$, $B = 4 \text{ cm}$, $d/B = 3$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4527	4531	4529	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4529	4527	4528	0.005	0.013	0.013	1.276
10	4524	4530	4527	0.010	0.025	0.026	2.551
15	4523	4527	4525	0.020	0.050	0.038	3.827
20	4521	4523	4522	0.035	0.088	0.051	5.102
25	4513	4519	4516	0.065	0.163	0.064	6.378
30	4510	4514	4512	0.085	0.213	0.077	7.653
35	4506	4504	4505	0.120	0.300	0.089	8.929
40	4496	4502	4499	0.150	0.375	0.102	10.204
45	4487	4491	4489	0.200	0.500	0.115	11.480
50	4481	4483	4482	0.235	0.588	0.128	12.755
55	4464	4470	4467	0.310	0.775	0.140	14.031
60	4460	4464	4462	0.335	0.838	0.153	15.306
65	4457	4455	4456	0.365	0.913	0.166	16.582
70	4446	4452	4449	0.400	1.000	0.179	17.857
75	4441	4445	4443	0.430	1.075	0.191	19.133
80	4435	4437	4436	0.465	1.163	0.204	20.408
85	4425	4431	4428	0.505	1.263	0.217	21.684
90	4417	4421	4419	0.550	1.375	0.230	22.959
95	4412	4410	4411	0.590	1.475	0.242	24.235
100	4399	4405	4402	0.635	1.588	0.255	25.510
105	4388	4392	4390	0.695	1.738	0.268	26.786
110	4382	4384	4383	0.730	1.825	0.281	28.061
115	4372	4378	4375	0.770	1.925	0.293	29.337
120	4368	4372	4370	0.795	1.988	0.306	30.612
125	4359	4357	4358	0.855	2.138	0.319	31.888
130	4346	4352	4349	0.900	2.250	0.332	33.163
135	4338	4342	4340	0.945	2.363	0.344	34.439
140	4334	4336	4335	0.970	2.425	0.357	35.714
145	4322	4328	4325	1.020	2.550	0.370	36.990
150	4312	4316	4314	1.075	2.688	0.383	38.265
155	4303	4301	4302	1.135	2.838	0.395	39.541
160	4294	4300	4297	1.160	2.900	0.408	40.816
165	4283	4287	4285	1.220	3.050	0.421	42.092
170	4277	4279	4278	1.255	3.138	0.434	43.367
175	4265	4271	4268	1.305	3.263	0.446	44.643
180	4257	4261	4259	1.350	3.375	0.459	45.918
185	4251	4249	4250	1.395	3.488	0.472	47.194
190	4237	4243	4240	1.445	3.613	0.485	48.469
195	4225	4229	4227	1.510	3.775	0.497	49.745
200	4221	4223	4222	1.535	3.838	0.510	51.020
205	4202	4208	4205	1.653	4.133	0.523	52.296
210	4196	4200	4198	1.764	4.410	0.536	53.571
215	4185	4183	4184	1.865	4.663	0.548	54.847
220	4175	4181	4178	2.014	5.035	0.561	56.122
224	4133	4137	4135	2.435	6.088	0.571	57.143
224	4053	4055	4054	2.754	6.885	0.571	57.143
224	3904	3910	3907	3.110	7.775	0.571	57.143



9. $\alpha = 56^\circ$, $B = 4 \text{ cm}$, $d/B = 3$

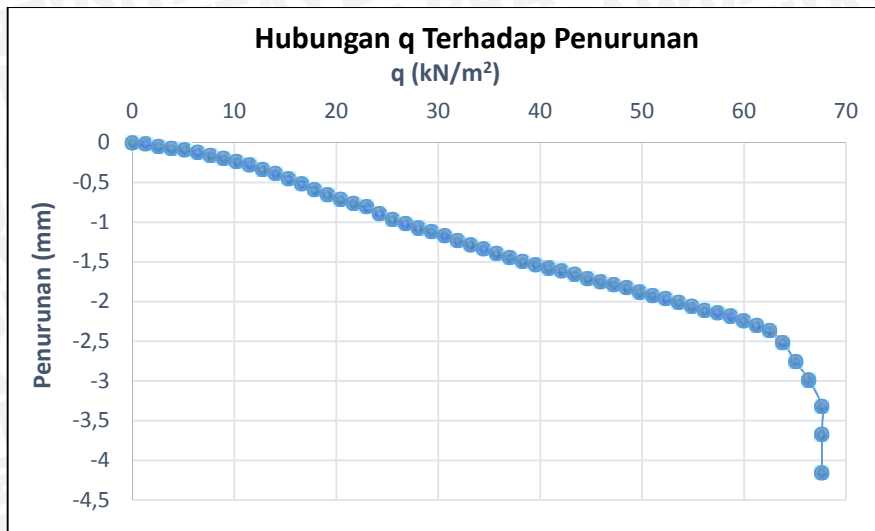
BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4982	4986	4984	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4980	4978	4979	0.025	0.063	0.013	1.276
10	4962	4968	4965	0.095	0.238	0.026	2.551
15	4948	4952	4950	0.170	0.425	0.038	3.827
20	4931	4933	4932	0.260	0.650	0.051	5.102
25	4905	4911	4908	0.380	0.950	0.064	6.378
30	4879	4883	4881	0.515	1.288	0.077	7.653
35	4850	4848	4849	0.675	1.688	0.089	8.929
40	4809	4815	4812	0.860	2.150	0.102	10.204
45	4770	4774	4772	1.060	2.650	0.115	11.480
50	4724	4726	4725	1.295	3.238	0.128	12.755
55	4690	4696	4693	1.455	3.638	0.140	14.031
60	4666	4670	4668	1.580	3.950	0.153	15.306
65	4637	4635	4636	1.740	4.350	0.166	16.582
70	4614	4620	4617	1.835	4.588	0.179	17.857
75	4591	4595	4593	1.955	4.888	0.191	19.133
80	4572	4574	4573	2.055	5.138	0.204	20.408
85	4548	4554	4551	2.165	5.413	0.217	21.684
90	4525	4529	4527	2.285	5.713	0.230	22.959
95	4505	4503	4504	2.400	6.000	0.242	24.235
100	4479	4485	4482	2.510	6.275	0.255	25.510
105	4458	4462	4460	2.620	6.550	0.268	26.786
110	4433	4435	4434	2.750	6.875	0.281	28.061
115	4407	4413	4410	2.870	7.175	0.293	29.337
120	4376	4380	4378	3.030	7.575	0.306	30.612
125	4350	4348	4349	3.175	7.938	0.319	31.888
130	4322	4328	4325	3.295	8.238	0.332	33.163
135	4301	4305	4303	3.405	8.513	0.344	34.439
140	4265	4267	4266	3.590	8.975	0.357	35.714
145	4238	4244	4241	3.715	9.288	0.370	36.990
150	4210	4214	4212	3.860	9.650	0.383	38.265
155	4185	4183	4184	4.000	10.000	0.395	39.541
160	4154	4160	4157	4.135	10.338	0.408	40.816
165	4131	4135	4133	4.255	10.638	0.421	42.092
170	4107	4109	4108	4.380	10.950	0.434	43.367
175	4073	4079	4076	4.540	11.350	0.446	44.643
180	4026	4030	4028	4.780	11.950	0.459	45.918
185	3963	3961	3962	5.110	12.775	0.472	47.194
190	3889	3895	3892	5.460	13.650	0.485	48.469
192	3734	3738	3736	6.240	15.600	0.490	48.980
192	3575	3579	3577	7.035	17.588	0.490	48.980
192	3396	3400	3398	7.930	19.825	0.490	48.980



Lereng dengan perkuatan

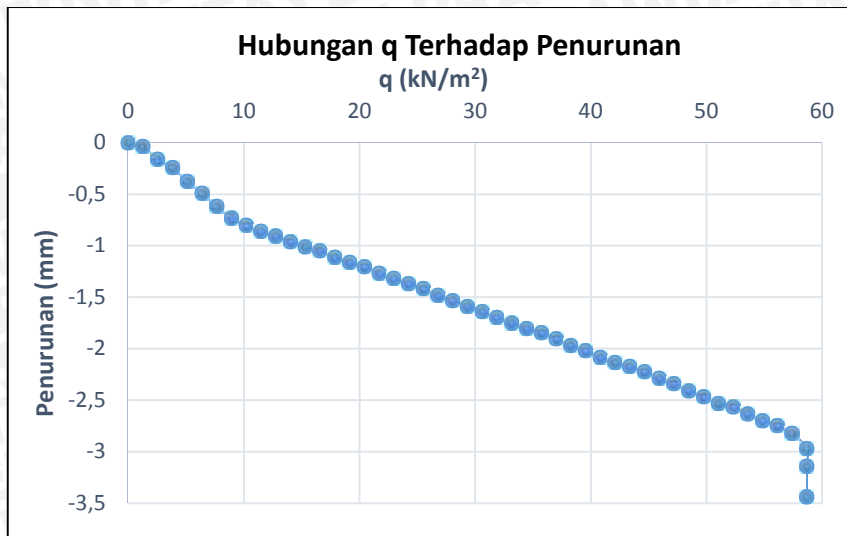
1. $\alpha = 46^\circ$, $B = 4$ cm, $d/B = 1$, $n=1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4942	4946	4944	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4944	4938	4941	0.015	0.038	0.013	1.276
10	4937	4933	4935	0.045	0.113	0.026	2.551
15	4927	4933	4930	0.070	0.175	0.038	3.827
20	4924	4928	4926	0.090	0.225	0.051	5.102
25	4918	4922	4920	0.120	0.300	0.064	6.378
30	4910	4914	4912	0.160	0.400	0.077	7.653
35	4908	4902	4905	0.195	0.488	0.089	8.929
40	4899	4895	4897	0.235	0.588	0.102	10.204
45	4885	4891	4888	0.280	0.700	0.115	11.480
50	4875	4879	4877	0.335	0.838	0.128	12.755
55	4865	4869	4867	0.385	0.963	0.140	14.031
60	4851	4855	4853	0.455	1.138	0.153	15.306
65	4843	4837	4840	0.520	1.300	0.166	16.582
70	4828	4824	4826	0.590	1.475	0.179	17.857
75	4810	4816	4813	0.655	1.638	0.191	19.133
80	4800	4804	4802	0.710	1.775	0.204	20.408
85	4789	4793	4791	0.765	1.913	0.217	21.684
90	4781	4785	4783	0.805	2.013	0.230	22.959
95	4768	4762	4765	0.895	2.238	0.242	24.235
100	4753	4749	4751	0.965	2.413	0.255	25.510
105	4737	4743	4740	1.020	2.550	0.268	26.786
110	4727	4731	4729	1.075	2.688	0.281	28.061
115	4718	4722	4720	1.120	2.800	0.293	29.337
120	4708	4712	4710	1.170	2.925	0.306	30.612
125	4701	4695	4698	1.230	3.075	0.319	31.888
130	4688	4684	4686	1.290	3.225	0.332	33.163
135	4674	4680	4677	1.335	3.338	0.344	34.439
140	4663	4667	4665	1.395	3.488	0.357	35.714
145	4653	4657	4655	1.445	3.613	0.370	36.990
150	4643	4647	4645	1.495	3.738	0.383	38.265
155	4639	4633	4636	1.540	3.850	0.395	39.541
160	4630	4626	4628	1.580	3.950	0.408	40.816
165	4623	4619	4621	1.615	4.038	0.421	42.092
170	4610	4616	4613	1.655	4.138	0.434	43.367
175	4600	4604	4602	1.710	4.275	0.446	44.643
180	4592	4596	4594	1.750	4.375	0.459	45.918
185	4584	4588	4586	1.790	4.475	0.472	47.194
190	4582	4576	4579	1.825	4.563	0.485	48.469
195	4570	4566	4568	1.880	4.700	0.497	49.745
200	4561	4557	4559	1.925	4.813	0.510	51.020
205	4549	4555	4552	1.960	4.900	0.523	52.296
210	4540	4544	4542	2.010	5.025	0.536	53.571
215	4530	4534	4532	2.060	5.150	0.548	54.847
220	4520	4524	4522	2.110	5.275	0.561	56.122
225	4518	4512	4515	2.145	5.363	0.574	57.398
230	4509	4505	4507	2.185	5.463	0.587	58.673
235	4497	4493	4495	2.245	5.613	0.599	59.949
240	4481	4487	4484	2.300	5.750	0.612	61.224
245	4469	4473	4471	2.365	5.913	0.625	62.500
250	4438	4442	4440	2.520	6.300	0.638	63.776
255	4391	4395	4393	2.755	6.888	0.651	65.051
260	4349	4343	4346	2.990	7.475	0.663	66.327
265	4282	4278	4280	3.320	8.300	0.676	67.602
265	4212	4208	4210	3.670	9.175	0.676	67.602
265	4109	4115	4112	4.160	10.400	0.676	67.602



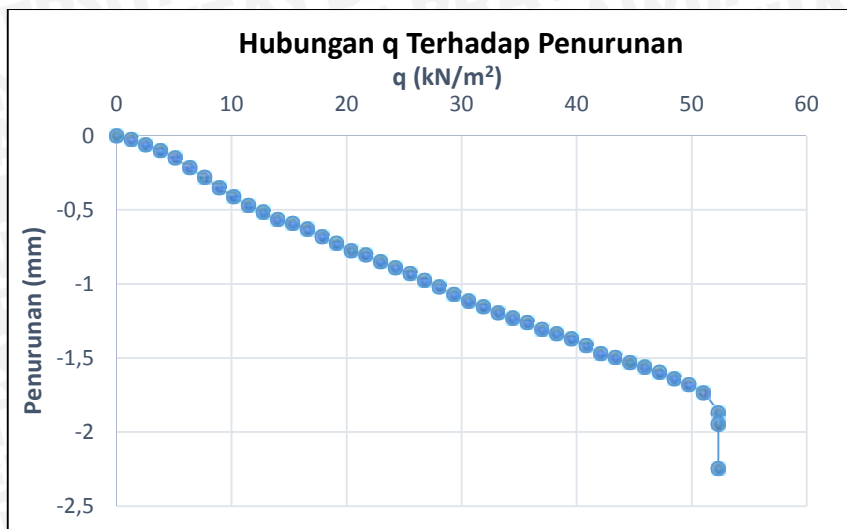
2. $\alpha = 51^\circ$, $B = 4 \text{ cm}$, $d/B = 1$, $n = 1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4762	4766	4764	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4760	4754	4757	0.035	0.088	0.013	1.276
10	4734	4730	4732	0.160	0.400	0.026	2.551
15	4713	4719	4716	0.240	0.600	0.038	3.827
20	4687	4691	4689	0.375	0.938	0.051	5.102
25	4664	4668	4666	0.490	1.225	0.064	6.378
30	4639	4643	4641	0.615	1.538	0.077	7.653
35	4621	4615	4618	0.730	1.825	0.089	8.929
40	4606	4602	4604	0.800	2.000	0.102	10.204
45	4589	4595	4592	0.860	2.150	0.115	11.480
50	4581	4585	4583	0.905	2.263	0.128	12.755
55	4570	4574	4572	0.960	2.400	0.140	14.031
60	4560	4564	4562	1.010	2.525	0.153	15.306
65	4557	4551	4554	1.050	2.625	0.166	16.582
70	4544	4540	4542	1.110	2.775	0.179	17.857
75	4529	4535	4532	1.160	2.900	0.191	19.133
80	4521	4525	4523	1.205	3.013	0.204	20.408
85	4509	4513	4511	1.265	3.163	0.217	21.684
90	4499	4503	4501	1.315	3.288	0.230	22.959
95	4493	4487	4490	1.370	3.425	0.242	24.235
100	4483	4479	4481	1.415	3.538	0.255	25.510
105	4465	4471	4468	1.480	3.700	0.268	26.786
110	4455	4459	4457	1.535	3.838	0.281	28.061
115	4444	4448	4446	1.590	3.975	0.293	29.337
120	4434	4438	4436	1.640	4.100	0.306	30.612
125	4428	4422	4425	1.695	4.238	0.319	31.888
130	4416	4412	4414	1.750	4.375	0.332	33.163
135	4400	4406	4403	1.805	4.513	0.344	34.439
140	4393	4397	4395	1.845	4.613	0.357	35.714
145	4381	4385	4383	1.905	4.763	0.370	36.990
150	4368	4372	4370	1.970	4.925	0.383	38.265
155	4363	4357	4360	2.020	5.050	0.395	39.541
160	4349	4345	4347	2.085	5.213	0.408	40.816
165	4339	4335	4337	2.135	5.338	0.421	42.092
170	4327	4333	4330	2.170	5.425	0.434	43.367
175	4317	4321	4319	2.225	5.563	0.446	44.643
180	4305	4309	4307	2.285	5.713	0.459	45.918
185	4294	4298	4296	2.340	5.850	0.472	47.194
190	4285	4279	4282	2.410	6.025	0.485	48.469
195	4273	4269	4271	2.465	6.163	0.497	49.745
200	4260	4256	4258	2.530	6.325	0.510	51.020
205	4248	4254	4251	2.565	6.413	0.523	52.296
210	4235	4239	4237	2.635	6.588	0.536	53.571
215	4222	4226	4224	2.700	6.750	0.548	54.847
220	4213	4217	4215	2.745	6.863	0.561	56.122
225	4203	4197	4200	2.820	7.050	0.574	57.398
230	4168	4168	4170	2.970	7.425	0.587	58.673
230	4134	4138	4136	3.140	7.850	0.587	58.673
230	4079	4078	4076	3.440	8.600	0.587	58.673



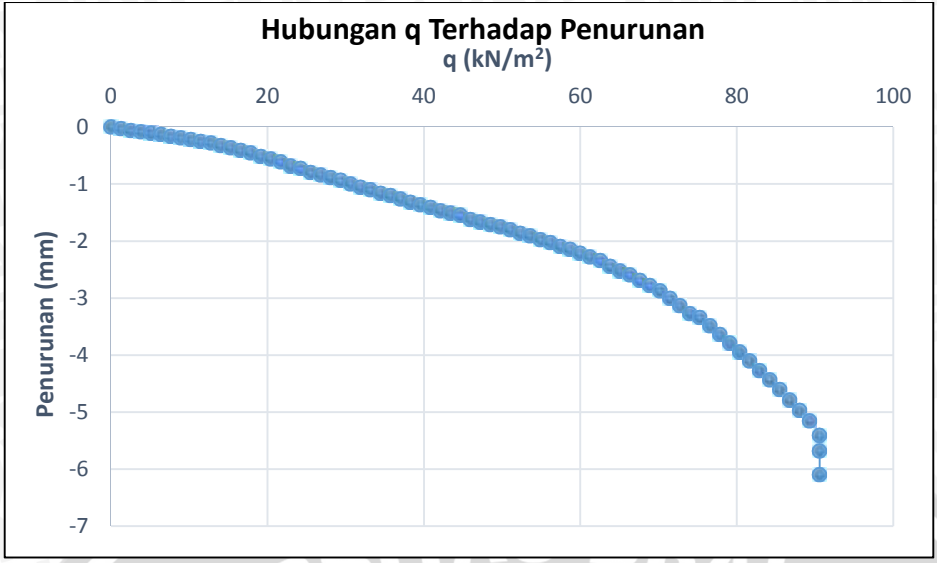
3. $\alpha = 56^\circ$, $B = 4 \text{ cm}$, $d/B = 1$, $n=1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4848	4852	4850	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4848	4842	4845	0.025	0.063	0.013	1.276
10	4840	4836	4838	0.060	0.150	0.026	2.551
15	4827	4833	4830	0.100	0.250	0.038	3.827
20	4818	4822	4820	0.150	0.375	0.051	5.102
25	4805	4809	4807	0.215	0.538	0.064	6.378
30	4792	4796	4794	0.280	0.700	0.077	7.653
35	4783	4777	4780	0.350	0.875	0.089	8.929
40	4770	4766	4768	0.410	1.025	0.102	10.204
45	4753	4759	4756	0.470	1.175	0.115	11.480
50	4745	4749	4747	0.515	1.288	0.128	12.755
55	4735	4739	4737	0.565	1.413	0.140	14.031
60	4730	4734	4732	0.590	1.475	0.153	15.306
65	4727	4721	4724	0.630	1.575	0.166	16.582
70	4716	4712	4714	0.680	1.700	0.179	17.857
75	4702	4708	4705	0.725	1.813	0.191	19.133
80	4693	4697	4695	0.775	1.938	0.204	20.408
85	4687	4691	4689	0.805	2.013	0.217	21.684
90	4678	4682	4680	0.850	2.125	0.230	22.959
95	4675	4669	4672	0.890	2.225	0.242	24.235
100	4666	4662	4664	0.930	2.325	0.255	25.510
105	4652	4658	4655	0.975	2.438	0.268	26.786
110	4644	4648	4646	1.020	2.550	0.281	28.061
115	4634	4638	4636	1.070	2.675	0.293	29.337
120	4625	4629	4627	1.115	2.788	0.306	30.612
125	4622	4616	4619	1.155	2.888	0.319	31.888
130	4613	4609	4611	1.195	2.988	0.332	33.163
135	4601	4607	4604	1.230	3.075	0.344	34.439
140	4596	4600	4598	1.260	3.150	0.357	35.714
145	4587	4591	4589	1.305	3.263	0.370	36.990
150	4581	4585	4583	1.335	3.338	0.383	38.265
155	4579	4573	4576	1.370	3.425	0.395	39.541
160	4569	4565	4567	1.415	3.538	0.408	40.816
165	4558	4554	4556	1.470	3.675	0.421	42.092
170	4548	4554	4551	1.495	3.738	0.434	43.367
175	4542	4546	4544	1.530	3.825	0.446	44.643
180	4536	4540	4538	1.560	3.900	0.459	45.918
185	4529	4533	4531	1.595	3.988	0.472	47.194
190	4525	4519	4522	1.640	4.100	0.485	48.469
195	4516	4512	4514	1.680	4.200	0.497	49.745
200	4505	4501	4503	1.735	4.338	0.510	51.020
205	4473	4479	4476	1.870	4.675	0.523	52.296
205	4459	4463	4461	1.945	4.863	0.523	52.296
205	4399	4403	4401	2.245	5.613	0.523	52.296



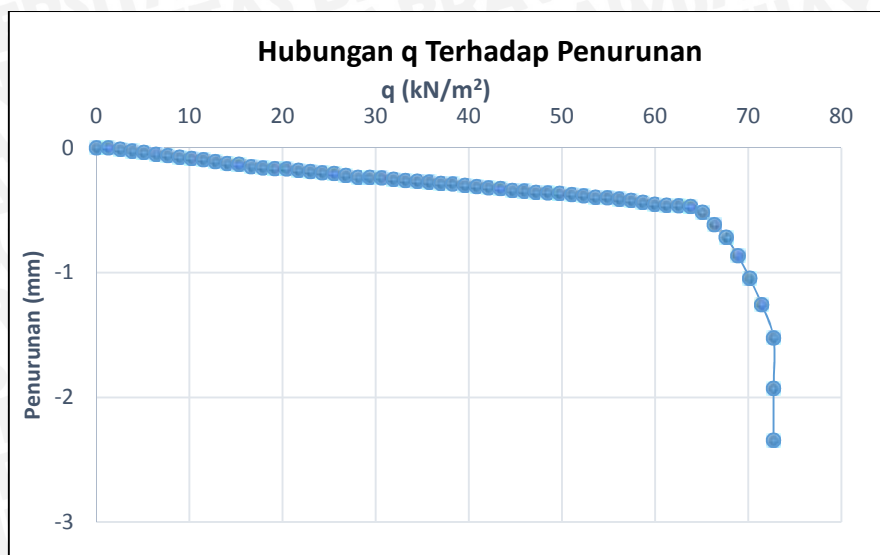
4. $\alpha = 46^\circ$, $B = 4 \text{ cm}$, $d/B = 2$, $n=1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4836	4840	4838	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4836	4830	4833	0.025	0.063	0.013	1.276
10	4828	4824	4826	0.060	0.150	0.026	2.551
15	4818	4824	4821	0.085	0.213	0.038	3.827
20	4815	4819	4817	0.105	0.263	0.051	5.102
25	4811	4815	4813	0.125	0.313	0.064	6.378
30	4804	4808	4806	0.160	0.400	0.077	7.653
35	4803	4797	4800	0.190	0.475	0.089	8.929
40	4797	4793	4795	0.215	0.538	0.102	10.204
45	4785	4791	4788	0.250	0.625	0.115	11.480
50	4780	4784	4782	0.280	0.700	0.128	12.755
55	4771	4775	4773	0.325	0.813	0.140	14.031
60	4763	4767	4765	0.365	0.913	0.153	15.306
65	4759	4753	4756	0.410	1.025	0.166	16.582
70	4749	4745	4747	0.455	1.138	0.179	17.857
75	4732	4738	4735	0.515	1.288	0.191	19.133
80	4724	4728	4726	0.560	1.400	0.204	20.408
85	4714	4718	4716	0.610	1.525	0.217	21.684
90	4699	4703	4701	0.685	1.713	0.230	22.959
95	4697	4691	4694	0.720	1.800	0.242	24.235
100	4681	4677	4679	0.795	1.988	0.255	25.510
105	4667	4673	4670	0.840	2.100	0.268	26.786
110	4659	4663	4661	0.885	2.213	0.281	28.061
115	4650	4654	4652	0.930	2.325	0.293	29.337
120	4636	4640	4638	1.000	2.500	0.306	30.612
125	4630	4624	4627	1.055	2.638	0.319	31.888
130	4620	4616	4618	1.100	2.750	0.332	33.163
135	4603	4609	4606	1.160	2.900	0.344	34.439
140	4596	4600	4598	1.200	3.000	0.357	35.714
145	4584	4588	4586	1.260	3.150	0.370	36.990
150	4573	4577	4575	1.315	3.288	0.383	38.265
155	4568	4562	4565	1.365	3.413	0.395	39.541
160	4558	4554	4556	1.410	3.525	0.408	40.816
165	4546	4542	4544	1.470	3.675	0.421	42.092
170	4533	4539	4536	1.510	3.775	0.434	43.367
175	4528	4532	4530	1.540	3.850	0.446	44.643
180	4512	4516	4514	1.620	4.050	0.459	45.918
185	4503	4507	4505	1.665	4.163	0.472	47.194
190	4499	4493	4496	1.710	4.275	0.485	48.469
195	4490	4486	4488	1.750	4.375	0.497	49.745
200	4480	4476	4478	1.800	4.500	0.510	51.020
205	4463	4469	4466	1.860	4.650	0.523	52.296
210	4455	4459	4457	1.905	4.763	0.536	53.571
215	4441	4445	4443	1.975	4.938	0.548	54.847
220	4431	4435	4433	2.025	5.063	0.561	56.122
225	4423	4417	4420	2.090	5.225	0.574	57.398
230	4411	4407	4409	2.145	5.363	0.587	58.673
235	4398	4394	4396	2.210	5.525	0.599	59.949
240	4380	4386	4383	2.275	5.688	0.612	61.224
245	4368	4372	4370	2.340	5.850	0.625	62.500
250	4348	4352	4350	2.440	6.100	0.638	63.776
255	4331	4335	4333	2.525	6.313	0.651	65.051
260	4318	4322	4320	2.590	6.475	0.663	66.327
265	4303	4297	4300	2.690	6.725	0.676	67.602
270	4284	4280	4282	2.780	6.950	0.689	68.878
275	4260	4266	4263	2.875	7.188	0.702	70.153
280	4236	4240	4238	3.000	7.500	0.714	71.429
285	4210	4214	4212	3.130	7.825	0.727	72.704
290	4182	4186	4184	3.270	8.175	0.740	73.980
295	4173	4167	4170	3.340	8.350	0.753	75.255
300	4143	4139	4141	3.485	8.713	0.765	76.531
305	4108	4114	4111	3.635	9.088	0.778	77.806
310	4078	4082	4080	3.790	9.475	0.791	79.082
315	4047	4051	4049	3.945	9.863	0.804	80.357
320	4015	4019	4017	4.105	10.263	0.816	81.633
325	3987	3981	3984	4.270	10.675	0.829	82.908
330	3953	3949	3951	4.435	11.088	0.842	84.184
335	3914	3920	3917	4.605	11.513	0.855	85.459
340	3879	3883	3881	4.785	11.963	0.867	86.735
345	3843	3847	3845	4.965	12.413	0.880	88.010
350	3806	3810	3808	5.150	12.875	0.893	89.286
355	3760	3754	3757	5.405	13.513	0.906	90.561
355	3704	3700	3702	5.680	14.200	0.906	90.561
355	3616	3622	3619	6.095	15.238	0.906	90.561



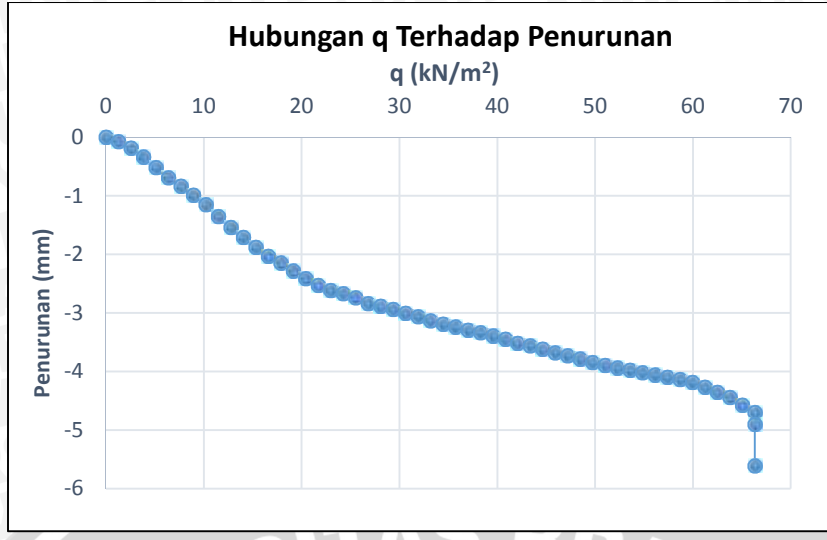
5. $\alpha = 51^\circ$, $B = 4 \text{ cm}$, $d/B = 2$, $n=1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4901	4903	4902	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4904	4900	4902	0.000	0.000	0.013	1.276
10	4903	4897	4900	0.010	0.025	0.026	2.551
15	4899	4895	4897	0.025	0.063	0.038	3.827
20	4892	4898	4895	0.035	0.088	0.051	5.102
25	4891	4893	4892	0.050	0.125	0.064	6.378
30	4889	4891	4890	0.060	0.150	0.077	7.653
35	4889	4885	4887	0.075	0.188	0.089	8.929
40	4888	4882	4885	0.085	0.213	0.102	10.204
45	4885	4881	4883	0.095	0.238	0.115	11.480
50	4877	4883	4880	0.110	0.275	0.128	12.755
55	4876	4878	4877	0.125	0.313	0.140	14.031
60	4875	4877	4876	0.130	0.325	0.153	15.306
65	4874	4870	4872	0.150	0.375	0.166	16.582
70	4873	4867	4870	0.160	0.400	0.179	17.857
75	4871	4867	4869	0.165	0.413	0.191	19.133
80	4865	4871	4868	0.170	0.425	0.204	20.408
85	4865	4867	4866	0.180	0.450	0.217	21.684
90	4863	4865	4864	0.190	0.475	0.230	22.959
95	4864	4860	4862	0.200	0.500	0.242	24.235
100	4864	4858	4861	0.205	0.513	0.255	25.510
105	4860	4856	4858	0.220	0.550	0.268	26.786
110	4852	4858	4855	0.235	0.588	0.281	28.061
115	4854	4856	4855	0.235	0.588	0.293	29.337
120	4853	4855	4854	0.240	0.600	0.306	30.612
125	4854	4850	4852	0.250	0.625	0.319	31.888
130	4853	4847	4850	0.260	0.650	0.332	33.163
135	4851	4847	4849	0.265	0.663	0.344	34.439
140	4844	4850	4847	0.275	0.688	0.357	35.714
145	4844	4846	4845	0.285	0.713	0.370	36.990
150	4843	4845	4844	0.290	0.725	0.383	38.265
155	4844	4840	4842	0.300	0.750	0.395	39.541
160	4843	4837	4840	0.310	0.775	0.408	40.816
165	4840	4836	4838	0.320	0.800	0.421	42.092
170	4834	4840	4837	0.325	0.813	0.434	43.367
175	4833	4835	4834	0.340	0.850	0.446	44.643
180	4832	4834	4833	0.345	0.863	0.459	45.918
185	4833	4829	4831	0.355	0.888	0.472	47.194
190	4833	4827	4830	0.360	0.900	0.485	48.469
195	4831	4827	4829	0.365	0.913	0.497	49.745
200	4824	4830	4827	0.375	0.938	0.510	51.020
205	4824	4826	4825	0.385	0.963	0.523	52.296
210	4822	4824	4823	0.395	0.988	0.536	53.571
215	4824	4820	4822	0.400	1.000	0.548	54.847
220	4823	4817	4820	0.410	1.025	0.561	56.122
225	4820	4816	4818	0.420	1.050	0.574	57.398
230	4812	4818	4815	0.435	1.088	0.587	58.673
235	4811	4813	4812	0.450	1.125	0.599	59.949
240	4809	4811	4810	0.460	1.150	0.612	61.224
245	4811	4807	4809	0.465	1.163	0.625	62.500
250	4811	4805	4808	0.470	1.175	0.638	63.776
255	4808	4804	4806	0.516	1.290	0.651	65.051
260	4802	4808	4805	0.614	1.535	0.663	66.327
265	4800	4802	4801	0.715	1.788	0.676	67.602
270	4799	4801	4800	0.865	2.163	0.689	68.878
275	4800	4796	4798	1.045	2.613	0.702	70.153
280	4796	4790	4793	1.256	3.140	0.714	71.429
285	4787	4783	4785	1.524	3.810	0.727	72.704
285	4770	4776	4773	1.926	4.815	0.727	72.704
285	4758	4760	4759	2.342	5.855	0.727	72.704



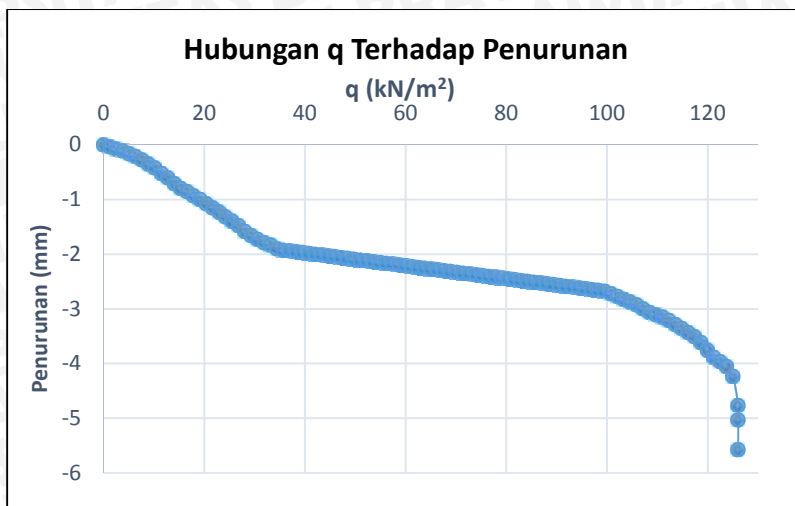
6. $\alpha = 56^\circ$, $B = 4 \text{ cm}$, $d/B = 2$, $n=1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4792	4796	4794	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4782	4776	4779	0.075	0.188	0.013	1.276
10	4759	4755	4757	0.185	0.463	0.026	2.551
15	4723	4729	4726	0.340	0.850	0.038	3.827
20	4688	4692	4690	0.520	1.300	0.051	5.102
25	4653	4657	4655	0.695	1.738	0.064	6.378
30	4625	4629	4627	0.835	2.088	0.077	7.653
35	4599	4593	4596	0.990	2.475	0.089	8.929
40	4565	4561	4563	1.155	2.888	0.102	10.204
45	4520	4526	4523	1.355	3.388	0.115	11.480
50	4484	4488	4486	1.540	3.850	0.128	12.755
55	4450	4454	4452	1.710	4.275	0.140	14.031
60	4416	4420	4418	1.880	4.700	0.153	15.306
65	4391	4385	4388	2.030	5.075	0.166	16.582
70	4367	4363	4365	2.145	5.363	0.179	17.857
75	4334	4340	4337	2.285	5.713	0.191	19.133
80	4309	4313	4311	2.415	6.038	0.204	20.408
85	4286	4290	4288	2.530	6.325	0.217	21.684
90	4269	4273	4271	2.615	6.538	0.230	22.959
95	4263	4257	4260	2.670	6.675	0.242	24.235
100	4247	4243	4245	2.745	6.863	0.255	25.510
105	4223	4229	4226	2.840	7.100	0.268	26.786
110	4215	4219	4217	2.885	7.213	0.281	28.061
115	4204	4208	4206	2.940	7.350	0.293	29.337
120	4191	4195	4193	3.005	7.513	0.306	30.612
125	4184	4178	4181	3.065	7.663	0.319	31.888
130	4169	4165	4167	3.135	7.838	0.332	33.163
135	4153	4159	4156	3.190	7.975	0.344	34.439
140	4144	4148	4146	3.240	8.100	0.357	35.714
145	4133	4137	4135	3.295	8.238	0.370	36.990
150	4124	4128	4126	3.340	8.350	0.383	38.265
155	4118	4112	4115	3.395	8.488	0.395	39.541
160	4106	4102	4104	3.450	8.625	0.408	40.816
165	4092	4088	4090	3.520	8.800	0.421	42.092
170	4079	4085	4082	3.560	8.900	0.434	43.367
175	4069	4073	4071	3.615	9.038	0.446	44.643
180	4056	4060	4058	3.680	9.200	0.459	45.918
185	4046	4050	4048	3.730	9.325	0.472	47.194
190	4040	4034	4037	3.785	9.463	0.485	48.469
195	4027	4023	4025	3.845	9.613	0.497	49.745
200	4017	4013	4015	3.895	9.738	0.510	51.020
205	4003	4009	4006	3.940	9.850	0.523	52.296
210	3996	4000	3998	3.980	9.950	0.536	53.571
215	3988	3992	3990	4.020	10.050	0.548	54.847
220	3980	3984	3982	4.060	10.150	0.561	56.122
225	3977	3971	3974	4.100	10.250	0.574	57.398
230	3969	3965	3967	4.135	10.338	0.587	58.673
235	3959	3955	3957	4.185	10.463	0.599	59.949
240	3938	3944	3941	4.265	10.663	0.612	61.224
245	3921	3925	3923	4.355	10.888	0.625	62.500
250	3904	3908	3906	4.768	11.920	0.638	63.776
255	3877	3881	3879	5.876	14.690	0.651	65.051
260	3856	3852	3854	4.700	11.750	0.663	66.327
260	3816	3812	3814	4.900	12.250	0.663	66.327
260	3669	3675	3672	5.610	14.025	0.663	66.327



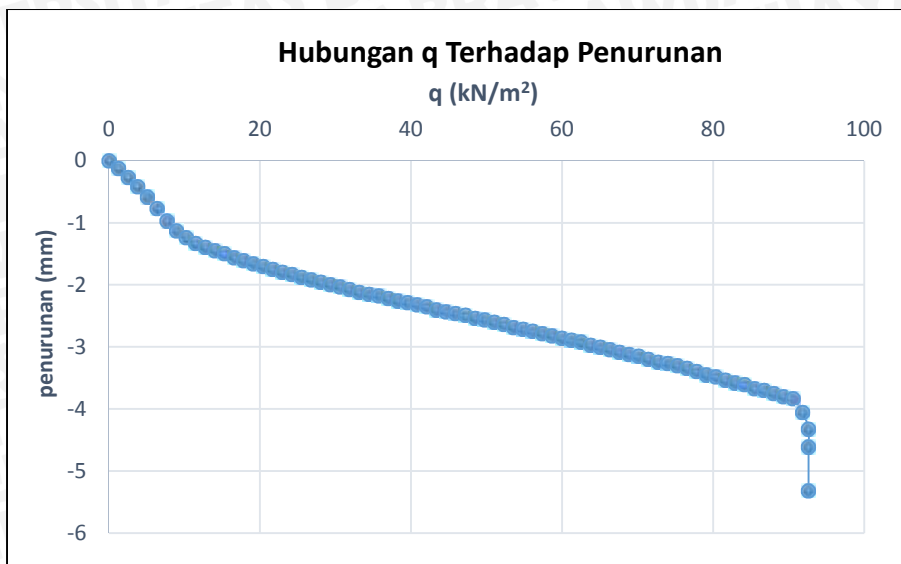
7. $\alpha = 46^\circ$, $B = 4 \text{ cm}$, $d/B = 3$, $n=1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4634	4638	4636	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4632	4626	4629	0.035	0.088	0.013	1.276
10	4623	4619	4621	0.075	0.188	0.026	2.551
15	4610	4616	4613	0.115	0.288	0.038	3.827
20	4601	4605	4603	0.165	0.413	0.051	5.102
25	4591	4595	4593	0.215	0.538	0.064	6.378
30	4579	4583	4581	0.275	0.688	0.077	7.653
35	4569	4563	4566	0.350	0.875	0.089	8.929
40	4553	4549	4551	0.425	1.063	0.102	10.204
45	4529	4535	4532	0.520	1.300	0.115	11.480
50	4513	4517	4515	0.605	1.513	0.128	12.755
55	4492	4496	4494	0.710	1.775	0.140	14.031
60	4475	4479	4477	0.795	1.988	0.153	15.306
65	4468	4462	4465	0.855	2.138	0.166	16.582
70	4452	4448	4450	0.930	2.325	0.179	17.857
75	4434	4440	4437	0.995	2.488	0.191	19.133
80	4418	4422	4420	1.080	2.700	0.204	20.408
85	4403	4407	4405	1.155	2.888	0.217	21.684
90	4388	4392	4390	1.230	3.075	0.230	22.959
95	4375	4369	4372	1.320	3.300	0.242	24.235
100	4359	4355	4357	1.395	3.488	0.255	25.510
105	4338	4344	4341	1.475	3.688	0.268	26.786
110	4318	4322	4320	1.580	3.950	0.281	28.061
115	4303	4307	4305	1.655	4.138	0.293	29.337
120	4288	4292	4290	1.730	4.325	0.306	30.612
125	4281	4275	4278	1.790	4.475	0.319	31.888
130	4271	4267	4269	1.835	4.588	0.332	33.163
135	4252	4258	4255	1.905	4.763	0.344	34.439
140	4249	4253	4251	1.925	4.813	0.357	35.714
145	4246	4250	4248	1.940	4.850	0.370	36.990
150	4243	4247	4245	1.955	4.888	0.383	38.265
155	4245	4239	4242	1.970	4.925	0.395	39.541
160	4241	4237	4239	1.985	4.963	0.408	40.816
165	4238	4234	4236	2.000	5.000	0.421	42.092
170	4230	4236	4233	2.015	5.038	0.434	43.367
175	4228	4232	4230	2.030	5.075	0.446	44.643
180	4225	4229	4227	2.045	5.113	0.459	45.918
185	4222	4226	4224	2.060	5.150	0.472	47.194
190	4224	4218	4221	2.075	5.188	0.485	48.469
195	4220	4216	4218	2.090	5.225	0.497	49.745
200	4217	4213	4215	2.105	5.263	0.510	51.020
205	4209	4215	4212	2.120	5.300	0.523	52.296
210	4207	4211	4209	2.135	5.338	0.536	53.571
215	4204	4208	4206	2.150	5.375	0.548	54.847
220	4201	4205	4203	2.165	5.413	0.561	56.122
225	4203	4197	4200	2.180	5.450	0.574	57.398
230	4199	4195	4197	2.195	5.488	0.587	58.673
235	4196	4192	4194	2.210	5.525	0.599	59.949
240	4188	4194	4191	2.225	5.563	0.612	61.224
245	4186	4190	4188	2.240	5.600	0.625	62.500
250	4183	4187	4185	2.255	5.638	0.638	63.776
255	4180	4184	4182	2.270	5.675	0.651	65.051
260	4182	4176	4179	2.285	5.713	0.663	66.327
265	4178	4174	4176	2.300	5.750	0.676	67.602
270	4175	4171	4173	2.315	5.788	0.689	68.878
275	4167	4173	4170	2.330	5.825	0.702	70.153
280	4165	4169	4167	2.345	5.863	0.714	71.429
285	4162	4166	4164	2.360	5.900	0.727	72.704
290	4159	4163	4161	2.375	5.938	0.740	73.980
295	4161	4155	4158	2.390	5.975	0.753	75.255
300	4157	4153	4155	2.405	6.013	0.765	76.531
305	4154	4150	4152	2.420	6.050	0.778	77.806
310	4151	4147	4149	2.435	6.088	0.791	79.082
315	4144	4148	4146	2.450	6.125	0.804	80.357
320	4146	4140	4143	2.465	6.163	0.816	81.633
325	4142	4138	4140	2.480	6.200	0.829	82.908
330	4139	4135	4137	2.495	6.238	0.842	84.184
335	4131	4137	4134	2.510	6.275	0.855	85.459
340	4129	4133	4131	2.525	6.313	0.867	86.735
345	4126	4130	4128	2.540	6.350	0.880	88.010
350	4123	4127	4125	2.555	6.388	0.893	89.286
355	4125	4119	4122	2.570	6.425	0.906	90.561
360	4121	4117	4119	2.585	6.463	0.918	91.837
365	4118	4114	4116	2.600	6.500	0.931	93.112
370	4115	4111	4113	2.615	6.538	0.944	94.388
375	4108	4112	4110	2.630	6.575	0.957	95.663
380	4110	4104	4107	2.645	6.613	0.969	96.939
385	4106	4102	4104	2.660	6.650	0.982	98.214
390	4103	4099	4101	2.675	6.688	0.995	99.490
395	4089	4095	4092	2.720	6.800	1.008	100.765
400	4080	4084	4082	2.770	6.925	1.020	102.041
405	4070	4074	4072	2.820	7.050	1.033	103.316
410	4059	4063	4061	2.875	7.188	1.046	104.592
415	4054	4048	4051	2.925	7.313	1.059	105.867
420	4039	4035	4037	2.995	7.488	1.071	107.143
425	4026	4022	4024	3.060	7.650	1.084	108.418
430	4016	4012	4014	3.110	7.775	1.097	109.694
435	4004	4008	4006	3.150	7.875	1.110	110.969
440	3998	3992	3995	3.205	8.013	1.122	112.245
445	3981	3977	3979	3.285	8.213	1.135	113.520
450	3967	3963	3965	3.355	8.388	1.148	114.796
455	3947	3953	3950	3.430	8.575	1.161	116.071
460	3933	3937	3935	3.505	8.763	1.173	117.347
465	3912	3916	3914	3.610	9.025	1.186	118.622
470	3884	3888	3886	3.750	9.375	1.199	119.898
475	3863	3857	3860	3.880	9.700	1.212	121.173
480	3845	3841	3843	3.965	9.913	1.224	122.449
485	3828	3824	3826	4.050	10.125	1.237	123.724
490	3792	3788	3790	4.230	10.575	1.250	125.000
494	3681	3685	3683	4.765	11.913	1.260	126.020
494	3634	3628	3631	5.025	12.563	1.260	126.020
494	3524	3520	3522	5.570	13.925	1.260	126.020



8. $\alpha = 51^\circ$, $B = 4 \text{ cm}$, $d/B = 3$, $n=1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4993	4997	4995	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4973	4967	4970	0.125	0.313	0.013	1.276
10	4943	4939	4941	0.270	0.675	0.026	2.551
15	4908	4914	4911	0.420	1.050	0.038	3.827
20	4876	4880	4878	0.585	1.463	0.051	5.102
25	4839	4843	4841	0.770	1.925	0.064	6.378
30	4799	4803	4801	0.970	2.425	0.077	7.653
35	4772	4766	4769	1.130	2.825	0.089	8.929
40	4749	4745	4747	1.240	3.100	0.102	10.204
45	4726	4732	4729	1.330	3.325	0.115	11.480
50	4714	4718	4716	1.395	3.488	0.128	12.755
55	4703	4707	4705	1.450	3.625	0.140	14.031
60	4693	4697	4695	1.500	3.750	0.153	15.306
65	4685	4679	4682	1.565	3.913	0.166	16.582
70	4675	4671	4673	1.610	4.025	0.179	17.857
75	4660	4666	4663	1.660	4.150	0.191	19.133
80	4652	4656	4654	1.705	4.263	0.204	20.408
85	4643	4647	4645	1.750	4.375	0.217	21.684
90	4634	4638	4636	1.795	4.488	0.230	22.959
95	4631	4625	4628	1.835	4.588	0.242	24.235
100	4621	4617	4619	1.880	4.700	0.255	25.510
105	4608	4614	4611	1.920	4.800	0.268	26.786
110	4602	4606	4604	1.955	4.888	0.281	28.061
115	4593	4597	4595	2.000	5.000	0.293	29.337
120	4586	4590	4588	2.035	5.088	0.306	30.612
125	4583	4577	4580	2.075	5.188	0.319	31.888
130	4573	4569	4571	2.120	5.300	0.332	33.163
135	4561	4567	4564	2.155	5.388	0.344	34.439
140	4557	4561	4559	2.180	5.450	0.357	35.714
145	4549	4553	4551	2.220	5.550	0.370	36.990
150	4541	4545	4543	2.260	5.650	0.383	38.265
155	4541	4535	4538	2.285	5.713	0.395	39.541
160	4532	4528	4530	2.325	5.813	0.408	40.816
165	4526	4522	4524	2.355	5.888	0.421	42.092
170	4511	4517	4514	2.405	6.013	0.434	43.367
175	4506	4510	4508	2.435	6.088	0.446	44.643
180	4501	4505	4503	2.460	6.150	0.459	45.918
185	4495	4499	4497	2.490	6.225	0.472	47.194
190	4490	4484	4487	2.540	6.350	0.485	48.469
195	4484	4480	4482	2.565	6.413	0.497	49.745
200	4477	4473	4475	2.600	6.500	0.510	51.020
205	4464	4470	4467	2.640	6.600	0.523	52.296
210	4455	4459	4457	2.690	6.725	0.536	53.571
215	4450	4454	4452	2.715	6.788	0.548	54.847
220	4444	4448	4446	2.745	6.863	0.561	56.122
225	4441	4435	4438	2.785	6.963	0.574	57.398
230	4432	4428	4430	2.825	7.063	0.587	58.673
235	4425	4421	4423	2.860	7.150	0.599	59.949
240	4414	4420	4417	2.890	7.225	0.612	61.224
245	4409	4413	4411	2.920	7.300	0.625	62.500
250	4398	4402	4400	2.975	7.438	0.638	63.776
255	4392	4396	4394	3.005	7.513	0.651	65.051
260	4389	4383	4386	3.045	7.613	0.663	66.327
265	4380	4376	4378	3.085	7.713	0.676	67.602
270	4373	4369	4371	3.120	7.800	0.689	68.878
275	4362	4368	4365	3.150	7.875	0.702	70.153
280	4353	4357	4355	3.200	8.000	0.714	71.429
285	4344	4348	4346	3.245	8.113	0.727	72.704
290	4340	4344	4342	3.265	8.163	0.740	73.980
295	4337	4331	4334	3.305	8.263	0.753	75.255
300	4328	4324	4326	3.345	8.363	0.765	76.531
305	4318	4314	4316	3.395	8.488	0.778	77.806
310	4301	4307	4304	3.455	8.638	0.791	79.082
315	4296	4300	4298	3.485	8.713	0.804	80.357
320	4286	4290	4288	3.535	8.838	0.816	81.633
325	4277	4281	4279	3.580	8.950	0.829	82.908
330	4277	4271	4274	3.605	9.013	0.842	84.184
335	4262	4258	4260	3.675	9.188	0.855	85.459
340	4257	4253	4255	3.700	9.250	0.867	86.735
345	4242	4248	4245	3.750	9.375	0.880	88.010
350	4232	4236	4234	3.805	9.513	0.893	89.286
355	4226	4230	4228	3.835	9.588	0.906	90.561
360	4216	4220	4218	4.056	10.140	0.918	91.837
363	4201	4195	4198	4.325	10.813	0.926	92.602
363	4130	4126	4128	4.615	11.538	0.926	92.602
363	4104	4100	4102	5.321	13.303	0.926	92.602



9. $\alpha = 56^\circ$, $B = 4 \text{ cm}$, $d/B = 3$, $n=1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm ²)	q (kN/m ²)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4914	4918	4916	0.000	0.000	0.000	0.000
5	4898	4892	4895	0.105	0.263	0.013	1.276
10	4890	4886	4888	0.140	0.350	0.026	2.551
15	4868	4874	4871	0.225	0.563	0.038	3.827
20	4850	4854	4852	0.320	0.800	0.051	5.102
25	4832	4836	4834	0.410	1.025	0.064	6.378
30	4814	4818	4816	0.500	1.250	0.077	7.653
35	4803	4797	4800	0.580	1.450	0.089	8.929
40	4788	4784	4786	0.650	1.625	0.102	10.204
45	4765	4771	4768	0.740	1.850	0.115	11.480
50	4750	4754	4752	0.820	2.050	0.128	12.755
55	4734	4738	4736	0.900	2.250	0.140	14.031
60	4715	4719	4717	0.995	2.488	0.153	15.306
65	4702	4696	4699	1.085	2.713	0.166	16.582
70	4684	4680	4682	1.170	2.925	0.179	17.857
75	4660	4666	4663	1.265	3.163	0.191	19.133
80	4646	4650	4648	1.340	3.350	0.204	20.408
85	4635	4639	4637	1.395	3.488	0.217	21.684
90	4625	4629	4627	1.445	3.613	0.230	22.959
95	4621	4615	4618	1.490	3.725	0.242	24.235
100	4611	4607	4609	1.535	3.838	0.255	25.510
105	4597	4603	4600	1.580	3.950	0.268	26.786
110	4589	4593	4591	1.625	4.063	0.281	28.061
115	4583	4587	4585	1.655	4.138	0.293	29.337
120	4576	4580	4578	1.690	4.225	0.306	30.612
125	4572	4566	4569	1.735	4.338	0.319	31.888
130	4566	4562	4564	1.760	4.400	0.332	33.163
135	4554	4560	4557	1.795	4.488	0.344	34.439
140	4547	4551	4549	1.835	4.588	0.357	35.714
145	4538	4542	4540	1.880	4.700	0.370	36.990
150	4528	4532	4530	1.930	4.825	0.383	38.265
155	4526	4520	4523	1.965	4.913	0.395	39.541
160	4517	4513	4515	2.005	5.013	0.408	40.816
165	4506	4502	4504	2.060	5.150	0.421	42.092
170	4497	4503	4500	2.080	5.200	0.434	43.367
175	4490	4494	4492	2.120	5.300	0.446	44.643
180	4480	4484	4482	2.170	5.425	0.459	45.918
185	4469	4473	4471	2.225	5.563	0.472	47.194
190	4465	4459	4462	2.270	5.675	0.485	48.469
195	4455	4451	4453	2.315	5.788	0.497	49.745
200	4446	4442	4444	2.360	5.900	0.510	51.020
205	4431	4437	4434	2.410	6.025	0.523	52.296
210	4424	4428	4426	2.450	6.125	0.536	53.571
215	4414	4418	4416	2.500	6.250	0.548	54.847
220	4400	4404	4402	2.570	6.425	0.561	56.122
225	4393	4387	4390	2.630	6.575	0.574	57.398
230	4383	4379	4381	2.675	6.688	0.587	58.673
235	4373	4369	4371	2.725	6.813	0.599	59.949
240	4356	4362	4359	2.785	6.963	0.612	61.224
245	4346	4350	4348	2.840	7.100	0.625	62.500
250	4334	4338	4336	2.900	7.250	0.638	63.776
255	4318	4322	4320	2.980	7.450	0.651	65.051
260	4309	4305	4307	3.045	7.613	0.663	66.327
265	4298	4294	4296	3.100	7.750	0.676	67.602
270	4281	4287	4284	3.160	7.900	0.689	68.878
275	4261	4265	4263	3.265	8.163	0.702	70.153
280	4250	4254	4252	3.320	8.300	0.714	71.429
285	4231	4235	4233	3.415	8.538	0.727	72.704
290	4223	4219	4221	3.475	8.688	0.740	73.980
295	4205	4201	4203	3.565	8.913	0.753	75.255
300	4182	4188	4185	3.655	9.138	0.765	76.531
302	4107	4111	4109	4.035	10.088	0.770	77.041
302	4018	4022	4020	4.480	11.200	0.770	77.041
302	3929	3933	3931	4.925	12.313	0.770	77.041



