

**PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN LERENG DAN LEBAR  
PONDASI MENERUS DENGAN  $d/B=1$  TERHADAP DAYA DUKUNG  
PONDASI DENGAN RC PASIR 85% MENGGUNAKAN GEOGRID**

**SKRIPSI  
TEKNIK SIPIL**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**ATIKA NIKMATUL ULYA  
NIM. 115060100111003**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2016**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN LERENG DAN LEBAR PONDASI  
MENERUS DENGAN  $d/B=1$  TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DENGAN  
RC PASIR 85% MENGGUNAKAN GEOGRID**

**SKRIPSI**

**TEKNIK SIPIL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ATIKA NIKMATUL ULYA**  
**NIM. 115060100111003**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 23 Mei 2016

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

Dr.Eng. Yulvi Zaika, MT.  
NIP. 19680707 199403 2 002

Mengetahui,  
Ketua Program Studi S1  
Jurusan Teknik Sipil

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

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

**PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN LERENG DAN LEBAR PONDASI MENERUS  
DENGAN  $d/B=1$  TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DENGAN RC PASIR 85%  
MENGUNAKAN GEOGRID**

Nama Mahasiswa : Atika Nikmatul Ulya

NIM : 115060100111003

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Geoteknik

**TIM DOSEN PENGUJI**

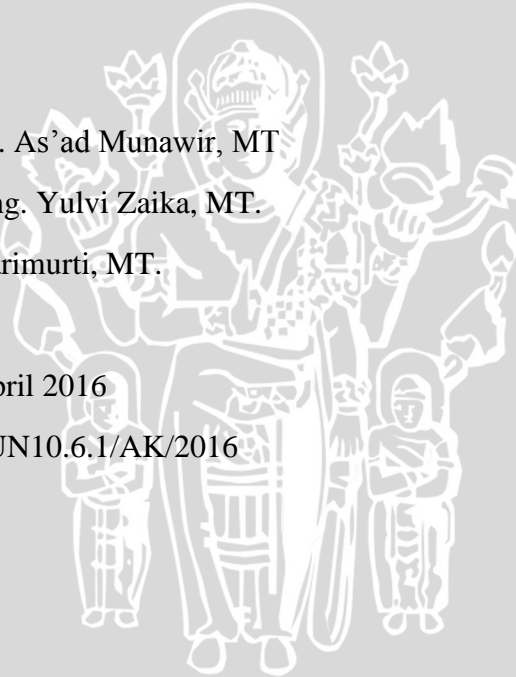
Dosen Penguji I : Dr. Ir. As'ad Munawir, MT

Dosen Penguji II : Dr.Eng. Yulvi Zaika, MT.

Dosen Penguji III : Ir. Harimurti, MT.

Tanggal Ujian : 26 April 2016

SK Penguji : 521/UN10.6.1/AK/2016



## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

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

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

Malang, 23 Mei 2016

Mahasiswa,

**Atika Nikmatul Ulya**

NIM. 115060100111003



## RIWAYAT HIDUP

Atika Nikmatul Ulya lahir di Bandung 03 Juni 1993 anak kedua dari Bapak Rokhim dan Ibu Maisaroh. Menjalani pendidikan di MI Asih Putera Cimahi lulus tahun 2005. Setelah itu melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Cimahi lulus tahun 2008 serta SMAN 2 Cimahi lulus tahun 2011. Dan kembali dengan melanjutkan pendidikan S1 di Universitas Brawijaya Malang lulus pada tahun 2016.

Malang, 23 Mei 2016

Penulis

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Sudut Kemiringan Lereng dan Lebar Pondasi Menerus dengan  $d/B=1$  terhadap Daya Dukung Pondasi dengan RC Pasir 85% Menggunakan Geogrid”**.

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

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

1. Dr. Ir. As'ad Munawir, MT. dan Dr.Eng. Yulvi Zaika, ST., 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, MT, Dr. Ir. Arief Rachmansyah, Ir. Harimurti, MT selaku dosen geoteknik yang telah meluangkan waktu memberi saran serta masukan kepada penulis.
3. Dr. Ir. M. Ruslin Anwar, M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis selama perkuliahan.
4. Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS, selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Konstruksi Bahan.
5. Pak Sugeng, Pak Hadi, dan Mas Dino selaku pihak dari Laboratorium Struktur dan Konstruksi Bahan yang telah membantu penulis.
6. Bapak Rokhim dan Ibu Maisaroh yang tak pernah berhenti membantu dan mendukung penulis dalam merancang masa depan.
7. Rizky Amalia Achsani, Wildan Alfi Syahri, dan Nashrul Akbar Robbani yang terus menyemangati penulis dalam menyelesaikan tanggung jawab.
8. Teman-teman siXis, Dena, Dwi, Inas, Nely, dan Wulan yang tak pernah lelah bertanya kabar dan setia menanti penulis di kampung halaman tercinta.
9. Ghulam Aghnia Fadh yang tidak pernah tidak ada.
10. Teman-teman tim lemah, Annas, Arrizal, Danu, Faisal, Rani, Tosar dan Zulfikar yang selalu saling membantu dan mendukung dalam penyelesaian penelitian dan penulisan tugas akhir ini.

11. Teman-teman FORSIS yang telah mendoakan dalam kesegeraan penyelesaian penulisan.
12. Dan Teman-teman Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil yang telah membantu dalam proses penelitian maupun penulisan.

Penulis pun menyadari bahwa penulis tidak terlepas dari kekurangan dan kesalahan. Dengan kerendahan hati penulis menerima adanya masukan berupa saran maupun kritik guna membangun penyusunan laporan-laporan yang akan datang.

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

Malang, Mei 2016

Penulis







DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	2
1.3. Rumusan Masalah .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Tujuan Penelitian .....	4
1.6. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Pasir .....	5
2.1.1. Pengertian Pasir .....	5
2.1.2. Klasifikasi Pasir berdasarkan <i>Unified (U.S.C.S)</i> .....	6
2.1.3. Kepadatan Relatif Pasir .....	6
2.2. Lereng .....	7
2.2.1. Pengertian Lereng .....	7
2.2.2. Pemodelan Fisik Lereng .....	8
2.2.3. Tipe Keruntuhan Lereng .....	8
2.3. Geosintetik .....	9
2.3.1. Pengertian Geosintetik .....	9
2.3.2. Geogrid .....	10
2.3.2.1. Pengertian Geogrid .....	10
2.3.2.2. Jenis Geogrid .....	10
2.3.2.3. Karakteristik Geogrid sebagai Bahan Perkuatan .....	11
2.3.2.4. Panjang Penyaluran Geogrid .....	11
2.3.2.5. Jarak Antar Lapis Geogrid .....	12



2.3.2.6. Mekanisme Kerja Geogrid pada Tanah .....	13
2.3.2.7. Mekanisme Transfer Beban antara Geogrid dengan Tanah .....	14
2.4. Pondasi Dangkal.....	14
2.4.1. Tekanan Kontak .....	14
2.4.2. Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi pada Lereng .....	15
2.4.3. Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi pada Lereng dengan Perkuatan.....	15
2.5. Teori Daya Dukung Pondasi .....	16
2.5.1. Pengertian Daya Dukung Pondasi .....	16
2.5.2. Daya Dukung Pondasi Dangkal di Atas Lereng Tanpa Perkuatan.....	17
2.5.2.1. Solusi Meyerhoff .....	17
2.5.2.2. Solusi Hansen dan Vesic .....	19
2.5.2.3. Solusi Gempertine (1990).....	20
2.5.3. <i>Bearing Capacity Improvement (BCI)</i> .....	21
2.6. Pengaruh Kemiringan Sudut Lereng terhadap Daya Dukung Pondasi di Dekat Lereng .....	22
2.7. Pengaruh Lebar Pondasi terhadap Daya Dukung Pondasi di Dekat Lereng.....	23
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1. Waktu dan Tempat .....	25
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.3. Jumlah dan Perlakuan Benda Uji .....	28
3.4. Metode Penelitian.....	30
3.4.1. Pengujian Dasar .....	30
3.4.2. Persiapan Benda Uji .....	30
3.4.3. Model Test Lereng.....	31
3.4.4. Pengujian Pembebanan .....	32
3.5. Metode Analisis Data.....	34
3.6. Variasi Penelitian .....	37
3.7. Bagan Alir Tahapan Penelitian .....	39
<b>BAB IV PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
4.1. Analisis Bahan.....	41
4.1.1. Analisis Gradasi Butiran Tanah .....	42
4.1.2. Analisis <i>Spesific Grafity</i> .....	42
4.1.3. Analisis Kepadatan Tanah ( <i>Compaction</i> ).....	43

4.1.3.1. Uji Kepadatan Tanah Standar di Laboratorium (Standard <i>Proctor Test</i> ).....	43
4.1.3.2. Uji Kepadatan Tanah Model.....	43
4.1.4. Analisis Kuat Geser Langsung ( <i>Direct Shear</i> ).....	44
4.2. Pengujian Model Test.....	45
4.3. Hasil Pengujian Model Test .....	46
4.3.1. Lereng Tanpa Perkuatan .....	46
4.3.1.1. Hasil Pemeriksaan Kepadatan dan Kadar Air.....	46
4.3.2. Lereng dengan Perkuatan Geogrid .....	47
4.3.2.1. Hasil Pemeriksaan Kepadatan dan Kadar Air.....	48
4.4. Analisis Daya Dukung Tanah Pasir RC 85% .....	48
4.4.1. Lereng Tanpa Perkuatan .....	48
4.4.1.1. Metode Analitik .....	48
4.4.1.2. Metode Eksperimen .....	52
4.4.2. Lereng dengan Perkuatan Geogrid .....	53
4.5. Analisis Penurunan Tanah Pasir RC 85% .....	54
4.5.1. Lereng Tanpa Perkuatan .....	54
4.5.1.1. Penurunan Tanah pada Variasi Kemiringan Lereng ( $\alpha$ ) terhadap Lebar Pondasi (B) .....	59
4.5.1.2. Penurunan Tanah Pada Variasi Lebar Pondasi (B) terhadap Kemiringan Lereng ( $\alpha$ ).....	61
4.5.2. Lereng dengan Perkuatan Geogrid .....	63
4.5.2.1. Penurunan Tanah pada Variasi Kemiringan Lereng ( $\alpha$ ) terhadap Lebar Pondasi (B) .....	68
4.5.2.2. Penurunan Tanah Pada Variasi Lebar Pondasi (B) terhadap Kemiringan Lereng ( $\alpha$ ) .....	70
4.6. Perbandingan Hubungan Daya Dukung dan Penurunan Lereng Tanpa Perkuatan dengan Menggunakan Perkuatan Geogrid.....	72
4.7. Perbandingan Daya Dukung Lereng dan Beban Runtuh dengan Variasi Sudut Kemiringan Lereng.....	78
4.8. Perbandingan Daya Dukung Lereng dan Beban Runtuh dengan Variasi Lebar Pondasi .....	80
4.9. Analisis <i>Bearing Capacity Improvement</i> (BCI) Berdasarkan Daya Dukung Ultimit .....	83

4.9.1. Perbandingan Nilai BCIu pada Variasi Sudut Kemiringan Lereng .....	83
4.9.2. Perbandingan Nilai BCIu pada Variasi Lebar Pondasi .....	84
4.10. Analisis Faktor $N_v$ Berdasarkan Daya Dukung Ultimit .....	85
4.10.1. Perbandingan Faktor $N_v$ pada Variasi Lebar Pondasi terhadap Sudut Kemiringan Lereng.....	85
4.10.2. Perbandingan Faktor $N_v$ pada Variasi Sudut Kemiringan Lereng terhadap Lebar Pondasi .....	86
4.11. Pengaruh Kemiringan Lereng dan Lebar Pondasi terhadap Nilai Daya Dukung.....	87
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>89</b>
5.1. Kesimpulan .....	89
5.2. Saran .....	89
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



**DAFTAR TABEL**

No.	Judul	Halaman
<b>Tabel 2.1</b>	Sistem Klasifikasi <i>Unified</i> untuk Pasir .....	6
<b>Tabel 2.2</b>	Pengaruh panjang perkuatan geogrid terhadap daya dukung pondasi pada lereng pasir .....	12
<b>Tabel 3.1.</b>	Daya Dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan $d=B$ .....	34
<b>Tabel 3.2.</b>	Daya Dukung dan penurunan lereng dengan variasi lebar pondasi dengan $d=B$ .....	35
<b>Tabel 3.3.</b>	Daya dukung dan penurunan lereng dengan variasi sudut kemiringan lereng dengan $d=B$ .....	35
<b>Tabel 3.4.</b>	<i>Bearing Capacity Improvement (BCI)</i> untuk variasi lebar pondasi dengan $d=B$ .....	36
<b>Tabel 3.5.</b>	<i>Bearing Capacity Improvement (BCI)</i> untuk variasi sudut kemiringan lereng dengan $d=B$ .....	36
<b>Tabel 4.1</b>	<i>Specific gravity</i> tanah rata-rata .....	43
<b>Tabel 4.2</b>	Nilai kadar air dan berat isi kering tanah lereng tanpa perkuatan .....	47
<b>Tabel 4.3</b>	Nilai kadar air dan berat isi kering tanah lereng dengan perkuatan.....	48
<b>Tabel 4.4</b>	Nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan .....	49
<b>Tabel 4.5</b>	Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan dengan variasi kemiringan lereng ( $\alpha$ ) .....	52
<b>Tabel 4.6</b>	Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan dengan variasi lebar pondasi (B).....	53
<b>Tabel 4.7</b>	Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen untuk lereng dengan perkuatan dengan variasi kemiringan lereng ( $\alpha$ ) .....	53
<b>Tabel 4.8</b>	Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen untuk lereng dengan perkuatan dengan variasi lebar pondasi (B).....	54
<b>Tabel 4.9</b>	Perbandingan Nilai Daya Dukung Lereng dan Beban Runtuh dengan Variasi Sudut Kemiringan Lereng ( $\alpha$ ).....	78
<b>Tabel 4.10</b>	Perbandingan Nilai Daya Dukung Lereng dan Beban Runtuh dengan Variasi Lebar Pondasi (B).....	80
<b>Tabel 4.11</b>	Nilai BCIu untuk variasi sudut kemiringan lereng ( $\alpha$ ) .....	83



<b>Tabel 4.12</b> Nilai BCIu untuk variasi lebar pondasi (B).....	84
<b>Tabel 4.13</b> Nilai Faktor $N_\gamma$ untuk setiap variasi lebar pondasi .....	85
<b>Tabel 4.14</b> Nilai Faktor $N_\gamma$ untuk setiap variasi sudut kemiringan.....	86
<b>Tabel 4.15</b> Hasil Peningkatan Daya Dukung Lereng .....	87



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
<b>Gambar 2.1</b>	Rentang ukuran partikel .....	5
<b>Gambar 2.2</b>	Kelongsoran lereng .....	7
<b>Gambar 2.3</b>	Tipe-tipe keruntuhan lereng .....	9
<b>Gambar 2.4</b>	Jenis geogrid : (a) Uniaksial; (b) Biaksial.....	11
<b>Gambar 2.5</b>	Pengaruh rasio spasi vertikal (h/B) pada daya dukung pondasi.....	13
<b>Gambar 2.6</b>	Dasar Mekanisme Perkuatan Lereng Tanah dengan Geosintetik .....	14
<b>Gambar 2.7</b>	(a) Uji geser langsung (b) Uji Cabut.....	14
<b>Gambar 2.8</b>	Pondasi dangkal diatas lereng .....	15
<b>Gambar 2.9</b>	Titik Plastis lereng : (a) Lereng tanpa perkuatan ; (b) Lereng dengan perkuatan L=B ; (c) Lereng dengan perkuatan L = 2B .....	16
<b>Gambar 2.10</b>	Pondasi menerus diatas lereng .....	17
<b>Gambar 2.11</b>	Nilai $N_{cq}$ meyerhof untuk taanah kohesif .....	18
<b>Gambar 2.12</b>	Nilai $N_{\gamma q}$ untuk tanah granular.....	19
<b>Gambar 2.13</b>	Perbandingan daya dukung dan penurunan pada tanah dan lereng $30^\circ$ .....	22
<b>Gambar 2.14</b>	Perbandingan daya dukung dan penurunan pada lereng $40^\circ$ dengan metode eksperimen dan analisis FE.....	22
<b>Gambar 2.15</b>	Kurva faktor $N_{\gamma q}$ terhadap sudut kemiringan lereng menurut penelitian Graham, Andrews, dan Shield (1987).....	23
<b>Gambar 2.16</b>	Peningkatan beban pada tanah lereng dengan variasi lebar pondasi.....	24
<b>Gambar 3.1</b>	Peralatan analisis saringan .....	26
<b>Gambar 3.2.</b>	Peralatan analisis berat jenis tanah.....	26
<b>Gambar 3.3.</b>	Peralatan uji Geser langsung .....	27
<b>Gambar 3.4.</b>	Peralatan pemadatan.....	27
<b>Gambar 3.5.</b>	Peralatan Uji Pembebanan .....	27
<b>Gambar 3.6.</b>	Model Test Lereng Percobaan Tanpa Perkuatan .....	28



<b>Gambar 3.7.</b> Model Test Lereng Percobaan dengan Perkuatan Geogrid .....	28
<b>Gambar 3.8.</b> Model Box Penelitian .....	31
<b>Gambar 3.9.</b> Contoh Susunan Pembebanan.....	33
<b>Gambar 3.10.</b> Bagan alir percobaan .....	37
<b>Gambar 4.1</b> Spesifikasi Geogrid.....	41
<b>Gambar 4.2</b> Grafik hasil pembagian ukuran butiran tanah.....	42
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Uji Kepadatan Standar.....	43
<b>Gambar 4.4.</b> (a) Grafik Hubungan Antara Tegangan Normal dan Tegangan Geser (b) Grafik Hubungan antara Regangan Geser dan Tegangan Geser .....	44
<b>Gambar 4.5</b> Pemodelan Lereng Tanpa Perkuatan dengan Variasi B = 4cm;6cm;8cm dan Variasi $\alpha = 46^\circ;51^\circ;56^\circ$ .....	46
<b>Gambar 4.6</b> Pemodelan Lereng Dengan Perkuatan dengan Variasi B = 4cm;6cm;8cm dan Variasi $\alpha = 46^\circ;51^\circ;56^\circ$ .....	47
<b>Gambar 4.7</b> Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi B = 4cm dan $\alpha = 46^\circ$ .....	49
<b>Gambar 4.8</b> Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi B = 4cm dan $\alpha = 51^\circ$ .....	49
<b>Gambar 4.9</b> Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi B = 4cm dan $\alpha = 56^\circ$ .....	50
<b>Gambar 4.10</b> Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi B = 6cm dan $\alpha = 46^\circ$ .....	50
<b>Gambar 4.11</b> Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi B = 6cm dan $\alpha = 51^\circ$ .....	50
<b>Gambar 4.12</b> Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi B = 6cm dan $\alpha = 56^\circ$ .....	51
<b>Gambar 4.13</b> Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi B = 8cm dan $\alpha = 46^\circ$ .....	51
<b>Gambar 4.14</b> Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi B = 8cm dan $\alpha = 51^\circ$ .....	51





<b>Gambar 4.15</b> Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi $B = 8\text{cm}$ dan $\alpha = 56^\circ$ .....	52
<b>Gambar 4.16</b> Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan $B = 4\text{cm}$ dan $\alpha = 46^\circ$ .....	55
<b>Gambar 4.17</b> Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan $B = 6\text{cm}$ dan $\alpha = 46^\circ$ .....	55
<b>Gambar 4.18</b> Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan $B = 8\text{cm}$ dan $\alpha = 46^\circ$ .....	56
<b>Gambar 4.19</b> Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan $B = 4\text{cm}$ dan $\alpha = 51^\circ$ .....	56
<b>Gambar 4.20</b> Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan $B = 6\text{cm}$ dan $\alpha = 51^\circ$ .....	57
<b>Gambar 4.21</b> Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan $B = 8\text{cm}$ dan $\alpha = 51^\circ$ .....	57
<b>Gambar 4.22</b> Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan $B = 4\text{cm}$ dan $\alpha = 56^\circ$ .....	58
<b>Gambar 4.23</b> Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan $B = 6\text{cm}$ dan $\alpha = 56^\circ$ .....	58
<b>Gambar 4.24</b> Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan $B = 8\text{cm}$ dan $\alpha = 56^\circ$ .....	59
<b>Gambar 4.25</b> Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan $B = 4\text{cm}$ pada variasi kemiringan sudut ( $46^\circ$ ; $51^\circ$ ; $56^\circ$ ).....	60
<b>Gambar 4.26</b> Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan $B = 6\text{cm}$ pada variasi kemiringan sudut ( $46^\circ$ ; $51^\circ$ ; $56^\circ$ ).....	60
<b>Gambar 4.27</b> Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan $B = 8\text{cm}$ pada variasi kemiringan sudut ( $46^\circ$ ; $51^\circ$ ; $56^\circ$ ).....	61



**Gambar 4.28** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $\alpha = 46^\circ$  pada variasi lebar pondasi (4cm;6cm;8cm).....62

**Gambar 4.29** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $\alpha = 51^\circ$  pada variasi lebar pondasi (4cm;6cm;8cm).....62

**Gambar 4.30** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $\alpha = 56^\circ$  pada variasi lebar pondasi (4cm;6cm;8cm).....63

**Gambar 4.31** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 4\text{cm}$  dan  $\alpha = 46^\circ$  .....63

**Gambar 4.32** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 6\text{cm}$  dan  $\alpha = 46^\circ$  .....64

**Gambar 4.33** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 8\text{cm}$  dan  $\alpha = 46^\circ$  .....64

**Gambar 4.34** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 4\text{cm}$  dan  $\alpha = 51^\circ$  .....65

**Gambar 4.35** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 6\text{cm}$  dan  $\alpha = 51^\circ$  .....65

**Gambar 4.36** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 8\text{cm}$  dan  $\alpha = 51^\circ$  .....66

**Gambar 4.37** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 4\text{cm}$  dan  $\alpha = 56^\circ$  .....66

**Gambar 4.38** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 6\text{cm}$  dan  $\alpha = 56^\circ$  .....67

**Gambar 4.39** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 8\text{cm}$  dan  $\alpha = 56^\circ$  .....67

**Gambar 4.40** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 4\text{cm}$  pada variasi kemiringan sudut ( $46^\circ$ ;  $51^\circ$ ;  $56^\circ$ ) .....68

**Gambar 4.41** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 6\text{cm}$  pada variasi kemiringan sudut ( $46^\circ$ ;  $51^\circ$ ;  $56^\circ$ ) .....69



**Gambar 4.42** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 8\text{cm}$  pada variasi kemiringan sudut ( $46^\circ$ ;  $51^\circ$ ;  $56^\circ$ ). 69

**Gambar 4.43** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $\alpha = 46^\circ$  pada variasi lebar pondasi (4cm;6cm;8cm) ..... 70

**Gambar 4.44** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $\alpha = 51^\circ$  pada variasi lebar pondasi (4cm;6cm;8cm) ..... 71

**Gambar 4.45** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $\alpha = 56^\circ$  pada variasi lebar pondasi (4cm;6cm;8cm) ..... 71

**Gambar 4.46** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan tanah pada lereng perkuatan dan tanpa perkuatan dengan lebar pondasi 4 cm dan kemiringan lereng  $46^\circ$  ..  
..... 72

**Gambar 4.47** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan tanah pada lereng perkuatan dan tanpa perkuatan dengan lebar pondasi 4 cm dan kemiringan lereng  $51^\circ$  ..  
..... 73

**Gambar 4.48** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan tanah pada lereng perkuatan dan tanpa perkuatan dengan lebar pondasi 4 cm dan kemiringan lereng  $56^\circ$  ..  
..... 73

**Gambar 4.49** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan tanah pada lereng perkuatan dan tanpa perkuatan dengan lebar pondasi 6 cm dan kemiringan lereng  $46^\circ$  ..  
..... 74

**Gambar 4.50** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan tanah pada lereng perkuatan dan tanpa perkuatan dengan lebar pondasi 6 cm dan kemiringan lereng  $51^\circ$  ..  
..... 75

**Gambar 4.51** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan tanah pada lereng perkuatan dan tanpa perkuatan dengan lebar pondasi 6 cm dan kemiringan lereng  $56^\circ$  ..  
..... 75

**Gambar 4.52** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan tanah pada lereng perkuatan dan tanpa perkuatan dengan lebar pondasi 8 cm dan kemiringan lereng  $46^\circ$  ..  
..... 76

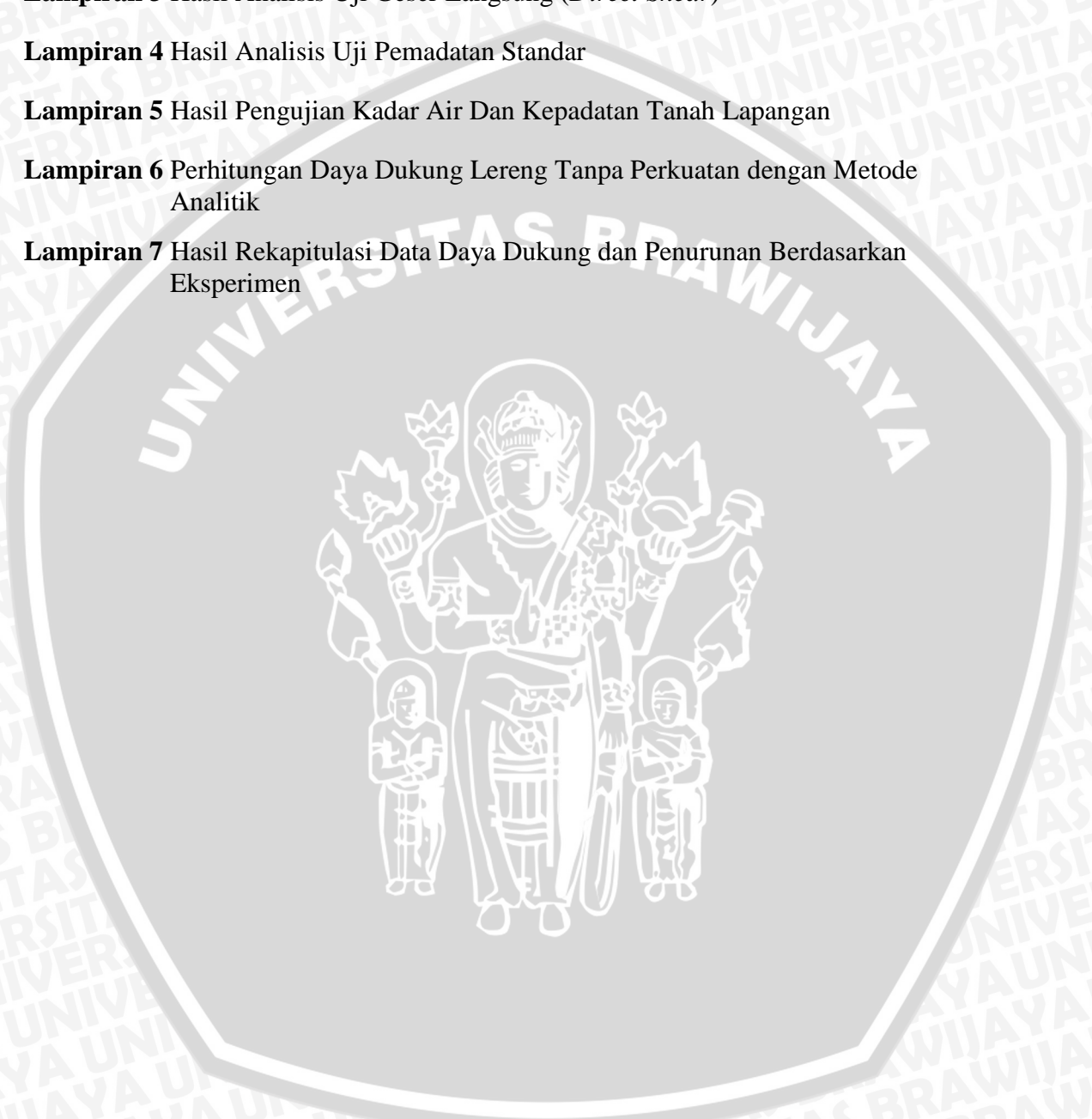


<b>Gambar 4.53</b> Grafik hubungan daya dukung dan penurunan tanah pada lereng perkuatan dan tanpa perkuatan dengan lebar pondasi 8 cm dan kemiringan lereng 51° .....	77
<b>Gambar 4.54</b> Grafik hubungan daya dukung dan penurunan tanah pada lereng perkuatan dan tanpa perkuatan dengan lebar pondasi 8 cm dan kemiringan lereng 56° .....	77
<b>Gambar 4.55</b> Grafik perbandingan nilai daya dukung lereng tanpa perkuatan dengan variasi sudut kemiringan lereng.....	78
<b>Gambar 4.56</b> Grafik perbandingan nilai daya dukung lereng menggunakan perkuatan geogrid dengan variasi sudut kemiringan lereng .....	79
<b>Gambar 4.57</b> Grafik perbandingan nilai beban runtuh lereng tanpa perkuatan dengan variasi sudut kemiringan lereng.....	79
<b>Gambar 4.58</b> Grafik perbandingan nilai beban runtuh lereng menggunakan perkuatan geogrid dengan variasi sudut kemiringan lereng.....	80
<b>Gambar 4.59</b> Grafik perbandingan nilai daya dukung lereng tanpa perkuatan dengan variasi lebar pondasi .....	81
<b>Gambar 4.60</b> Grafik perbandingan nilai daya dukung lereng menggunakan perkuatan geogrid dengan variasi lebar pondasi .....	81
<b>Gambar 4.61</b> Grafik perbandingan nilai beban runtuh lereng tanpa perkuatan dengan variasi lebar pondasi .....	82
<b>Gambar 4.62</b> Grafik perbandingan nilai beban runtuh lereng menggunakan perkuatan geogrid dengan variasi lebar pondasi .....	82
<b>Gambar 4.63</b> Grafik perbandingan peningkatan BCIu untuk variasi sudut kemiringan lereng .....	83
<b>Gambar 4.64</b> Grafik perbandingan peningkatan BCIu untuk variasi lebar pondasi.....	84
<b>Gambar 4.65</b> Grafik Perbandingan Nilai Faktor $N_\gamma$ antara lereng dengan perkuatan pada variasi lebar pondasi terhadap sudut kemiringan lereng .....	85
<b>Gambar 4.66</b> Grafik Perbandingan Nilai Faktor $N_\gamma$ antara lereng dengan perkuatan pada variasi sudut kemiringan lereng terhadap lebar pondasi .....	86



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Hasil Analisis Gradasi Butiran Tanah
- Lampiran 2** Hasil Analisis *Specific Gravity* Tanah
- Lampiran 3** Hasil Analisis Uji Geser Langsung (*Direct Shear*)
- Lampiran 4** Hasil Analisis Uji Pemadatan Standar
- Lampiran 5** Hasil Pengujian Kadar Air Dan Kepadatan Tanah Lapangan
- Lampiran 6** Perhitungan Daya Dukung Lereng Tanpa Perkuatan dengan Metode Analitik
- Lampiran 7** Hasil Rekapitulasi Data Daya Dukung dan Penurunan Berdasarkan Eksperimen



## DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan	Simbol
Kemiringan Lereng	°	$\alpha$
Lebar Pondasi	cm	B
Jarak dari tepi lereng	cm	d
Jumlah Lapis Geogrid	-	n
Panjang Pondasi	cm	L
Jarak antar Geogrid	cm	sv
Penurunan	cm, mm	s
Daya Dukung	kN/m <sup>2</sup>	q
Beban	kg	P
Sudut geser dalam tanah	°	$\phi$
Berat Isi	gr/cm <sup>3</sup>	$\gamma$



## RINGKASAN

**Atika Nikmatul Ulya**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, April 2016, *Pengaruh Sudut Kemiringan Lereng dan Lebar Pondasi Menerus dengan  $d/B=1$  terhadap Daya Dukung Pondasi dengan RC Pasir 85% Menggunakan Geogrid*, Dosen Pembimbing : As'ad Munawir dan Yulvi Zaika

---

Perkembangan pembangunan yang meningkat mengakibatkan kebutuhan akan lahan ikut turut meningkat sehingga ketersediaan lahan pembangunan semakin berkurang. Pembangunan pada lahan dengan kondisi tanah yang memiliki kemiringan tertentu (lereng) pun tidak dapat dihindari. Resiko terhadap bahaya longsor bagi pembangunan diatas tanah lereng sangat tinggi dan untuk menghindari bahaya tersebut, tanah lereng harus memiliki kekuatan yang cukup serta daya dukung pondasi yang cukup pula untuk menahan beban diatasnya. Salah satu metode perkuatan tanah yang dapat dilakukan pada lereng adalah dengan pemasangan material geogrid pada lapisan lereng. Oleh sebab itu, dilakukan sebuah penelitian guna memperoleh parameter kemiringan lereng dan lebar pondasi yang dapat menghasilkan daya dukung paling optimum pada sebuah lereng dengan tipe perkuatan geogrid, sehingga resiko kelongsoran dapat diminimalisir.

Pada penelitian ini dilakukan uji model fisik lereng dengan perkuatan geogrid. Variasi yang diterapkan pada sampel lereng berupa sudut kemiringan lereng dan lebar pondasi. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya pengaruh terhadap daya dukung pada lereng dengan perkuatan geogrid dibandingkan dengan daya dukung pada lereng tanpa perkuatan. Tahap awal pembuatan lereng adalah dengan membuat tujuh lapisan pasir sesuai dengan kepadatan yang direncanakan yaitu 85%. Pemadatan pada tiap lapisan menggunakan silinder beton dengan acuan kontrol volume yang sudah direncanakan sebelumnya. Tinggi tiap lapisan setelah dipadatkan sebesar 10 cm. Setelah semua lapisan pasir dipadatkan, kemudian dipotong sesuai dengan sudut kemiringan lereng yang akan diteliti. Pondasi diletakkan diatas lereng sesuai dengan variasi lebar pondasi yang akan diteliti. Pembebanan diterapkan menggunakan dongkrak hidrolik. Pembacaan beban dan penurunan pondasi dilihat melalui alat load cell dan LVDT. Pembacaan beban dan penurunan dilakukan tiap kenaikan 5 kg beban sampai lereng mengalami keruntuhan.

Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa pemberian perkuatan geogrid pada lereng memberikan nilai rasio peningkatan daya dukung pondasi diatas lereng. Rasio tersebut berbeda-beda bergantung pada variasi yang diterapkan pada model lereng. Berdasarkan penelitian ini, semakin kecil kemiringan lereng maka daya dukung yang diperoleh semakin besar. Sedangkan semakin besar lebar pondasi maka daya dukung yang diperoleh semakin kecil. Dari hasil analisis BCIu menunjukkan rasio peningkatan daya dukung terbesar terletak pada sudut kemiringan  $46^\circ$  dan lebar pondasi 4 cm.

**Kata kunci** : daya dukung pondasi, lereng tanah pasir, perkuatan geogrid, sudut kemiringan lereng, lebar pondasi.

## SUMMARY

**Atika Nikmatul Ulya**, Department of Civil Engineering, Fakultas of Engineering, University of Brawijaya, April 2016, *The Effect of Slope Angles and Strip Footing Width with  $d/B=1$  on Footing Bearing Capacity of Geogrid-Reinforced sand slope with 85% Relative Compaction*, Academic Supervisor : As'ad Munawir and Yulvi Zaika

---

The development increased resulted the need for land increase too so the availability of land development is diminishing. Construction on land with soil conditions that have a fixed inclination (slope) can not be avoided. Risks of landslide on land slope is very high and to avoid it, the land slope must have sufficient strength and bearing capacity that can withstand the load. One of soil reinforcement methods that can be performed on the slopes is to install geogrid material in the lining of the slopes. Therefore, conducted a study in order to obtain the parameters of slope and width of the footing that can produce the most optimum bearing capacity on a slope with the type of geogrid reinforcement, so that the risks of landslope can be reduce.

In this research, physical model test slope with geogrid reinforcement. Variations were applied to the sample in the form of a slope angle of the slope and width of the footing. The main objective of this study was to determine the effect on the bearing capacity on slopes with geogrid reinforcement as compared with the bearing capacity on a slope without reinforcement. The early stages of the slopes is to make the seven layers of sand in accordance with the planned density of 85%. Compacting each layer using concrete cylinders with reference to the volume control which is already planned. Height of each layer after solidified by 10 cm. After all the layers of compacted sand, then cut according to the angle of slope to be studied. The foundation is laid on a slope in accordance with the variation of the width of the footing to be studied. Imposition is applied using a hydraulic jack. The reading of the load and decrease the footing viewed through the tool load cell and LVDT. The reading of the load and decreased done every increase of 5 kg load up the slope collapse.

From the results of this study showed that install of geogrid reinforcement on the slope value leverage ratio of the bearing capacity of the footing on the slopes. The ratio varies depending on the variation of the slope on which the model. Based on this research, the smaller angle of the slope, the bearing capacity obtained the greater. While the greater width of the footing bearing capacity obtained is getting smaller. From the analysis BCIu shows the ratio of the biggest increase in the bearing capacity is in the angle of  $46^\circ$  and a width of footing 4 cm.

**Keywords:** bearing capacity, sand slope, geogrid reinforcement, slope angles, footing width.



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan pembangunan di Indonesia semakin meningkat pesat mengakibatkan kebutuhan akan lahan untuk melakukan pembangunan pun ikut turut meningkat. Permasalahan yang muncul akibat pesatnya perkembangan pembangunan ini adalah keberadaan lahan pembangunan yang semakin berkurang dan menipis. Pembangunan pada lahan dengan kondisi tanah yang memiliki kemiringan tertentu (lereng) pun tidak dapat dihindari.

Resiko terhadap bahaya longsor bagi pembangunan di atas tanah lereng sangat tinggi dan untuk menghindari bahaya tersebut, tanah lereng harus memiliki kekuatan yang cukup serta daya dukung pondasi yang cukup pula untuk menahan beban di atasnya. Menurut 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.

Dalam lingkup geoteknik, kelongsoran yang terjadi pada lereng merupakan satu permasalahan utama dimana penyebabnya adalah kecilnya kuat geser tanah ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) yang merupakan faktor utama penentu stabilitas pada lereng. Oleh karena itu, upaya perbaikan tanah perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya kelongsoran pada lereng tersebut. Salah satu upaya perbaikan tanah pada lereng yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan metode perkuatan tanah.

Salah satu metode perkuatan tanah yang dapat dilakukan pada lereng adalah melakukan pemasangan material geosintetik seperti geotextile dan geogrid pada lapisan lereng. Penggunaan material geosintetik ini sudah semakin luas karena biaya yang dibutuhkannya pun relatif ekonomis. Dalam penelitian ini, penulis akan menggunakan geogrid sebagai material yang dipasang pada lapisan lereng yang akan diperkuat.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ditha Permata (2015) tentang pemodelan fisik lereng dengan RC 74% menggunakan perkuatan geogrid, bagaimana pengaruh sudut kemiringan lereng dan lebar pondasi menerus terhadap daya dukung tanah dan kestabilan lereng. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut adalah bahwa kondisi

peningkatan daya dukung ultimit yang paling ultimit berada pada sudut kemiringan  $46^\circ$  dengan lebar pondasi sebesar 4 cm.

Hal tersebut diatas lah yang membuat penulis tertarik untuk mengangkat tema mengenai perkuatan tanah dengan menggunakan geogrid pada tanah lereng dengan kadar air dan kepadatan relative yang lebih rendah yaitu RC 85%. Oleh karena itu, penulis mengambil judul, **“Pengaruh sudut kemiringan lereng dan lebar pondasi menerus dengan  $d/B=1$  terhadap daya dukung pondasi dengan RC pasir 85% menggunakan geogrid”**.

### 1.2. Identifikasi Masalah

Adanya analisa dan pengidentifikasian secara lanjut dan detail mengingat banyaknya kelongsoran tanah lereng yang terjadi dewasa ini sangatlah perlu. Oleh karena itu, berikut ini adalah identifikasi masalah yang dapat diambil.

1. Pemberian variasi kemiringan sudut lereng ( $46^\circ$ ,  $51^\circ$ ,  $56^\circ$ ) pada pemodelan fisik lereng untuk mengetahui pada kondisi kemiringan sudut berapa daya dukung pondasi berada dalam keadaan optimal.
2. Pemberian variasi dimensi lebar pondasi (4cm, 6cm, 8cm) pada pemodelan fisik lereng untuk mengetahui pada kondisi kemiringan sudut berapa daya dukung pondasi berada dalam keadaan optimal.
3. Menghubungkan korelasi antara variasi kemiringan sudut lereng dan lebar pondasi yang paling optimal untuk memperoleh kondisi daya dukung yang paling optimum.

### 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 kemiringan sudut lereng dan lebar pondasi pada rasio  $d/B=1$ ?
2. Bagaimana daya dukung yang terjadi pada lereng tanah pasir akibat pengaruh adanya variasi kemiringan sudut lereng pada rasio  $d/B=1$ ?
3. Bagaimana daya dukung yang terjadi pada lereng tanah pasir akibat pengaruh adanya variasi lebar pondasi pada rasio  $d/B=1$ ?

4. Berapa kemiringan sudut lereng dan lebar pondasi yang optimum untuk daya dukung tanah pondasi menerus pada lereng tanah pasir yang diperkuat menggunakan geogrid?

#### 1.4. Batasan Masalah

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

1. Penelitian dilakukan pada suhu kamar yaitu  $25^{\circ}\text{C}$ .
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  $46^{\circ}$ ,  $51^{\circ}$ ,  $56^{\circ}$ .
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. Pengidentifikasian daya dukung menggunakan jenis pondasi dangkal yaitu pondasi yang dianggap menerus dengan jarak pondasi ke tepi lereng ( $d$ ) dengan lebar pondasi ( $B$ ) adalah 1 dan lebar pondasi dengan variasi  $B=4$  cm,  $B=6$  cm, dan  $B=8$  cm.
9. Penempatan beban hanya dilakukan pada satu posisi dan merupakan beban merata arah vertikal tanpa sudut inklinasi.
10. Jumlah lapisan geogrid yang digunakan dalam pemodelan fisik lereng yaitu dua lapis perkuatan.
11. Jarak antar geogrid yang digunakan dalam pemodelan fisik lereng tanah pasir adalah  $S_v = 3$  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 (respon) pada lereng pasir tanpa perkuatan dengan lereng pasir yang diberi perkuatan geogrid dengan variasi kemiringan sudut lereng dan lebar pondasi, pada rasio  $d/B=1$ .
2. Untuk mengetahui pengaruh adanya variasi kemiringan sudut lereng terhadap daya dukung pada lereng tanah pasir dengan perkuatan geogrid, pada rasio  $d/B=1$ .
3. Untuk mengetahui pengaruh adanya variasi lebar pondasi terhadap daya dukung pada lereng tanah pasir dengan perkuatan geogrid, pada rasio  $d/B=1$ .
4. Untuk mengetahui kemiringan sudut lereng dan lebar pondasi yang optimum untuk daya dukung tanah pondasi menerus pada lereng tanah pasir yang diperkuat menggunakan geogrid.

### 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

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

Rentang ukuran partikel ditunjukkan pada **Gambar 2.1** berikut :



**Gambar 2.1** Rentang ukuran partikel.  
Sumber : Craig, R F (1989:5)

Tanah pasir merupakan tanah yang memiliki butiran tanah yang terpisah ketika keadaan kering dan melekat hanya apabila berada dalam keadaan basah akibat gaya tarik permukaan di dalam air. Tanah pasir merupakan tanah non-koheusif yang tidak memiliki garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air. Tetapi dalam beberapa kondisi tertentu, tanah non-koheusif dengan kadar air cukup tinggi dapat bersifat sebagai suatu cairan kental. Tarikan permukaan memberikan tanah non-koheusif suatu kohesi semu (*apparent cohesion*) yang disebut demikian karena kohesi tersebut akan hilang apabila tanah itu benar-benar kering atau benar-benar jatuh. (Bowles, 1993:38).

Pasir adalah partikel-partikel batuan yang lolos saringan no. 4 (4,75 mm) dan tinggal dalam saringan no. 200 (0,075 mm), dengan pembagian sebagai berikut:

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

2. Pasir medium : butirannya lolos saringan no. 10 (2 mm) dan tertahan dalam saringan no. 40 (0,425 mm).
3. Pasir halus : butirannya lolos saringan no. 40 (0,425 mm) dan tertahan dalam saringan no. 200 (0,075 mm) (Hardiyatmo, H.C., 2011:2).

### 2.1.2 Klasifikasi Pasir berdasarkan *Unified* (U.S.C.S)

Sistem klasifikasi tanah *Unified* dikembangkan di Amerika Serikat dan awalnya diusulkan oleh A. Casagrande pada tahun 1948 dan kemudian direvisi pada tahun 1952 oleh *Corps of Engineers* dan *U.S Bureau of Reclamation*. Dalam bentuknya yang sekarang, sistem ini banyak digunakan oleh berbagai organisasi dan insinyur geoteknik. Pada awalnya terdapat dua divisi utama dalam sistem ini. Tanah diklasifikasikan sebagai tanah kasar (kerikil dan pasir) jika lebih dari 50% tertahan pada saringan no. 200 dan sebagai tanah berbutir halus (lanau dan lempung) jika 50% atau lebih lolos saringan no. 200. Klasifikasi *Unified* (U.S.C.S) untuk tanah pasir ditunjukkan pada **Tabel 2.1** berikut.

**Tabel 2.1** Sistem Klasifikasi *Unified* untuk Pasir

Divisi utama	Simbol kelompok	Nama umum	Kriteria klasifikasi
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butir tertahan pada ayakan No. 200 <sup>+</sup> Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No. 4 Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan pada ayakan No. 4	Kerikil berbutir kasar (banyak kerikil)	GW	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3. Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW
		GP	
	Kerikil dengan butir halus	GM	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda
		GC	
	Pasir berbutir halus	SW	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
		SP	
		SM	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda
		SC	
			Batas-batas atterberg di atas garis A dengan $PI > 7$

### 2.1.3 Keapatan Relatif Pasir

Keapatan relative (*relative compaction*) atau persentase keapatan tertentu dispesifikasikan sebagai nilai banding dari berat volume kering di pemodelan atau dilapangan dengan berat volume kering maksimum di laboratorium menurut percobaan standar, seperti percobaan standar proctor atau modifikasi proctor. Persamaan untuk Keapatan relative dapat dilihat pada **Persamaan (2-1)**.

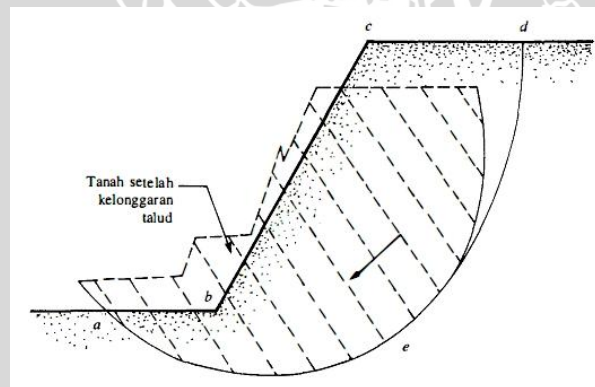
$$RC = \frac{\rho_d - \rho_{d-field}}{\rho_d - \rho_{d-laboratory}} \times 100\% \quad (2-1)$$

Perlu diingat bahwa memadatkan tanah pada sisi basah optimum akan menghasilkan kuat geser tanah yang lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar air pada sisi kering optimum, Oleh karena itu, selain nilai persentase kepadatan, rentang kadar air tanah pada tanah yang akan dipadatkan juga perlu diperhatikan.

## 2.2 Lereng

### 2.2.1 Pengertian Lereng

Suatu permukaan tanah yang miring dengan sudut tertentu terhadap bidang horizontal kita namakan sebagai lereng. Lereng ini 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 2.2**. Bila komponen berat tanah tersebut cukup besar, kelongsoran lereng dapat terjadi, yaitu tanah dalam zona *a b c d e a* dapat menggelincir kebawah. Dengan kata lain, gaya dorong (*driving force*) melampaui gaya berlawanan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor.



**Gambar 2.2** Kelongsoran Lereng.  
Sumber : Braja M. Das (1995:166)

Menurut Cristady (1994) lereng tak terbatas merupakan kondisi di mana tanah yang mempunyai kedalaman tertentu dengan permukaan miring, terletak di atas lapisan batu dengan kemiringan permukaan yang sama. Disebut tak terbatas karena mempunyai panjang yang sangat besar dibanding kedalamannya. Jika diambil elemen tanah dengan lebar tertentu, gaya-gaya yang bekerja pada duabidang vertikalnya akan sama karena pada

lereng tak terbatas gaya-gaya yang bekerja di setiap sisi bidangnya dapat dianggap sama. Sifat-sifat tanah dan tegangan lereng tak terbatas pada salah satu bidang yang sejajar dengan lereng adalah sama maka kelongsoran pada lereng tak terbatas biasanya terletak dalam satu bidang yang sejajar dengan bidang lereng (Sunggono, 1984). Lereng dapat digolongkan dalam dua tipe yaitu lereng tak terbatas dan lereng terbatas (Sunggono, 1984).

Lereng terbatas menurut Cristady (1994) merupakan kondisi di mana suatu timbunan terletak di atas tanah asli yang miring. Akibatnya timbunan akan longsor di sepanjang bidang gelincir. Contoh kondisi ini adalah jika tanah timbunan diletakkan pada tanah asli yang miring dimana pada lapisan tanah asli masih terdapat lapisan lemah yang berada didasar timbunannya.

### 2.2.2 Pemodelan Fisik Lereng

Seperti kebanyakan tipe lereng yang biasa kita temui di perbukitan atau didaerah dengan ketinggian tertentu, lereng yang sebenarnya merupakan suatu model fisik yang sangat besar jika harus digunakan sebagai variabel utama dalam penelitian. Oleh sebab itu sangat perlu dibuat pendekatan pemodelan suatu lereng yaitu model fisik hidraulik.

Model fisik hidraulik merupakan suatu bentuk miniatur atau pengecilan dari bentuk sebenarnya. Pengecilan ini bertujuan untuk memperkecil volume sampel penelitian, sehingga biaya akan lebih ekonomis dan pembatasan masalah juga tidak terlalu melebar.

### 2.2.3 Tipe Keruntuhan Lereng

Pengamatan longsor atau keruntuhan pada lereng yang dilakukan oleh Collin (1846) menunjukkan bahwa kebanyakan peristiwa kelongsoran tanah terjadi dengan bentuk bidang longsor yang berupa lengkungan. Menurut Giani (1992) semua bentuk gerakan tersebut, umumnya dipengaruhi oleh formasi geologi yaitu lapisan batuan dan pelapukan batuan dan tanah. Adapun jenis-jenis gerakan kelongsoran tanah yang biasanya terjadi (Gambar 2.3), yakni :

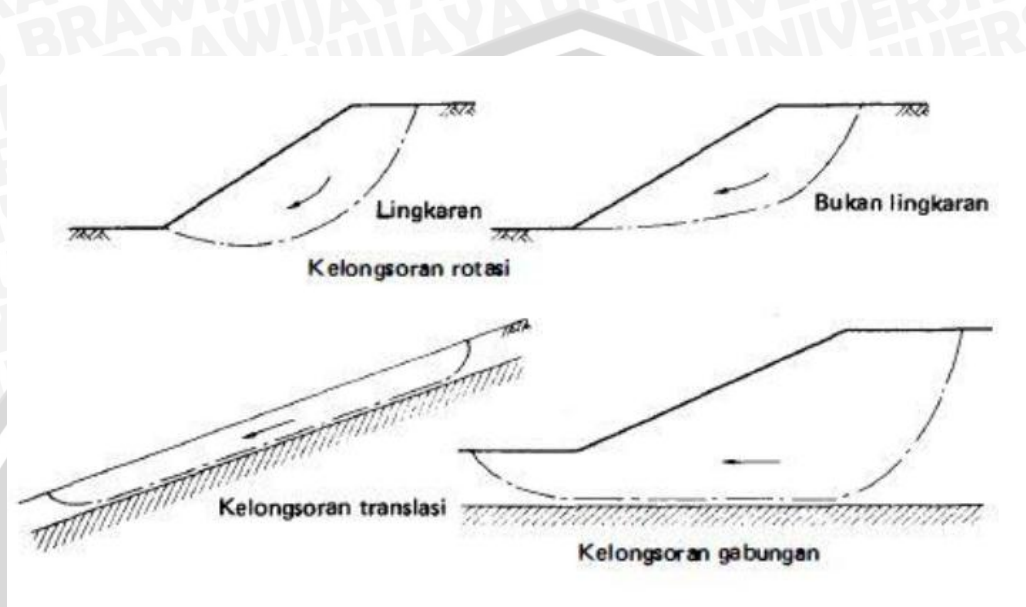
#### 1. Kelongsoran Translasi

Kelongsoran ini terjadi bila bentuk permukaan runtuh dipengaruhi oleh adanya kekuatan geser yang berbeda pada lapisan tanah yang berbatasan. Kelongsoran translasi cenderung terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang relative dangkal dibawah permukaan lereng, dimana permukaan runtuhnya akan berbentuk bidang dan hampir sejajar dengan lereng.



## 2. Kelongsoran Rotasi

Dalam kelongsoran rotasi bentuk permukaan runtuh pada potongannya dapat berupa busur lingkaran atau kurva bukan lingkaran. Biasanya tipe kelongsoran lingkaran ini berhubungan dengan kondisi tanah yang homogeny dan tipe kelongsoran kurva berhubungan dengan kondisi tanah yang tidak homogen.



Gambar 2.3 Tipe-tipe keruntuhan lereng.

## 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

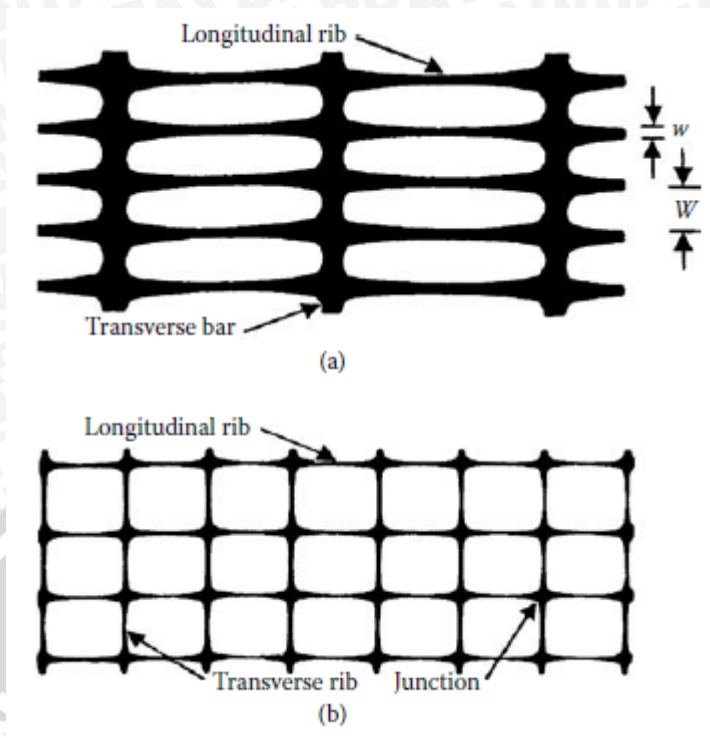
## 2.3.2 Geogrid

### 2.3.2.1 Pengertian Geogrid

Geogrid merupakan suatu contoh dari 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. Geogrid dibentuk oleh suatu jaring teratur dengan elemen-elemen tarik dan mempunyai bukaan berukuran tertentu sehingga saling mengunci (interlock) dengan bahan pengisi di sekelilingnya.

### 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 2.4**. 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 2.4** Jenis geogrid: (a) Uniaksial; (b) Biaksial.

Geogrid 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 yang baik persegi atau persegi panjang.

### 2.3.2.3 Karakteristik Geogrid sebagai Bahan Perkuatan

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.

### 2.3.2.4 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 2.2** terlihat bahwa semakin panjang perkuatan geogrid, maka semakin besar daya dukung pondasi yang dicapai.

**Tabel 2.2** Pengaruh panjang perkuatan geogrid terhadap daya dukung pondasi pada lereng pasir

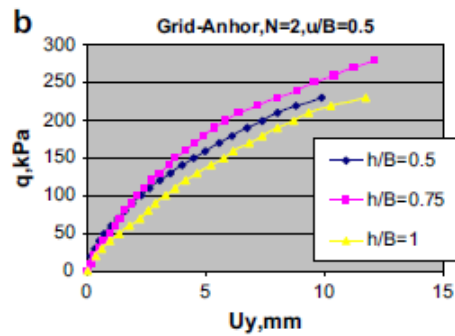
L/B	Ultimate bearing capacity, (kN/m <sup>2</sup> )		Increment (%)
	Reinforcement Below Footing	Unreinforced Slope	
1.	43	34	26
2.	110	34	224
3.	120	34	253

Sumber : S. V. Anil Kumar dan K Ilamparuthi (2009:624)

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. Pada penelitian ini, ketika kondisi  $L/B = 3$  panjang penyaluran dibagi menjadi tiga bagian, yaitu sebelum pondasi sepanjang lebar pondasi (B), dibawah pondasi sepanjang lebar pondasi (B), dan setelah pondasi sepanjang lebar pondasi (B). Sehingga dapat disimpulkan panjang penyaluran geogrid setelah bidang runtuh yang dipergunakan adalah sepanjang  $5B = 40$  cm.

### 2.3.2.5 Jarak Antar Lapis 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.



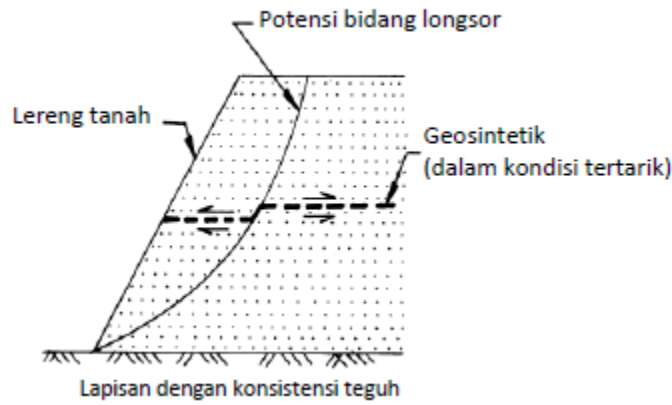
**Gambar 2.5** Pengaruh rasio spasi vertikal ( $h/B$ ) pada daya dukung pondasi.  
Sumber : Saeed Alamshahi dan Nader Hataf (2009:225)

Berdasarkan penelitian mereka, spasi vertikal maksimum yang diperoleh sebesar  $0,75B$ . Hal tersebut ditunjukkan pada trend grafik yang ditunjukkan pada **Gambar 2.5**. Pada garafik tersebut terlihat jelas bahwa pada rasio  $h/B = 0,75$ , nilai daya dukung adalah 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.

### 2.3.2.6 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  $70^\circ$ ).

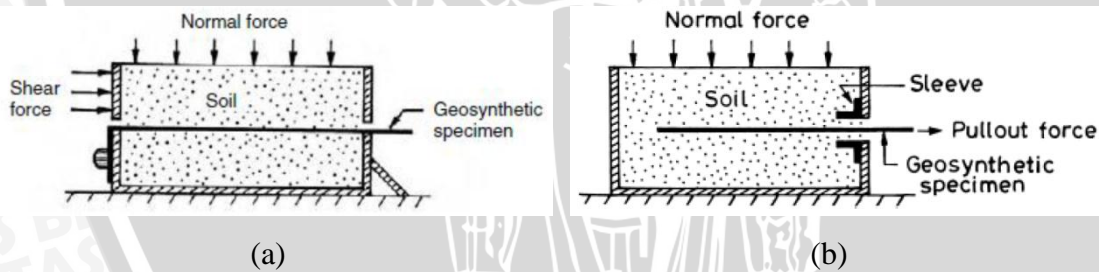
Lereng tanah yang diperkuat umumnya terdiri dari timbunan padat yang digabungkan dengan perkuatan geosintetik yang disusun kearah horisontal. Ketika tanah dan geosintetik digabungkan, material komposit (tanah yang diperkuat) tersebut menghasilkan kekuatan tekan dan tarik tinggi sehingga dapat menahan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



**Gambar 2.6** Dasar Mekanisme Perkuatan Lereng Tanah dengan Geosintetik .

**2.3.2.7 Interaksi antara Tanah dengan Geogrid**

Geogrid yang digunakan sebagai bahan perkuatan harus terjadi ikatan antara tanah dengan geogrid untuk mencegah tanah tergelincir atau geogrid tercabut dari tanah. Ikatan antara geosintetik dengan tanah bergantung pada interaksi pada bidang kontakannya. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui interaksi di bidang kontak adalah uji geser langsung dan uji cabut. Geogrid memiliki kemampuan interlocking, yang mengakibatkan nilai cabut dan geser yang besar.



**Gambar 2.7** (a) Uji geser langsung (b) Uji cabut.

**2.4 Pondasi Dangkal**

**2.4.1 Tekanan Kontak**

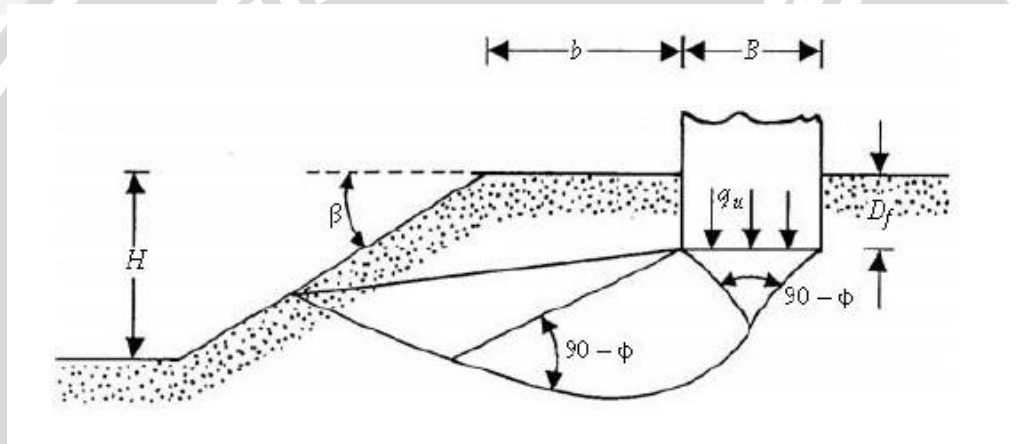
Tekanan yang bekerja di antara dasar pondasi dan tanah disebut tekanan kontak (*contact pressure*). Tekanan kontak penting dipertimbangkan untuk perancangan pondasi, karena dapat mempengaruhi distribusi momen dan tegangan geser pada pondasi dan juga untuk menghitung penurunan dari pondasi akibat penempatan lapisan yang dekat dengan pondasi.



### 2.4.2 Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi pada Lereng

Pada tahun 1957 Meyerhof melakukan penelitian untuk mengetahui kapasitas daya dukung ultimate pada pondasi dangkal diatas lereng. Pola keruntuhan pondasi pada lereng menurut Meyerhof dapat dilihat pada **Gambar 2.8**. Pada penelitian sebelumnya, Huang dan Tatsuoka memberikan mekanisme keruntuhan pada pondasi menerus yang didukung oleh tanah dengan perkuatan. Percobaan ini memakai lebar lapis perkuatan  $b$  yang sama dengan lebar pondasi  $B$ . Hal ini juga disebut sebagai mekanisme pondasi dalam (*deep foundation mechanism*) dimana zona quasi-rigid terbentuk di bawah pondasi.

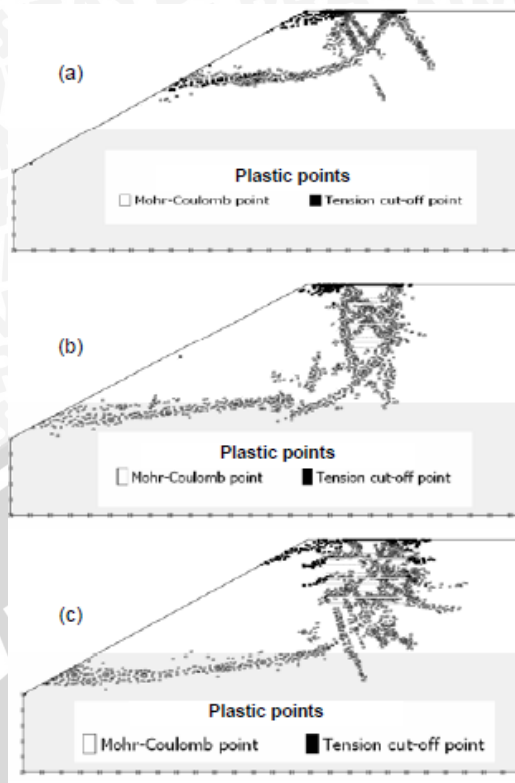
Gambar di bawah menunjukkan sebuah pondasi menerus dengan lebar  $B$  yang diletakkan pada sebuah lereng dengan tinggi  $H$ . Pondasi tersebut diletakkan dengan jarak  $b$  dari tepi lereng.



**Gambar 2.8** Pondasi dangkal diatas lereng.

### 2.4.3 Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi pada Lereng dengan Perkuatan

Dalam penelitian S.V Anil Kumar dan K. Ilamparuthi dalam *Response of footing sand slope* menjelaskan pola-pola keruntuhan di bawah pondasi pada lereng dengan perkuatan dalam tiga kondisi yang dijelaskan pada **Gambar 2.9**



**Gambar 2.9** Titik Plastik Lereng : (a) Lereng tanpa perkuatan ; (b) Lereng dengan perkuatan  $L=B$  ; (c) Lereng dengan perkuatan  $L=2B$ .  
Sumber : S.V. Anil Kumar dan K Ilamparuthi (2009:625)

## 2.5 Teori Daya Dukung Pondasi

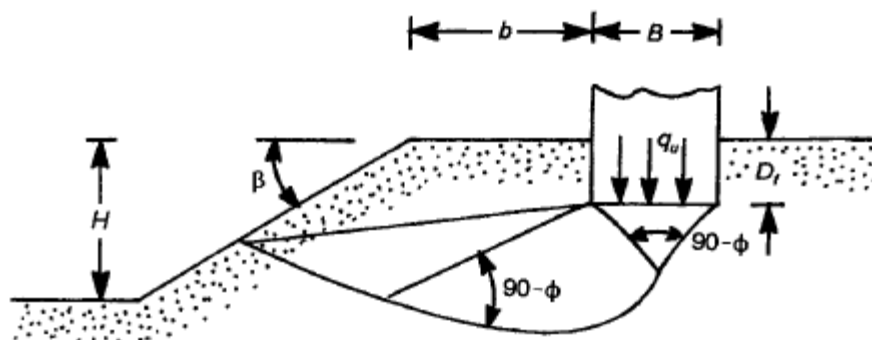
### 2.5.1 Pengertian Daya Dukung Pondasi

Analisis daya dukung tanah mempelajari kemampuan tanah mendukung beban struktur/bangunan di atas pondasi. Daya dukung menyatakan kuat geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu kuat geser yang dapat dibangkitkan oleh tanah sepanjang bidang gesernya. Analisis daya dukung dilakukan dengan cara pendekatan, persamaan – persamaan dikaitkan dengan sifat – sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Analisis dilakukan dengan anggapan bahwa tanah sebagai material yang bersifat plastis. Konsep ini pertama kali dilakukan oleh Prandtl (1921) kemudian dikembangkan oleh Terzaghi (1943), Meyerhof (1955), De Beer dan Vesic (1958) dll. (Suroso dkk , 2007: 32-33).



## 2.5.2 Daya Dukung Pondasi Dangkal di Atas Lereng Tanpa Perkuatan

### 2.5.2.1 Solusi Meyerhof (1957)



**Gambar 2.10** Pondasi menerus diatas lereng.  
(Sumber : Das, B.M. 1999)

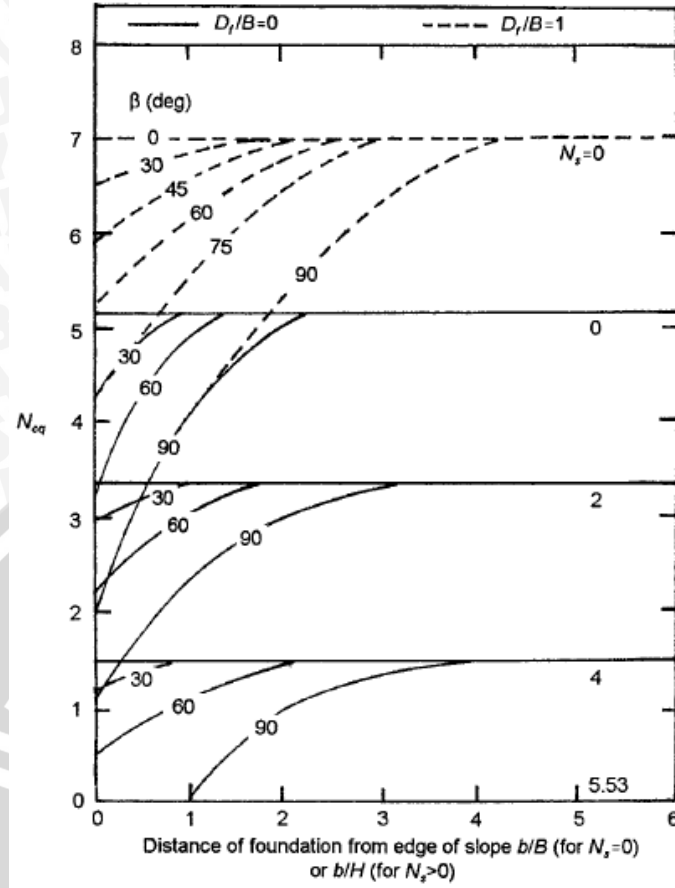
Gambar diatas menunjukkan sebuah pondasi menerus dengan lebar B yang diletakkan pada sebuah lereng dengan tinggi H. Pondasi tersebut diletakkan dengan jarak b dari tepi lereng. Adapun daya dukung batas dari pondasi tersebut dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

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

Untuk tanah pasir, Meyerhof menyatakan daya dukung pondasi menerus di atas lereng dengan persamaan :

$$q_u = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma q} \quad (2-3)$$

Dengan nilai  $N_{cq}$  seperti **Gambar 2.11** berikut.



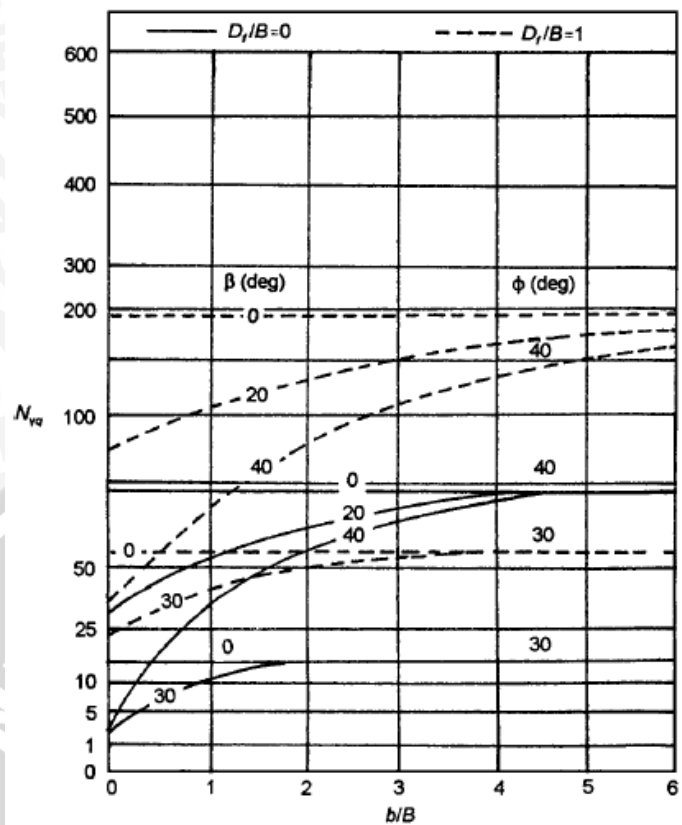
**Gambar 2.11** Nilai  $N_{cq}$  Meyerhof untuk tanah kohesif  
 Sumber : Braja M. Das (1999)

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

$$q_u = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma q} \tag{2-4}$$

Besarnya parameter  $N_{\gamma q}$  dapat dilihat pada **Gambar 2.12** berikut ini.





**Gambar 2.12** Nilai  $N_{\gamma q}$  untuk tanah granular  
 Sumber : Braja M. Das (1999)

Sebagai catatan bahwa  $N_s=0$  jika  $B < H$ . Jika  $B > H$  maka, angka stabilitas lereng (slope stability number) dirumuskan sebagai berikut.

$$N_s = \frac{\gamma H}{c} \tag{2-5}$$

Dimana :

- $\gamma$  = berat jenis tanah
- $c$  = nilai kohesi tanah
- $H$  = tinggi lereng

**2.5.2.2 Solusi Hansen (1970) dan Vesic (1975)**

Untuk kondisi  $b = 0$  pada **Gambar 2.10** (pondasi tepat berada di tepi lereng), Hansen menyatakan persamaan daya dukung batas dari pondasi menerus adalah sebagai berikut:

$$q_u = cN_c\lambda_{c\beta} + qN_q\lambda_{q\beta} + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma \lambda_{\gamma\beta} \tag{2-6}$$

Dimana :

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor-faktor daya dukung Hansen



$\lambda_{c\beta}, \lambda_{q\beta}, \lambda_{\gamma\beta}$  = Faktor-faktor lereng

$$q = \gamma D_f$$

Menurut Hansen,

$$\lambda_{q\beta} = \lambda_{\gamma\beta} = (1 - \tan\beta)^2 \quad (2-7)$$

$$\text{(Untuk } \phi > 0) \quad \lambda_{c\beta} = \frac{N_q \lambda_{q\beta} - 1}{N_q - 1} \quad (2-8)$$

$$\text{(Untuk } \phi = 0) \quad \lambda_{c\beta} = 1 - \frac{2\beta}{\pi + 2} \quad (2-9)$$

Pada kondisi  $\phi = 0$ , Vesic menyatakan nilai  $N_\gamma$  sebagai berikut:

$$N_\gamma = -2 \sin\beta \quad (2-10)$$

Selanjutnya, ia menyatakan pada kondisi  $\phi = 0$  dengan  $N_c = 5,14$  dan  $N_q = 1$  persamaan daya dukung menjadi sebagai berikut:

$$q_u = (5,14 - 2\beta)c + \gamma D_f (1 - \tan\beta)^2 - \gamma\beta \sin\beta (1 - \tan\beta)^2 \quad (2-11)$$

### 2.5.2.3 Solusi Gemperline (1990)

Shields bersama dengan peneliti lainnya telah mencoba melakukan penelitian terhadap faktor daya dukung  $N_\gamma q$  untuk sebuah pondasi pada lereng yang memiliki sudut geser yang rendah. Pada penelitian yang dilakukan oleh Shields ia menggunakan pemodelan 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 Gemperline untuk menghitung nilai  $N_\gamma q$  dan menggunakan persamaan daya dukung Meyerhof untuk tanah datar.

Adapun persamaan Gemperline adalah sebagai berikut :

$$N_\gamma q = f_\phi \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/Lp} \times f_{D/B, B/Lp} \times f_{\alpha, b/B} \times f_{\alpha, b/D, D/B} \times f_{\alpha, b/B, B/Lp} \quad (2-12)$$

Dengan :

$\phi$  = sudut geser dalam tanah ( $^\circ$ )

$\beta$  = sudut kemiringan lereng ( $^\circ$ )

B = lebar pondasi (inchi)

$$\begin{aligned}
D &= \text{kedalaman pondasi (inchi)} \\
L &= \text{panjang pondasi (inchi)} \\
b &= \text{jarak pondasi ke puncak lereng (inchi)} \\
f_{\phi} &= 10^{(0,1159\phi - 2,386)} \\
f_B &= 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} \\
f_{D/B} &= 1 + 0,65 (D/B) \\
f_{B/L} &= 1 - 0,27 (B/L) \\
f_{D/B, B/L} &= 1 + 0,39 (D/L) \\
f_{\beta, b/B} &= 1 - 0,8 [ 1 - ( 1 - \tan \beta )^2 ] \{ 2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta ] \} \\
f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,6 (B/L) [ 1 - ( 1 - \tan \beta )^2 ] \{ 2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta ] \} \\
f_{\beta, b/B, B/L} &= 1 + 0,33 (D/B) \tan \beta \{ 2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta ] \}
\end{aligned}$$

### 2.5.3 Bearing Capacity Improvement (BCI)

Pengaruh adanya perkuatan baik menggunakan geogrid ataupun perkuatan yang lain, digambarkan dalam bentuk besaran non-dimensional yang biasanya disebut BCI. *Bearing Capacity Improvement* (BCI) adalah suatu perbandingan rasio yang menjelaskan perbandingan antara daya dukung tanah saat diberi perkuatan dengan daya dukung tanah tanpa diberi perkuatan. Nilai BCI dapat ditentukan berdasarkan dua hal, yaitu daya dukung pada saat ultimit atau  $BCI_u$  (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 (*Improvement Bearing Capacity*) dengan membandingkan daya dukung dengan dan tanpa perkuatan geogrid, sebagai berikut :

$$BCI = \frac{q}{q_0} \quad (2-13)$$

Dimana,

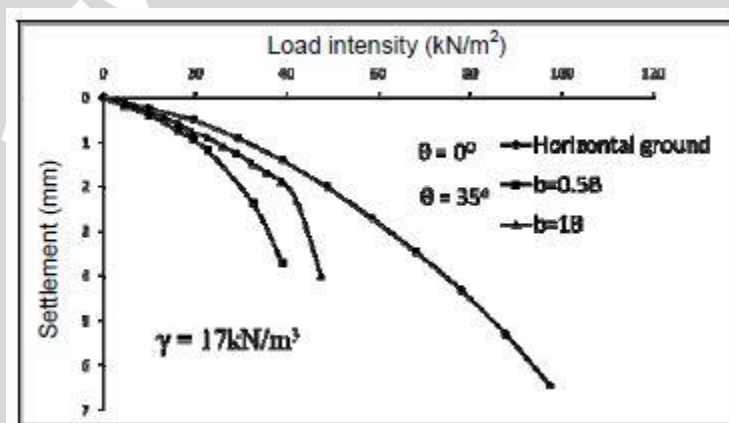
BCI = *Improvement Bearing Capacity*

q = daya dukung dengan perkuatan geogrid menurut kemiringan sudut lereng dan jarak pondasi

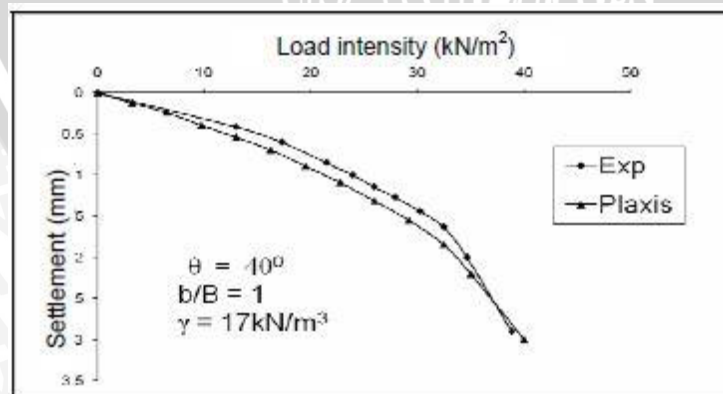
$q_0$  = daya dukung tanpa perkuatan geogrid

## 2.6 Pengaruh Kemiringan Sudut Lereng Terhadap Daya Dukung Pondasi di Dekat Lereng

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh S.V Anil Kumar dan K. Ilamparuthi (2009), yang memperoleh hasil bahwa semakin besar kemiringan lereng maka daya dukung tanah lereng di bawah pondasi akan semakin menurun. Pada tanah datar  $\alpha = 0^\circ$  diperoleh hasil daya dukung sebesar  $65 \text{ kN/m}^2$  dan untuk tanah lereng  $\alpha = 30^\circ$  diperoleh daya dukung sebesar  $35 \text{ kN/m}^2$ . Sedangkan untuk sudut kemiringan  $\alpha = 40^\circ$  diperoleh nilai daya dukung sebesar  $29 \text{ kN/m}^2$ , diperoleh dari metode analitik menggunakan *finite element analysis* (FE). Untuk kondisi tanah lereng rasio jarak pondasi ke tepi lereng dengan lebar pondasi yang digunakan adalah sebesar satu ( $d/B=1$ ). Hasil penelitian ditunjukkan dalam **Gambar 2.13** dan **Gambar 2.14**.



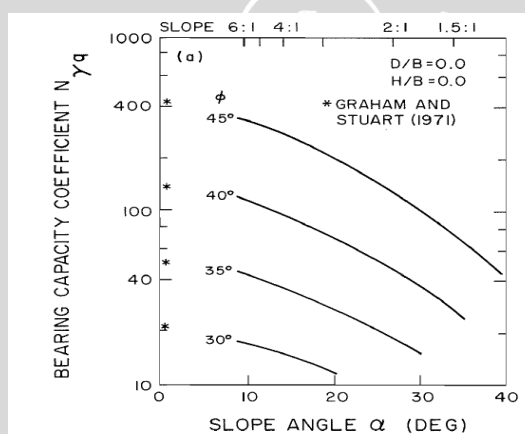
**Gambar 2.13** Perbandingan daya dukung dan penurunan pada tanah dan lereng  $30^\circ$   
Sumber : Anil Kumar dan K. Ilamparuthi (2009:624)



**Gambar 2.14** Perbandingan daya dukung dan penurunan pada lereng  $40^\circ$  dengan metode eksperimen dan analisis FE  
Sumber : Anil Kumar dan K. Ilamparuthi (2009:625)

Selain itu, Graham, Andrews, dan Shields (1987) 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 dengan 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  $N_{\gamma q}$  dimana faktor tersebut adalah yang paling berpengaruh terhadap besarnya daya dukung pada tanah granular.

Faktor daya dukung  $N_{\gamma q}$  dipengaruhi oleh besarnya sudut kemiringan lereng  $\alpha$ . Berdasarkan penelitian Graham, Andrews, dan Shields (1987), semakin besar sudut kemiringan lereng  $\alpha$  maka nilai  $N_{\gamma q}$  semakin kecil seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 2.15** Graham juga menyebutkan bahwa apabila sudut kemiringan lereng tersebut mendekati sudut geser tanah  $\phi$ , maka besarnya daya dukung tanah di atas lereng akan mendekati nol sesuai dengan trend kurva yang ditunjukkan pada **Gambar 2.15** tersebut.

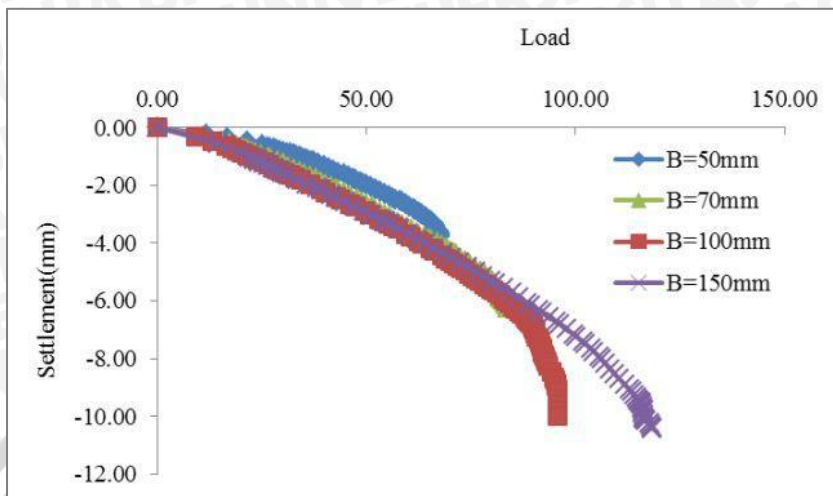


**Gambar 2.15** Kurva faktor  $N_{\gamma q}$  terhadap sudut kemiringan lereng menurut penelitian Graham, Andrews, dan Shields (1987)

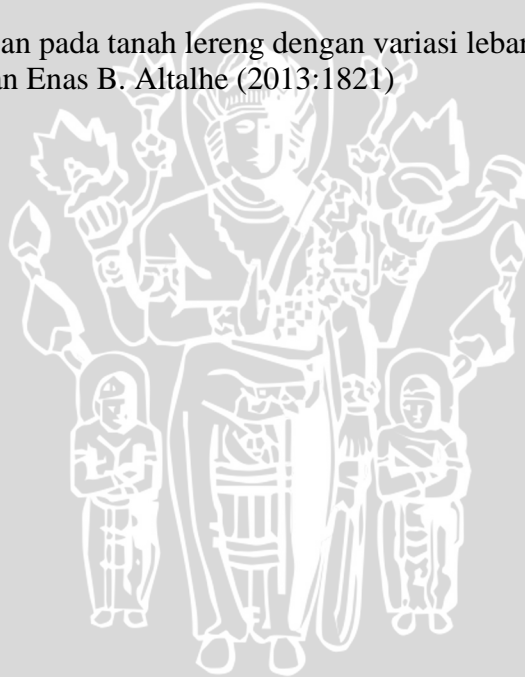
## 2.7 Pengaruh Lebar Pondasi Terhadap Daya Dukung Pondasi di Dekat Lereng

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe (2013), tentang daya dukung pondasi menerus pada lereng tanah pasir dengan variasi lebar pondasi 50 mm, 70 mm, 100 mm, dan 150 mm, meneliti tentang bagaimana pengaruh lebar pondasi terhadap peningkatan beban yang mampu ditahan oleh tanah lereng. Dalam penelitian tersebut, diperoleh hasil bahwa untuk mendapatkan nilai optimum dari variasi lebar pondasi ( $B$ ), maka factor yang paling diperhatikan adalah kekuatannya. Dari hasil eksperimen yang dilakukan, diperoleh hasil semakin lebar pondasi maka nilai beban runtuh

semakin besar. Untuk beban runtuh maksimal terjadi pada pondasi dengan lebar 150 mm. Hasil penelitian ditunjukkan pada **Gambar 2.16**.



**Gambar 2.16** Peningkatan beban pada tanah lereng dengan variasi lebar pondasi  
Sumber : Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe (2013:1821)





## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

Waktu : Oktober 2015 sampai dengan Februari 2016

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

#### 3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model lereng yang dibentuk dari timbunan tanah pasir. 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 Analisa Saringan

- Ayakan Saringan No.4, No.10, No.20, No.40, No.60, No.100 dan No.200
- Timbangan digital

b. Peralatan Analisa Berat Jenis Tanah

- Labu ukur
- Kompor Listrik
- Timbangan digital
- Alat ukur suhu (thermometer)

c. Peralatan Uji Geser Langsung

- Alat uji geser langsung
- Ring untuk pengambilan sampel
- Timbangan digital

d. Pemeriksaan Kepadatan dan Pemeriksan Kadar Air

- Density Ring
- Timbangan digital
- Cawan

- e. Peralatan Pemasadatan
  - Proktor
  - Silinder beton
- f. Peralatan Uji Pembebanan
  - Dongkrak hidrolik
  - Balok pembebanan
  - Load Cell
  - LVDT



(a) Saringan



(b) Timbangan digital

**Gambar 3.1** Peralatan Analisis Saringan

(a) Labu ukur

**Gambar 3.2** Peralatan Analisis Berat Jenis Tanah



(a) Peralatan geser langsung

(b) density ring

**Gambar 3.3** Peralatan Uji Geser Langsung



(a) Silinder beton



(b) Proktor standar

**Gambar 3.4** Peralatan Pematatan



(a) Dial gauge



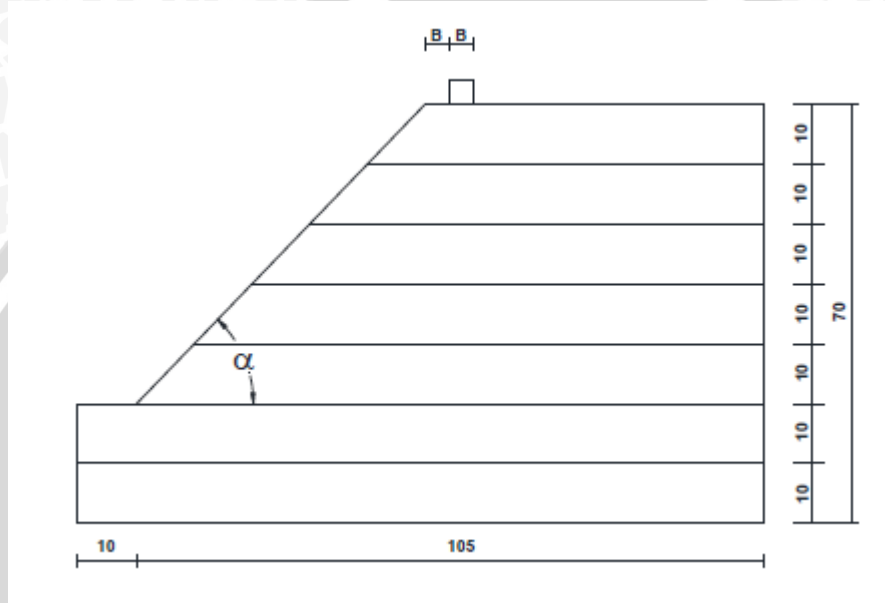
(b) load cell

**Gambar 3.5** Peralatan Uji Pembebanan

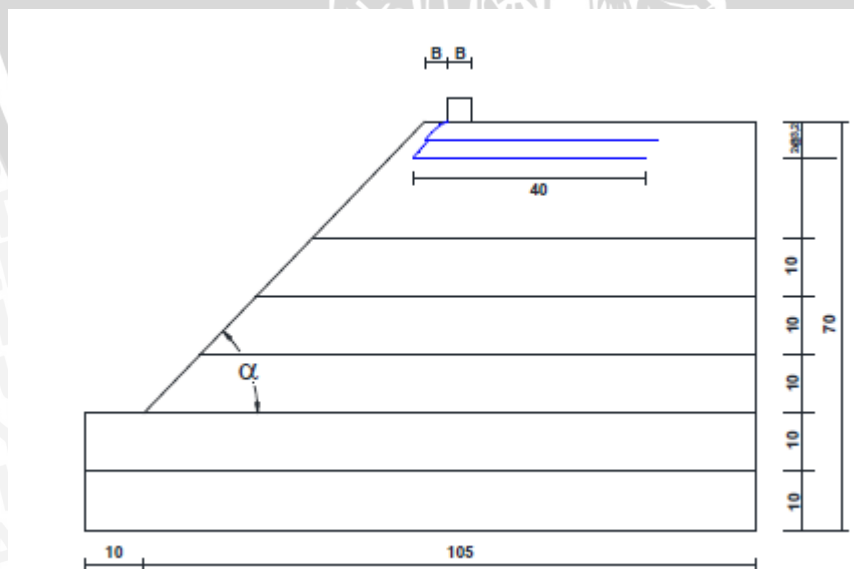
### 3.3. Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

Pada percobaan ini dibuat 9 buah benda uji dengan 3 variasi kemiringan sudut lereng dan 3 variasi lebar pondasi yang diletakkan di permukaan lereng dengan RC 85%.

Lereng dibuat dengan sudut kemiringan  $46^\circ$ ,  $51^\circ$ ,  $56^\circ$ . Lebar pondasi sebesar 4 cm, 6 cm, dan 8 cm. Pengulangan dilakukan dengan perlakuan yang sama apabila hasil dari pengujian benda uji terdapat penyimpangan. Pemodelan lereng ditampilkan pada **Gambar 3.6** dan **Gambar 3.7**



**Gambar 3.6** Model test lereng percobaan tanpa perkuatan



**Gambar 3.7** Model test lereng percobaan 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. 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, sehingga berat tanah yang dimasukkan ke dalam box pengujian tiap lapisannya diukur dan ditimbang. Volume tanah yang dimasukkan di tiap lapisannya didasarkan pada penelitian pendahuluan untuk mengukur kepadatan tanah dengan menggunakan *density ring*.

### 2. Ketinggian Lereng

Selain sudut kemiringan lereng stabilitas lereng juga dipengaruhi oleh dimensi tinggi lereng. Agar tidak terjadi keruntuhan lereng sebelum model tersebut diuji maka untuk mengimbangi kemiringan lereng yang cukup curam, ditetapkan tinggi lereng sebesar 50 cm. Setelah ditambah susunan pembebanan, maka ketinggian tersebut sudah menempatkan ujung atas susunan beban pada *reaction beam*.

### 3. Sudut Kemiringan Lereng

Penggunaan sudut lereng yang merupakan batas curam juga mempermudah memperoleh data hasil keruntuhan setelah dibebani. Tebing yang rawan longsor dan mempunyai sudut kemiringan lebih besar dari sudut geser dalam dari tanahnya dapat dilandaikan dengan sudut lereng yang cukup aman. Jadi pada penelitian kali 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. Pemeriksaan analisis saringan menurut ASTM C-136-46
- b. Pemeriksaan *specific gravity* butiran tanah mengikuti ASTM D-854-58
- c. Kepadatan standar (*Compaction*) mengikuti ASTM D-698-70
- d. Pemeriksaan 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. Tanah tersebut kemudian dimasukkan ke dalam *box* uji dengan volume  $100 \times 100 \times 70 \text{ cm} = 700000 \text{ cm}^3 = 24,7 \text{ ft}^3$  yang dibagi dalam beberapa lapisan seperti Gambar 3.3.

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, sehingga berat tanah yang dimasukkan ke dalam *box* pengujian tiap lapisannya diukur dan ditimbang. Jumlah gilasan yang dilakukan untuk mendapatkan kepadatan yang diinginkan didapatkan dengan cara memadatkan hingga ketinggian yang diinginkan, yaitu 10 cm dan kemudian dilakukan uji *density ring* untuk mengontrol nilai kepadatan. Sedangkan, pada lapisan pertama dan ketiga dari permukaan atas lereng dilakukan uji *sand cone* untuk mengontrol nilai kepadatan pada lapisan tersebut.

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 *box* 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 di sekeliling bagian tengah ke empat sisi *fiber glass* dengan menggunakan pelat siku baja 40.40.4. Penggunaan *fiber glass* diharapkan dapat digunakan supaya dapat diamati dan dilihat 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 dalam pengamatan dan mengurangi volume bahan, sehingga dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan dan menghemat lahan penelitian.

Langkah-langkah percobaan pada pembuatan pemodelan fisik lereng tanah pasir tanpa perkuatan, yaitu:

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 3.6**. Setiap lapisan dicek dan dikontrol kadar airnya dan kepadatannya menggunakan *density ring*.
3. Tanah didiamkan selama  $\pm 30$  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 percobaan pada pembuatan pemodelan fisik lereng tanah pasir dengan perkuatan geogrid, yaitu:

1. Tanah pasir dipersiapkan dengan gradasi halus sampai sedang.
2. Tanah pasir dimasukkan berlapis-lapis ke dalam box kemudian dipadatkan di setiap lapisan sesuai tinggi lapisan yang dijelaskan pada **Gambar 3.6** menggunakan silinder beton.
3. Perkuatan geogrid dipasang sesuai dengan letak yang telah dijelaskan pada **Gambar 3.7**.
4. Setelah lapisan geogrid di hamparkan, ditimbun dengan pasir dan kemudian dijangkarkan.
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  $\pm 30$  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 tiga variasi, yaitu :

- a. B = 4 cm memiliki dimensi sebesar 4 x 4 x 98 cm
- b. B = 6 cm memiliki dimensi sebesar 6 x 4 x 98 cm
- c. B = 8 cm memiliki dimensi sebesar 8 x 4 x 98 cm



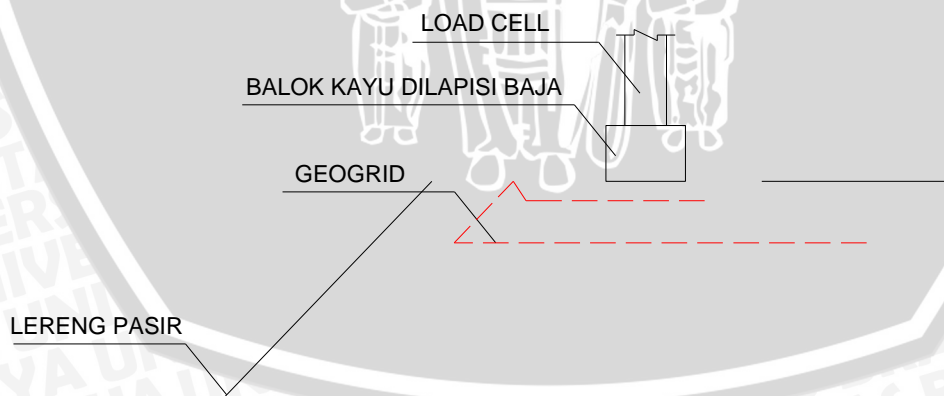
Beban yang diberikan diusakan dapat berupa beban merata pada permukaan atas model lereng, dengan ukuran luasan :

- a.  $B = 4$  cm sebesar  $4 \times 98$  cm
- b.  $B = 6$  cm sebesar  $6 \times 98$  cm
- c.  $B = 8$  cm sebesar  $8 \times 98$  cm

Adapun langkah-langkah pengujian pembebanan adalah sebagai berikut:

1. Memasang pondasi menerus yang terbuat dari baja yang didalamnya diisi dengan balok kayu. Pondasi yang digunakan memiliki 3 variasi dimensi seperti yang dijelaskan sebelumnya. Pondasi dipasang dengan jarak  $B$  dari ujung lereng, dimana  $B$  adalah dimensi lebar pondasi.
2. Memasang *load cell* untuk mengukur besarnya beban yang terjadi. Untuk memastikan beban sentris di tengah pondasi, dilakukan pengecekan dengan *waterpass*.
3. Memasang *dial LVDT* dan *LVDT digital* pada pondasi untuk mengetahui besarnya penurunan selama pembebanan.
4. Melakukan uji pembebanan menggunakan dongkrak hidrolik. Pembebanan dilakukan bertahap tiap 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 untuk lereng tanpa perkuatan serta beban dan penurunan untuk lereng dengan perkuatan geogrid yang divariasikan panjang dan spasi vertikal antar lapisannya.

Daya dukung dihitung dengan **Persamaan (3-1)** berikut:

$$q_u = \frac{P_u}{A} \quad (3-1)$$

Dimana,

$P_u$  = beban maksimum yang dicatat saat uji pembebanan

$A$  = luasan pondasi

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

**Tabel 3.1** Daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $d=B$

No.	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (kg)	$q$ (kN/m <sup>2</sup> )
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

**Tabel 3.2** Daya dukung dan penurunan lereng dengan variasi lebar pondasi dengan  $d=B$ 

No.	Lebar Pondasi (cm)	Sudut Lereng (°)	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (kg)	q (kN/m <sup>2</sup> )
1	4	46			
2		51			
3		56			
4	6	46			
5		51			
6		56			
7	8	46			
8		51			
9		56			

**Tabel 3.3** Daya dukung dan penurunan lereng dengan variasi sudut kemiringan lereng dengan  $d=B$ 

No.	Sudut Lereng (°)	Lebar Pondasi (cm)	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (kg)	q (kN/m <sup>2</sup> )
1	46	4			
2		6			
3		8			
4	51	4			
5		6			
6		8			
7	56	4			
8		6			
9		8			

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)**

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

Dimana,

$BCI$  = *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 3.4** dan **Tabel 3.5** berikut ini:

**Tabel 3.4.** *Bearing Capacity Improvement (BCI)* untuk variasi lebar pondasi dengan  $d=B$

No.	Lebar Pondasi (cm)	Sudut Lereng (°)	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (kg)	q (kN/m <sup>2</sup> )	BCI
1	4	46				
2		51				
3		56				
4	6	46				
5		51				
6		56				
7	8	46				
8		51				
9		56				

**Tabel 3.5.** *Bearing Capacity Improvement (BCI)* untuk sudut kemiringan lereng dengan  $d=B$

No.	Sudut Lereng (°)	Lebar Pondasi (cm)	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (kg)	q (kN/m <sup>2</sup> )	BCI
1	46	4				
2		6				
3		8				
4	51	4				
5		6				
6		8				
7	56	4				
8		6				
9		8				

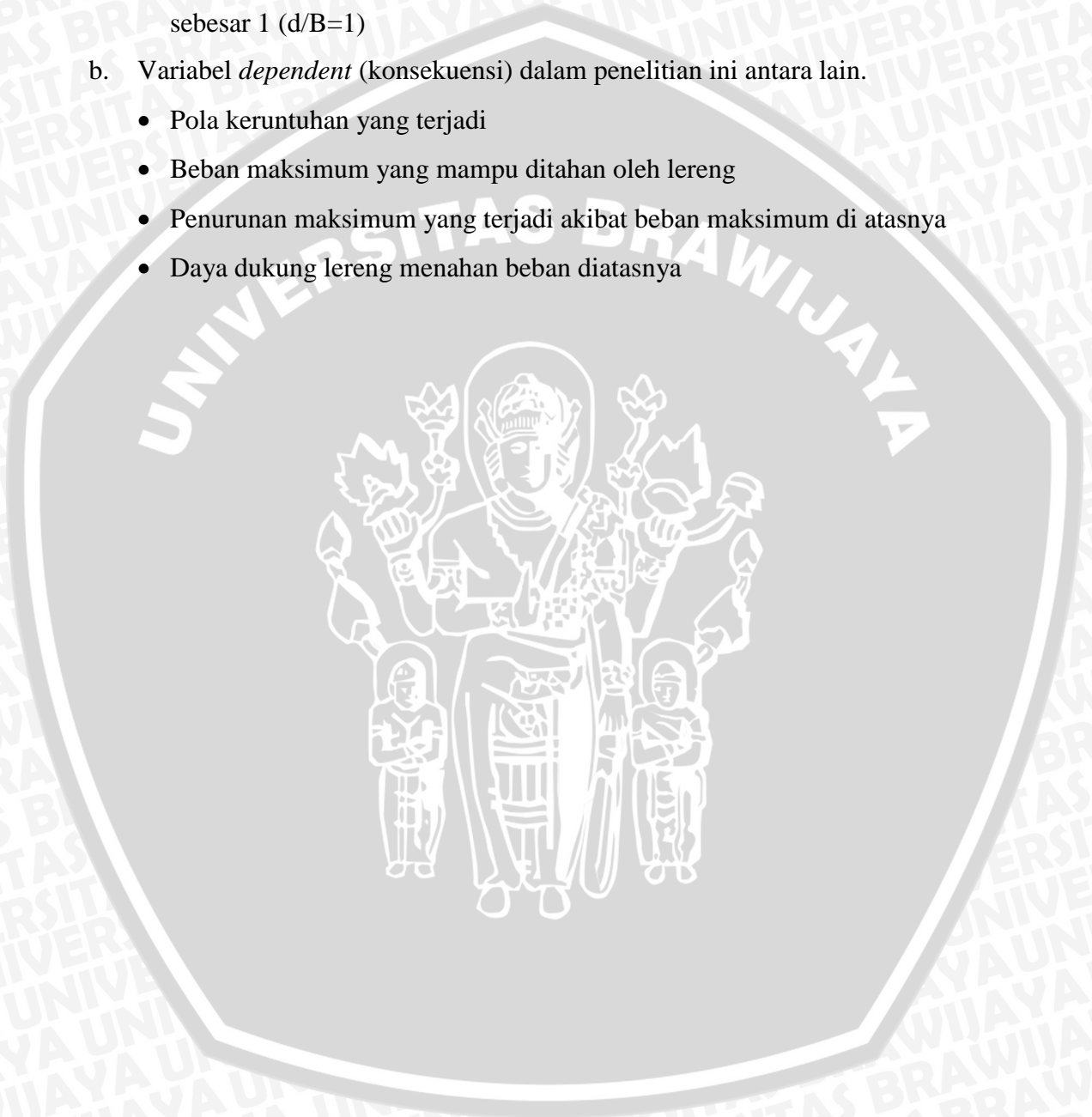
### 3.6. Variabel Penelitian

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

Variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

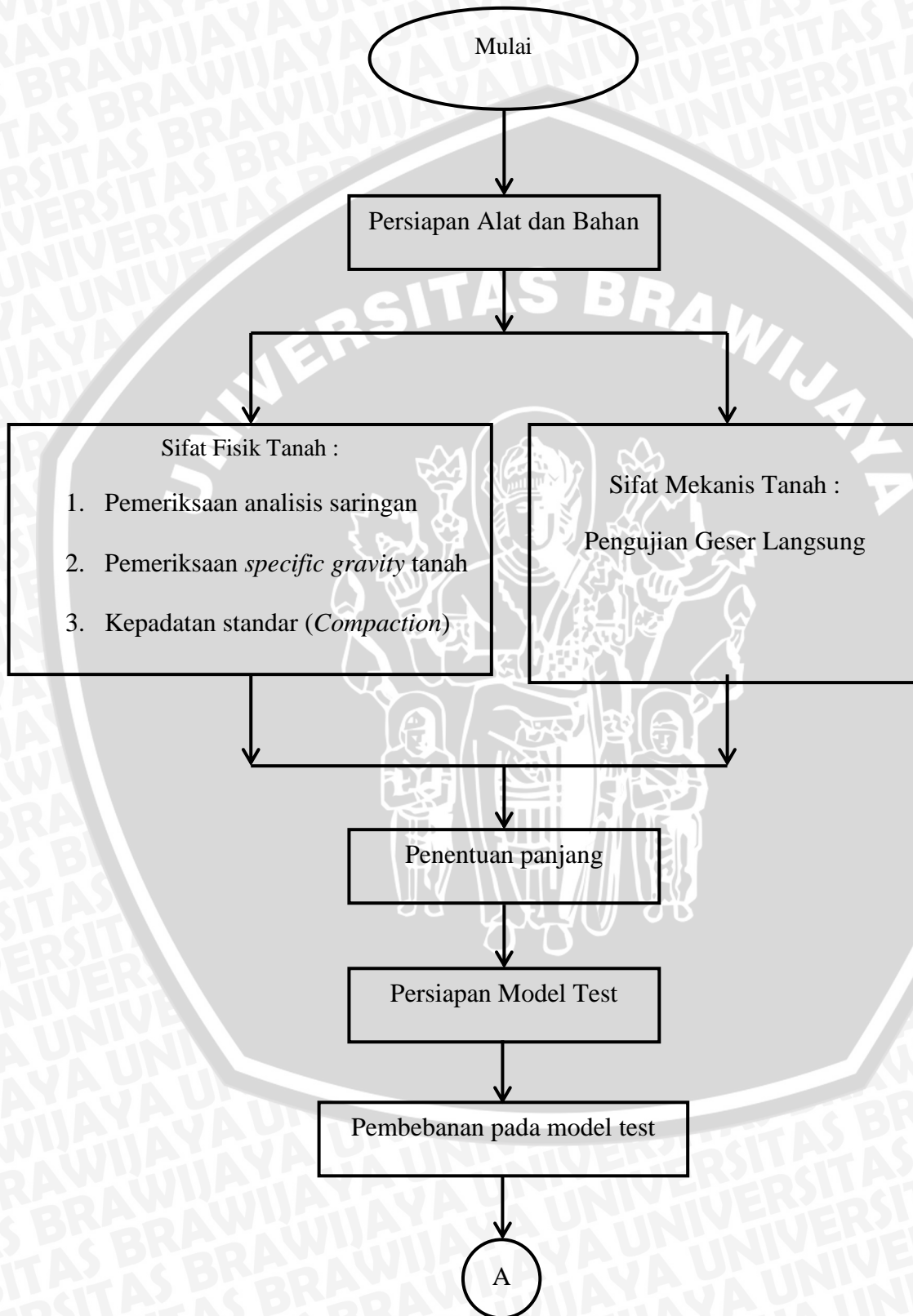
- a. Variabel *antecedent* (bebas) dalam penelitian ini antara lain.
  - Lebar pondasi ( $B=4$  cm,  $B=6$  cm,  $B=8$  cm)
  - Pondasi terletak diatas permukaan lereng
  - Jumlah lapisan geogrid ( $n=2$ )

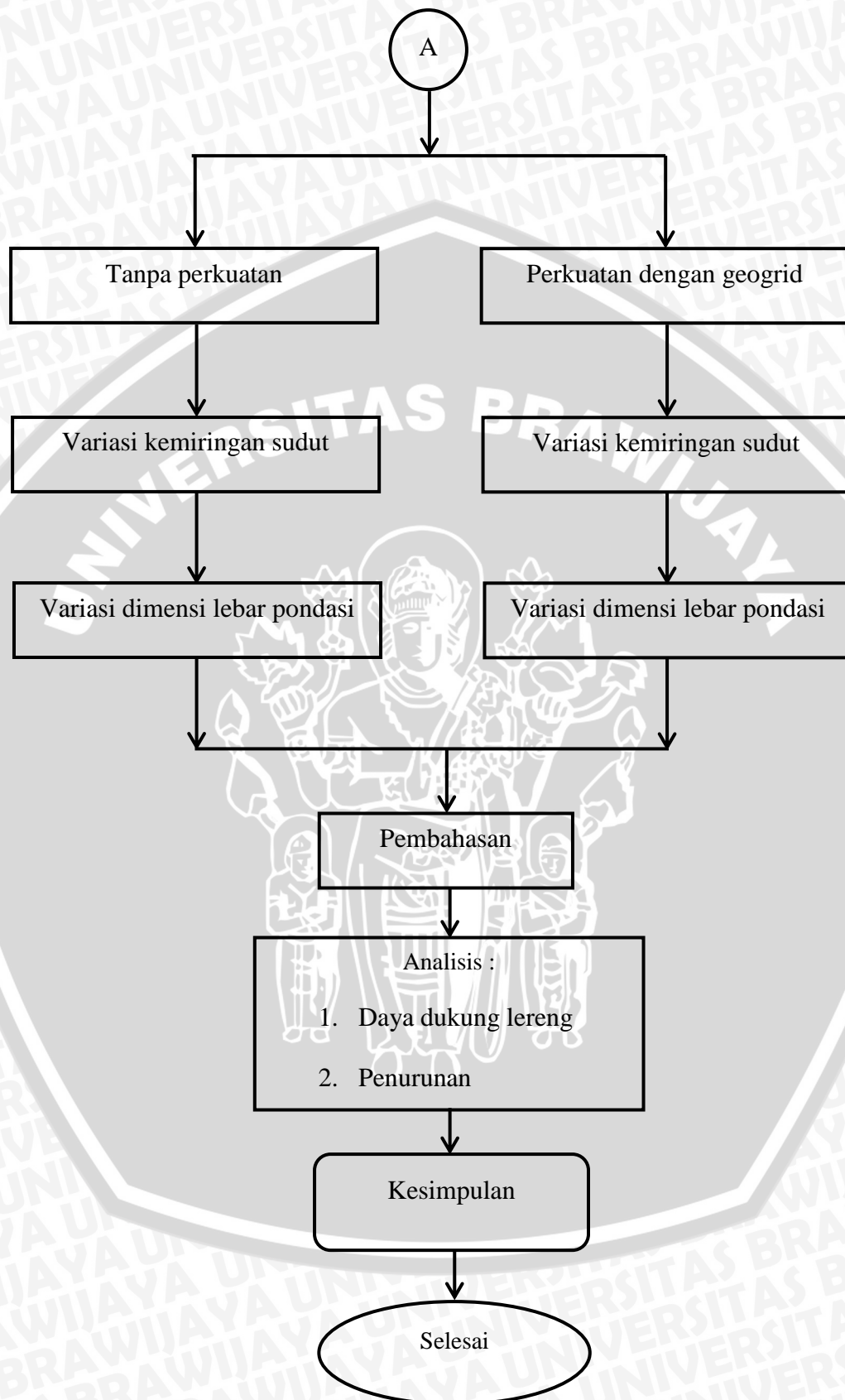
- Panjang geogrid terukur dari tepi lereng sebesar ( $L= 40 \text{ cm}$ )
  - Jarak vertikal antar lapisan geogrid ( $3 \text{ cm}$ )
  - Sudut kemiringan lereng ( $46^\circ, 51^\circ, 56^\circ$ )
  - Kepadatan tanah pasir dengan RC 85%
  - Rasio perbandingan jarak pondasi ke tepi lereng dengan lebar pondasi sebesar 1 ( $d/B=1$ )
- b. Variabel *dependent* (konsekuensi) dalam penelitian ini antara lain.
- Pola keruntuhan yang terjadi
  - Beban maksimum yang mampu ditahan oleh lereng
  - Penurunan maksimum 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

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- a. Tanah pasir dengan analisis gradasi buruk.
- b. Pondasi dengan 3 ukuran lebar, yaitu 4 cm, 6 cm, dan 8 cm. Bahan pondasi merupakan balok kayu yang dilapisi oleh bahan baja pada lapisan luar dengan tujuan agar pondasi lebih bersifat kaku (*rigid*).
- c. Perkuatan Geogrid yang digunakan adalah Geogrid dengan tipe *biaxial* GX 40/40.

Berikut tampilan spesifikasi Geogrid pada **Gambar 4.1**

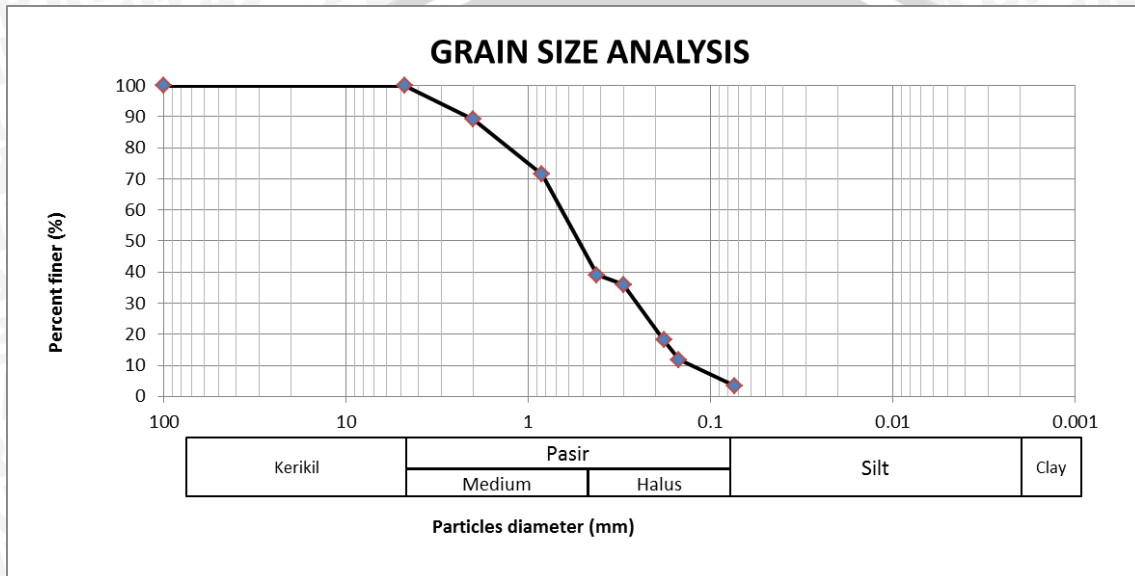
Properties of TenCate Miragrid® GX Geogrids										
Property	Unit	GX 40/40	GX 60/30	GX 60/60	GX 80/30	GX 80/80	GX 100/30	GX 130/30	GX 160/50	GX 200/50
Characteristic short term tensile strength (ISO 10319) MD	kN/m	40	60	60	80	80	100	130	160	200
Characteristic short term tensile strength (ISO 10319)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

**Gambar 4.1** Spesifikasi Geogrid.  
(Sumber : PT. Tetrasa Geosinindo)



#### 4.1.1. Analisis Gradasi Butiran Tanah

Analisis gradasi butiran (*grain size*) adalah pengujian yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat pasir yang akan digunakan dalam penelitian. Pengujian ini dilakukan di laboratorium dengan mengayak sampel tanah pasir pada alat saringan yang ukurannya telah ditentukan, Berikut disajikan hasil dari pengujian analisis gradasi butiran (*grain size*) pada **Gambar 4.2**



**Gambar 4.2** Grafik hasil pembagian ukuran butiran tanah.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan di laboratorium, diperoleh data yang lolos saringan no. 200 sebesar 3,47%, serta nilai  $C_u$  (*uniformity coefficient*) sebesar 4,33 dan nilai  $C_c$  (*Gradation coefficient*) sebesar 0,641, maka dapat disimpulkan bahwa tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah berbutir kasar berjenis SP (*Poorly Graded Sand*).

#### 4.1.2. Analisis Specific Gravity

Specific Gravity merupakan perbandingan antara berat volume butiran padat ( $\gamma_s$ ) dengan berat volume air ( $\gamma_w$ ) pada suhu yang sama. Berdasarkan hasil pengujian berat jenis yang dilakukan di laboratorium diperoleh nilai *Specific Gravity* sebesar 2,6481 seperti yang disajikan dalam **Tabel 4.1** berikut.

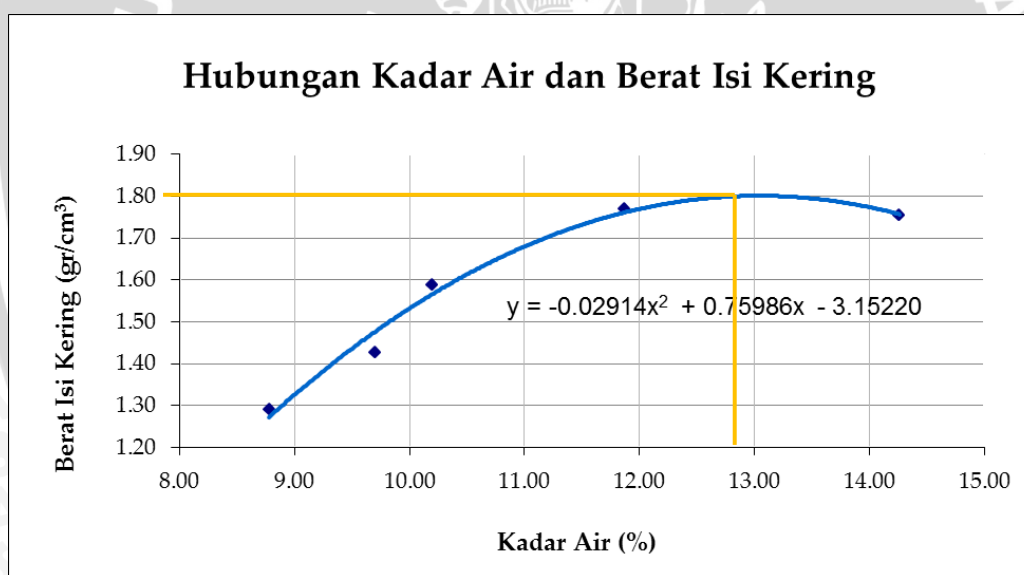
**Tabel 4.1** *Specific Gravity Tanah Rata-Rata*

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*)

##### 4.1.3.1. Uji Kepadatan Tanah Standar di Laboratorium (*standard proctor test*)

Pengujian kepadatan tanah bertujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan berat volume tanah dengan memadatkan tanah didalam mould yang berdiameter 10,16 cm dan bervolume 943,3 cm<sup>3</sup> dengan menggunakan proktor standar dengan berat 2,5 kg. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh nilai berat isi kering ( $\gamma_d$ ) sebesar 1,8014 gr/cm<sup>3</sup> dengan kadar air optimum sebesar 13,0381%. Grafik hasil pengujian tersebut disajikan dalam **Gambar 4.3** berikut :

**Gambar 4.3** Grafik Uji Kepadatan Standar.

##### 4.1.3.2. Uji Kepadatan Tanah Model

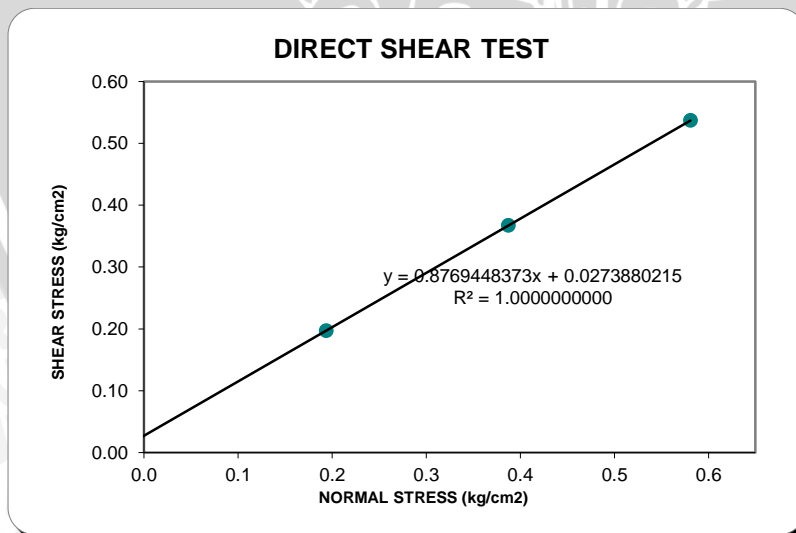
Dalam penelitian ini, istilah kepadatan tanah model digunakan karena pada saat percobaan dalam model sangat sulit untuk mencapai kepadatan maksimum seperti halnya pada percobaan di laboratorium. Nilai kepadatan diperoleh dari perbandingan antara berat isi kering ( $\gamma_{lap}$ ) dengan berat isi kering maksimum di laboratorium ( $\gamma_{lab}$ ). Pada penelitian ini, kepadatan yang digunakan adalah sebesar 85%. Dari hasil analisis perhitungan, untuk

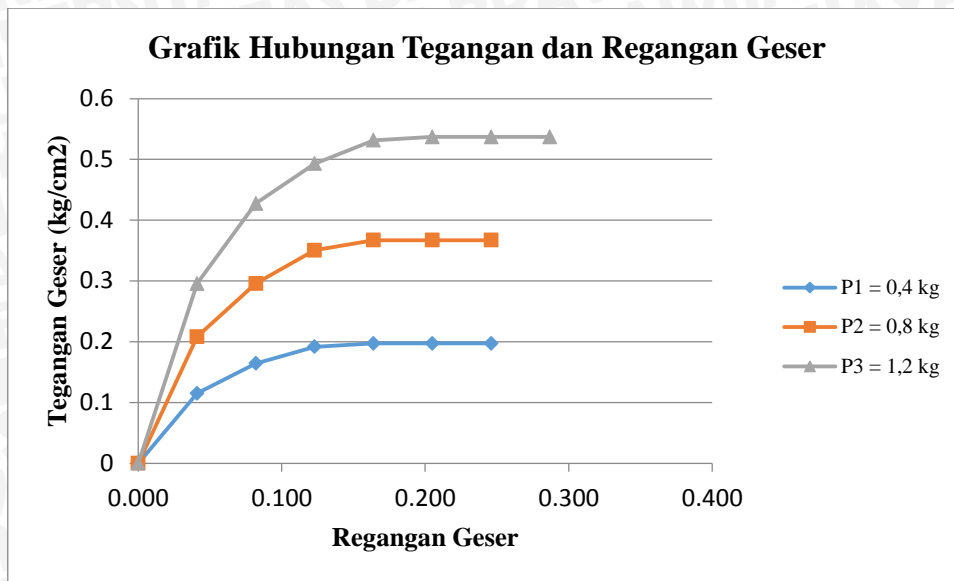
RC sebesar 85% diperoleh  $\gamma_{lap}$  sebesar 1,5312 gr/cm<sup>3</sup>.

Pemadatan tanah model dilakukan dengan cara menggilas tanah dengan menggunakan beton silinder dengan berat 11,28 kg dengan tinggi beton 30 cm. Jumlah gelindingan yang dilakukan untuk mendapatkan kepadatan yang diinginkan didapatkan dengan cara memadatkan hingga ketinggian yang diinginkan, yaitu 10 cm dan kemudian dilakukan uji *density ring* untuk mengontrol nilai kepadatan.

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

Analisis pengujian geser langsung ini dimaksudkan untuk menentukan parameter nilai kohesi tanah ( $c$ ) serta nilai sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ). Hasil dari pengujian ini disajikan dalam grafik hubungan antara tahanan normal ( $\sigma$ ) dan tegangan geser maksimum ( $\tau$ ). Dari grafik tersebut dapat diperoleh nilai kohesi tanah serta nilai sudut geser tanah dengan menghubungkan ketiga titik yang diperoleh dengan garis linear sehingga membentuk garis lurus yang memotong sumbu vertikal pada nilai kohesi ( $c$ ) dan memotong sumbu horizontal dengan membentuk sebuah sudut yang merupakan sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ). Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh nilai sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ) = 41,25 dan nilai kohesi ( $c$ )  $\approx$  0. Grafik hasil pengujian Direct Shear disajikan pada **Gambar 4.4 (a) dan (b)**





(b)

**Gambar 4.4** (a) Grafik hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser (b) Grafik hubungan antara regangan geser dan tegangan geser.

#### 4.2. Pengujian Model Test

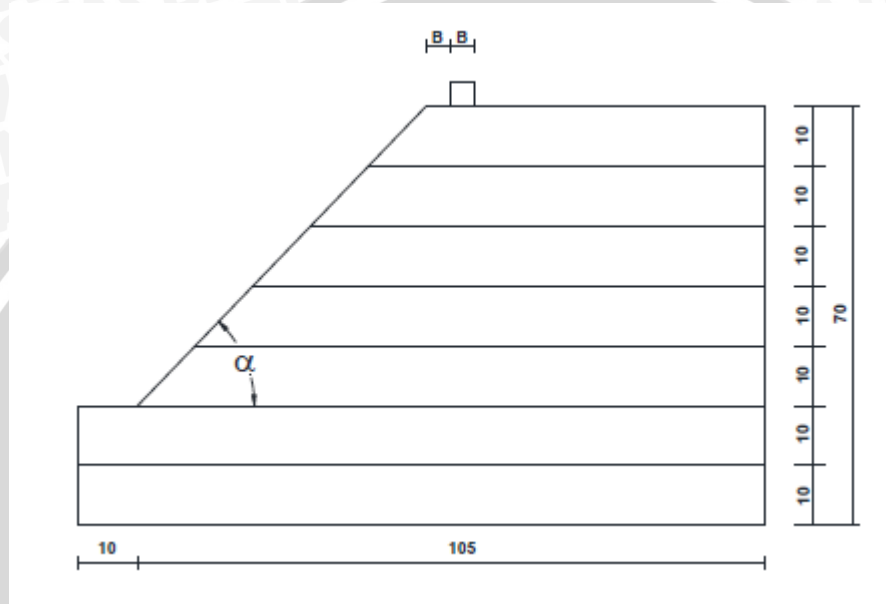
Pada penelitian ini digunakan boks berukuran 100 cm x 100 cm x 70 cm yang diisi dengan pasir dan dibentuk menjadi lereng. Dalam proses pembuatan lereng di dalam boks, pengisian pasir dilakukan dengan membagi menjadi 7 lapisan dengan tinggi setiap lapisannya 10 cm. Setiap lapisan ditumbuk dengan cara menggelindingkan beton silinder dengan menggunakan kontrol volume di tiap lapisannya sebesar 193,679 kg di setiap lapisannya. Pemeriksaan kepadatan dan kadar air dilakukan di setiap lapisan menggunakan *density ring*.

Setelah tanah mencapai tinggi 70 cm, tanah kemudian dидiamkan selama  $\pm 30$  menit untuk memberikan kesempatan tanah untuk melakukan pergeseran rongga-rongga yang masih dapat diisi. Selanjutnya lereng dibuat sesuai dengan variasi kemiringan sudut yang ditentukan, yaitu  $46^\circ$ ,  $51^\circ$ ,  $56^\circ$ . Setelah lereng terbentuk, pondasi diletakkan sesuai dengan variasi lebar pondasi yang ditentukan, yaitu  $B = 4$  cm,  $B = 6$  cm, dan  $B = 8$  cm. Setelah semua persiapan sudah dilakukan dan lereng sudah siap diuji, beban diberikan setiap kelipatan 5 kg sampai lereng mengalami keruntuhan dan tidak mampu menahan beban yang diberikan.

### 4.3. Hasil Pengujian *Model Test*

#### 4.3.1. Lereng Tanpa Perkuatan

Penelitian pada lereng tanpa perkuatan ini dilakukan sebagai hasil pembandingan terhadap penelitian lereng dengan perkuatan. Pada penelitian tanpa perkuatan ini, terdapat Sembilan jenis pemodelan lereng dengan variabel tetap yaitu rasio perbandingan jarak tepi lereng dengan lebar pondasi satu ( $d/B = 1$ ). Gambar pemodelan lereng tanpa perkuatan dengan variasi lebar pondasi ( $B$ ) dan sudut kemiringan ( $\alpha$ ) disajikan pada **Gambar 4.5**.



**Gambar 4.5** Pemodelan Lereng Tanpa Perkuatan dengan variasi  $B = 4\text{cm}; 6\text{cm}; 8\text{cm}$  dan variasi  $\alpha = 46^\circ; 51^\circ; 56^\circ$ .

#### 4.3.1.1. Hasil Pemeriksaan Kepadatan dan Kadar Air

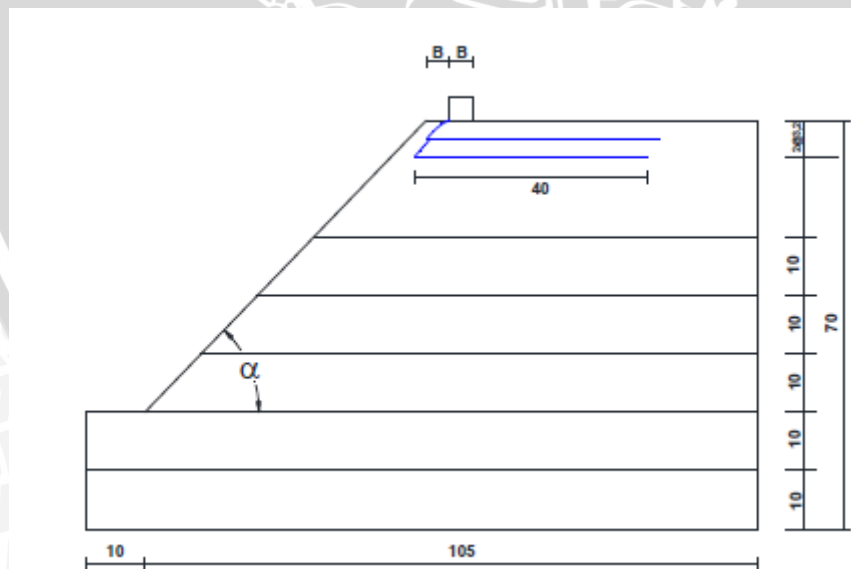
Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada tiap pemodelan lereng tanpa perkuatan diperoleh nilai kadar air dan berat isi kering dengan menggunakan *density ring* yang disajikan pada **Tabel 4.2**.

**Tabel 4.2** Nilai kadar air dan berat isi kering tanah lereng tanpa perkuatan

No.	B (cm)	$\alpha$ (°)	Berat Isi Kering (gr/cm <sup>3</sup> )	Kadar Air (%)
1	4	46	1.5477	9.7275
2		51	1.5016	11.4853
3		56	1.5021	9.9135
4	6	46	1.5422	10.2718
5		51	1.5360	11.6489
6		56	1.5349	11.0245
7	8	46	1.5463	10.0272
8		51	1.5406	9.9262
9		56	1.5257	11.4798
<b>Rata-rata</b>			<b>1.5308</b>	<b>10.61</b>

#### 4.3.2. Lereng Dengan Perkuatan Geogrid

Penelitian pada lereng dengan perkuatan ini dilakukan sebagai hasil perbandingan terhadap penelitian lereng tanpa perkuatan. Pada penelitian dengan perkuatan ini, terdapat Sembilan jenis pemodelan lereng dengan variabel tetap yaitu rasio perbandingan jarak tepi lereng dengan lebar pondasi satu ( $d/B = 1$ ) dan jumlah lapis perkuatan geogrid sebanyak 2 buah ( $n = 2$ ), serta jarak antar lapis perkuatan yaitu 3 cm. Gambar pemodelan lereng dengan perkuatan dengan variasi lebar pondasi (B) dan sudut kemiringan ( $\alpha$ ) disajikan pada **Gambar 4.6**.



**Gambar 4.6** Pemodelan Lereng dengan Perkuatan dengan variasi B = 4cm;6cm;8cm dan variasi  $\alpha = 46^\circ;51^\circ;56^\circ$ .

#### 4.3.2.1. Hasil Pemeriksaan Kepadatan dan Kadar Air

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada tiap pemodelan lereng dengan perkuatan diperoleh nilai kadar air dan berat isi kering dengan menggunakan *density ring* yang disajikan pada **Tabel 4.3**.

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

No.	B (cm)	$\alpha$ (°)	Berat Isi Kering (gr/cm <sup>3</sup> )	Kadar Air (%)
1	4	46	1.5423	10.3705
2		51	1.5288	10.4848
3		56	1.5324	10.6276
4	6	46	1.5449	10.7446
5		51	1.5542	10.8830
6		56	1.5301	10.8171
7	8	46	1.5357	10.1876
8		51	1.5254	10.2957
9		56	1.5506	9.9770
<b>Rata-rata</b>			<b>1.5383</b>	<b>10.49</b>

#### 4.4. Analisis Daya Dukung Tanah Pasir RC 85%

##### 4.4.1. Lereng Tanpa Perkuatan

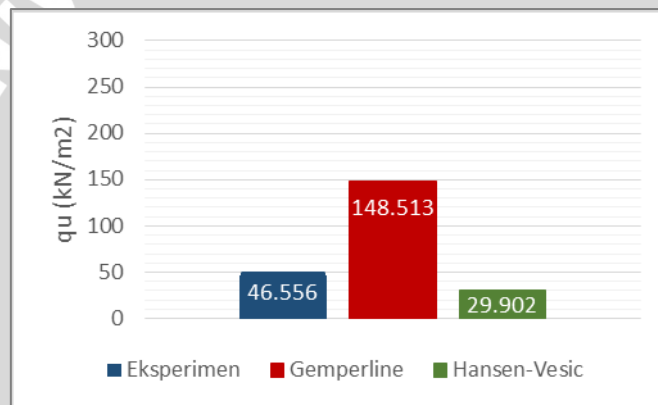
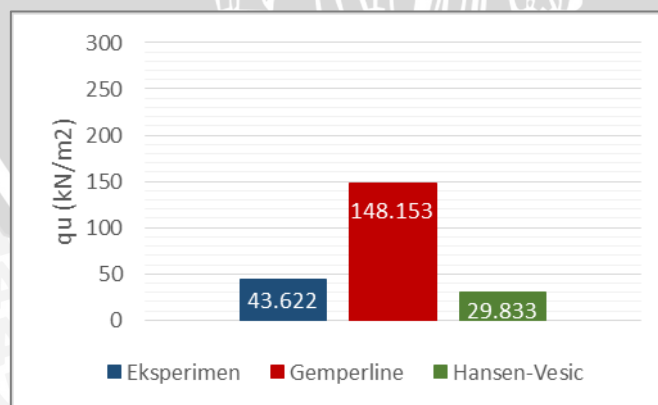
##### 4.4.1.1. Metode Analitik

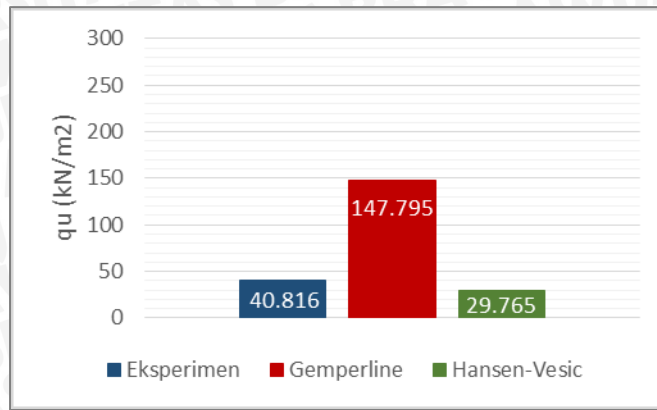
Untuk membandingkan hasil daya dukung yang diperoleh dari eksperimen, digunakan pendekatan perhitungan daya dukung pondasi pada tanah lereng yaitu dengan menghitung secara analitik menggunakan metode gemperline. Perbandingan daya dukung pada Sembilan pemodelan tanpa perkuatan disajikan pada **Tabel 4.4** dan **Gambar 4.7** hingga **Gambar 4.15**



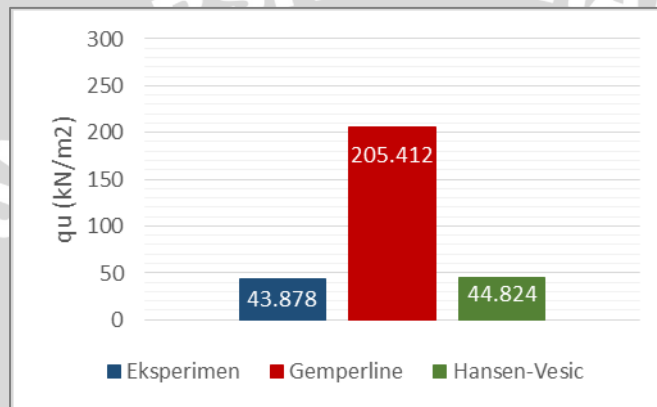
**Tabel 4.4** Nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan

No.	Variabel Tetap	Variabel Bebas	q (kN/m <sup>2</sup> )		
			Eksperimen	Gemperline	Hansen-Vesic
1		B = 4 cm, $\alpha = 46^\circ$	46.556	148.513	29.902
2		B = 4 cm, $\alpha = 51^\circ$	43.622	148.153	29.833
3		B = 4 cm, $\alpha = 56^\circ$	40.816	147.795	29.765
4		B = 6 cm, $\alpha = 46^\circ$	43.878	205.412	44.824
5	d/B = 1	B = 6 cm, $\alpha = 51^\circ$	42.007	204.915	44.721
6		B = 6 cm, $\alpha = 56^\circ$	38.180	204.419	44.618
7		B = 8 cm, $\alpha = 46^\circ$	38.265	258.566	59.746
8		B = 8 cm, $\alpha = 51^\circ$	37.117	257.940	59.608
9		B = 8 cm, $\alpha = 56^\circ$	34.694	257.316	59.471

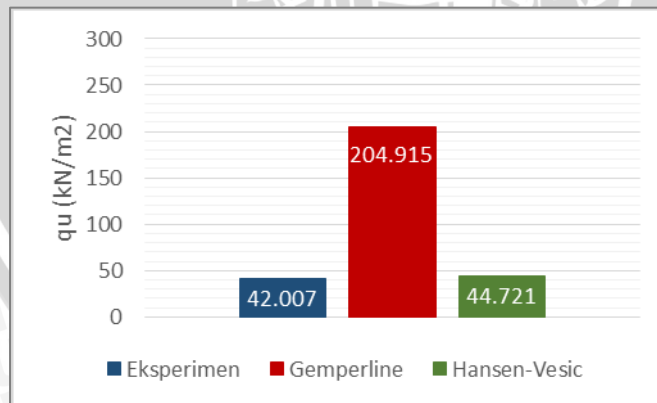
**Gambar 4.7** Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi B = 4cm dan  $\alpha = 46^\circ$ .**Gambar 4.8** Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi B = 4cm dan  $\alpha = 51^\circ$ .



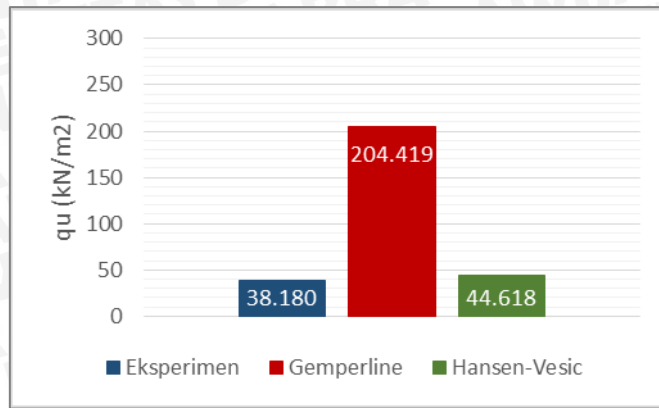
**Gambar 4.9** Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi  $B = 4\text{cm}$  dan  $\alpha = 56^\circ$ .



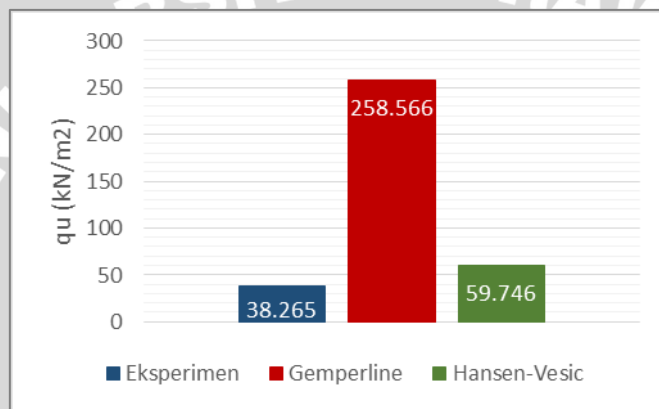
**Gambar 4.10** Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi  $B = 6\text{cm}$  dan  $\alpha = 46^\circ$ .



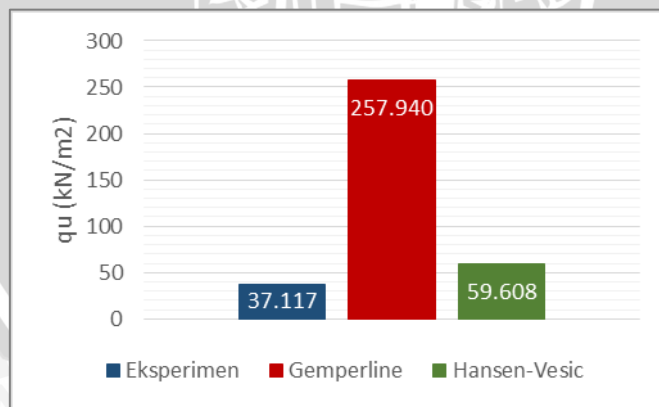
**Gambar 4.11** Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi  $B = 6\text{cm}$  dan  $\alpha = 51^\circ$ .



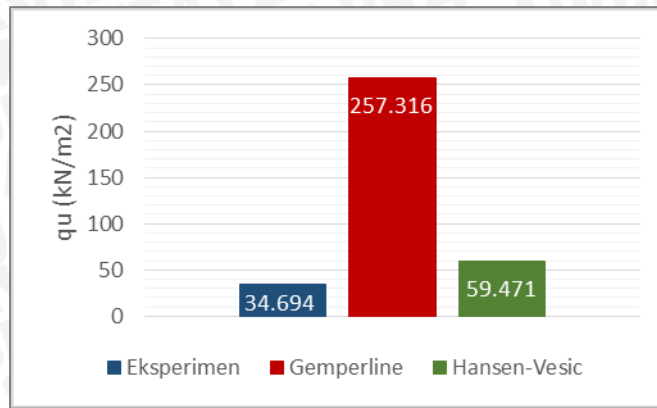
**Gambar 4.12** Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi  $B = 6\text{cm}$  dan  $\alpha = 56^\circ$ .



**Gambar 4.13** Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi  $B = 8\text{cm}$  dan  $\alpha = 46^\circ$ .



**Gambar 4.14** Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi  $B = 8\text{cm}$  dan  $\alpha = 51^\circ$ .



**Gambar 4.15** Perbandingan nilai daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan (RC 85%) dengan variasi  $B = 8\text{cm}$  dan  $\alpha = 56^\circ$ .

#### 4.4.1.2. Metode Eksperimen

Pada Sembilan pemodelan lereng tanpa perkuatan, dilakukan uji pembebanan untuk mendapatkan nilai daya dukung paling optimum. Hasil yang diperoleh selama eksperimen ditampilkan pada **Tabel 4.5** untuk variasi kemiringan lereng ( $\alpha$ ) dan **Tabel 4.6** untuk variasi lebar pondasi ( $B$ ).

**Tabel 4.5** Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan dengan variasi kemiringan lereng ( $\alpha$ )

B (cm)	$\alpha$ (°)	Beban (Kg)	Penurunan (mm)	q (Kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
4	46	182.5	1.95	0.466	46.556
	51	171	3.91	0.436	43.622
	56	160	2.145	0.408	40.816
6	46	258	6.11	0.439	43.878
	51	247	4.37	0.420	42.007
	56	224.5	4.995	0.382	38.180
8	46	300	4.74	0.383	38.265
	51	291	6.515	0.371	37.117
	56	272	5.195	0.347	34.694

**Tabel 4.6** Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen untuk lereng tanpa perkuatan dengan variasi lebar pondasi (B)

$\alpha$ (°)	B (cm)	Beban (Kg)	Penurunan (mm)	q (Kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
46	4	182.5	1.95	0.466	46.556
	6	258	6.11	0.439	43.878
	8	300	4.74	0.383	38.265
51	4	171	3.91	0.436	43.622
	6	247	4.37	0.420	42.007
	8	291	6.515	0.371	37.117
56	4	160	2.145	0.408	40.816
	6	224.5	4.995	0.382	38.180
	8	272	5.195	0.347	34.694

#### 4.4.2. Lereng Dengan Perkuatan Geogrid

Pada pengujian yang dilakukan pada lereng dengan perkuatan geogrid dengan variasi sudut kemiringan lereng dan jarak pondasi didapatkan nilai daya dukung yang disajikan

**Tabel 4.7** dan **Tabel 4.8**.

**Tabel 4.7** Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen untuk lereng dengan perkuatan dengan variasi kemiringan lereng ( $\alpha$ )

B (cm)	$\alpha$ (°)	Beban (Kg)	Penurunan (mm)	q (Kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
4	46	450	6.505	1.148	114.796
	51	388	6.9	0.990	98.980
	56	360	4.325	0.918	91.837
6	46	567	10.625	0.964	96.429
	51	505	9.81	0.859	85.884
	56	454	10.525	0.772	77.211
8	46	645	9.335	0.823	82.270
	51	577	8.01	0.736	73.597
	56	527	7.375	0.672	67.219

**Tabel 4.8** Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen untuk lereng dengan perkuatan dengan lebar pondasi (B)

$\alpha$ (°)	B (cm)	Beban (Kg)	Penurunan (mm)	q (Kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
46	4	450	6.505	1.148	114.796
	6	567	10.625	0.964	96.429
	8	645	9.335	0.823	82.270
51	4	388	6.9	0.990	98.980
	6	505	9.81	0.859	85.884
	8	577	8.01	0.736	73.597
56	4	360	4.325	0.918	91.837
	6	454	10.525	0.772	77.211
	8	527	7.375	0.672	67.219

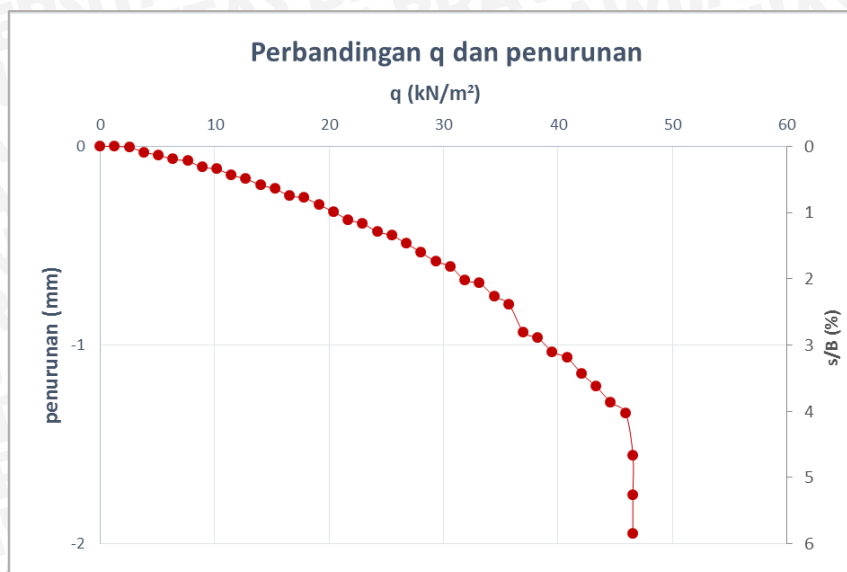
#### 4.5. Analisis Penurunan Tanah Pasir Rc 85%

##### 4.5.1. Lereng Tanpa Perkuatan

Setelah uji pembebanan dilakukan terhadap Sembilan pemodelan lereng tanpa perkuatan dengan variasi lebar pondasi (B) dan sudut kemiringan lereng ( $\alpha$ ), akan diperoleh data nilai beban maksimum yang dapat ditahan serta nilai penurunan yang terjadi. Nilai dari penurunan pada setiap pemodelan diperoleh dari pembacaan alat LVDT yang diletakkan pada sisi kiri dan kanan pondasi yang pada nantinya akan diperoleh rata-rata dari dua pembacaan. Data hasil eksperimen untuk daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan akan disajikan berikut ini.

##### 1. Variasi B = 4 cm dan $\alpha = 46^\circ$

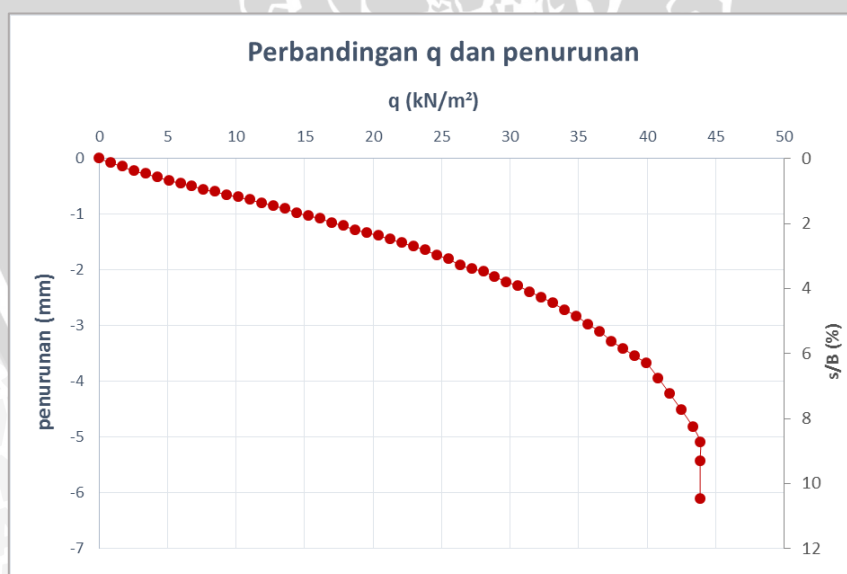
Pada **Gambar 4.16** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0.195 cm.



**Gambar 4.16** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $B = 4$  cm dan  $\alpha = 46^\circ$ .

2. Variasi  $B = 6$  cm dan  $\alpha = 46^\circ$

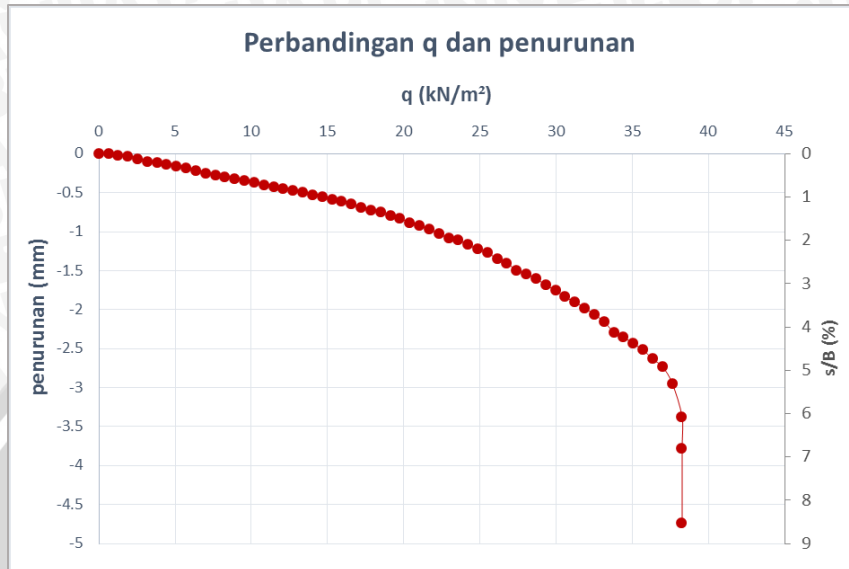
Pada **Gambar 4.17** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0.611 cm.



**Gambar 4.17** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $B = 6$  cm dan  $\alpha = 46^\circ$ .

3. Variasi  $B = 8$  cm dan  $\alpha = 46^\circ$

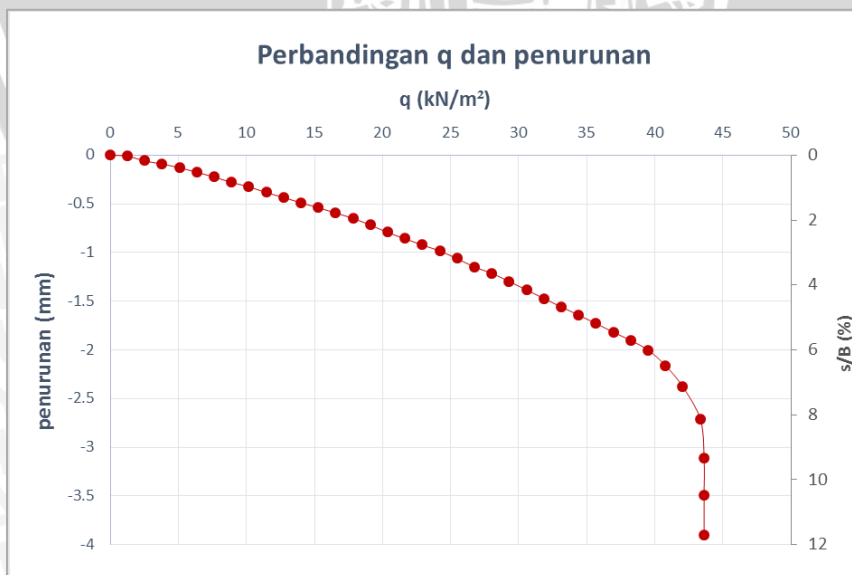
Pada **Gambar 4.18** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0.474 cm.



**Gambar 4.18** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $B = 8$  cm dan  $\alpha = 46^\circ$ .

4. Variasi  $B = 4$  cm dan  $\alpha = 51^\circ$

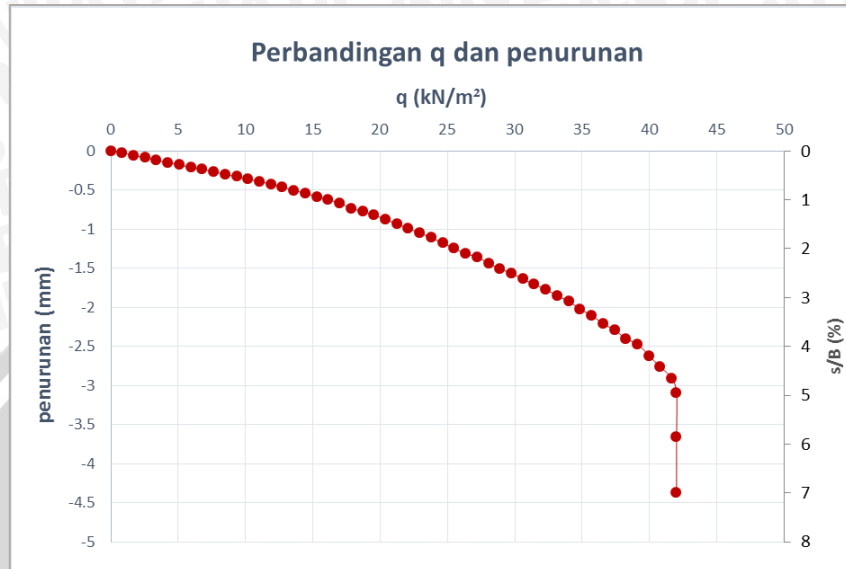
Pada **Gambar 4.19** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0.391 cm.





5. Variasi  $B = 6$  cm dan  $\alpha = 51^\circ$

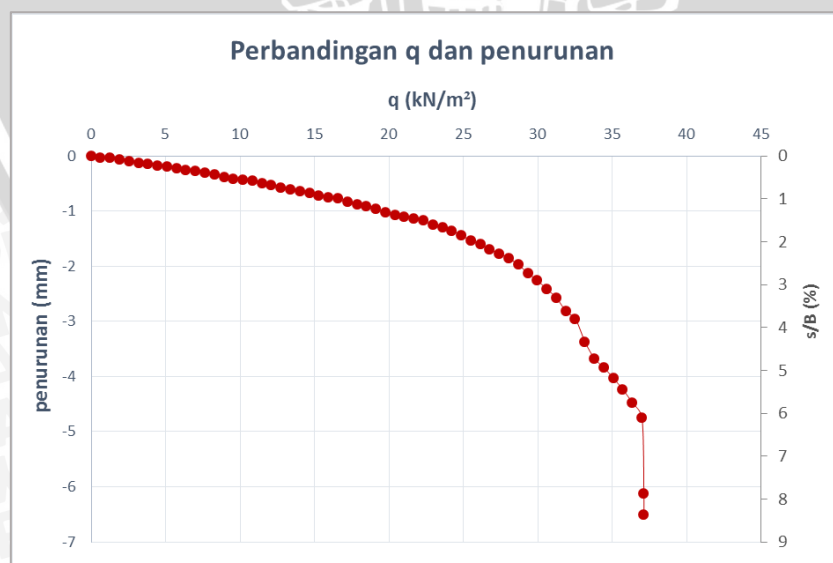
Pada **Gambar 4.20** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0.437 cm.



**Gambar 4.20** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $B = 6$  cm dan  $\alpha = 51^\circ$ .

6. Variasi  $B = 8$  cm dan  $\alpha = 51^\circ$

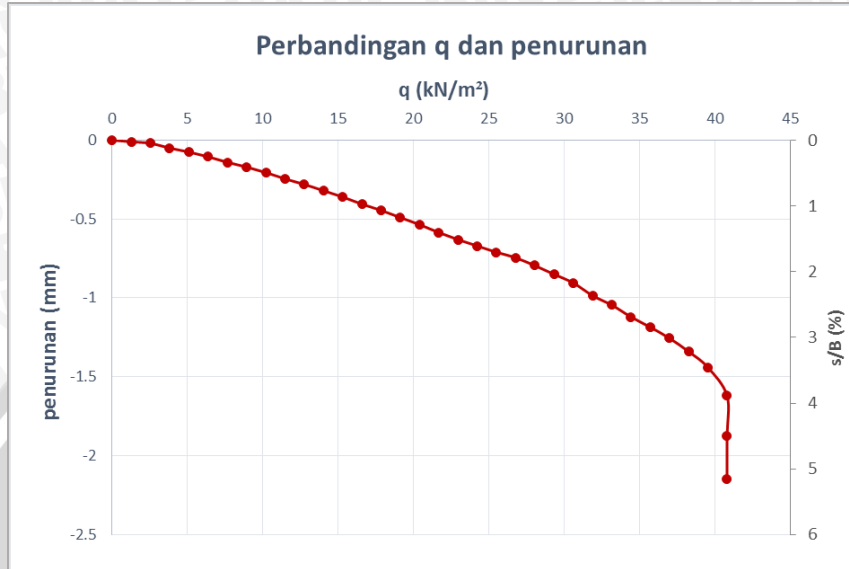
Pada **Gambar 4.21** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0.6515 cm.



**Gambar 4.21** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $B = 8$  cm dan  $\alpha = 51^\circ$ .

7. Variasi  $B = 4 \text{ cm}$  dan  $\alpha = 56^\circ$

Pada **Gambar 4.22** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0.2145 cm.



**Gambar 4.22** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $B = 4 \text{ cm}$  dan  $\alpha = 56^\circ$ .

8. Variasi  $B = 6 \text{ cm}$  dan  $\alpha = 56^\circ$

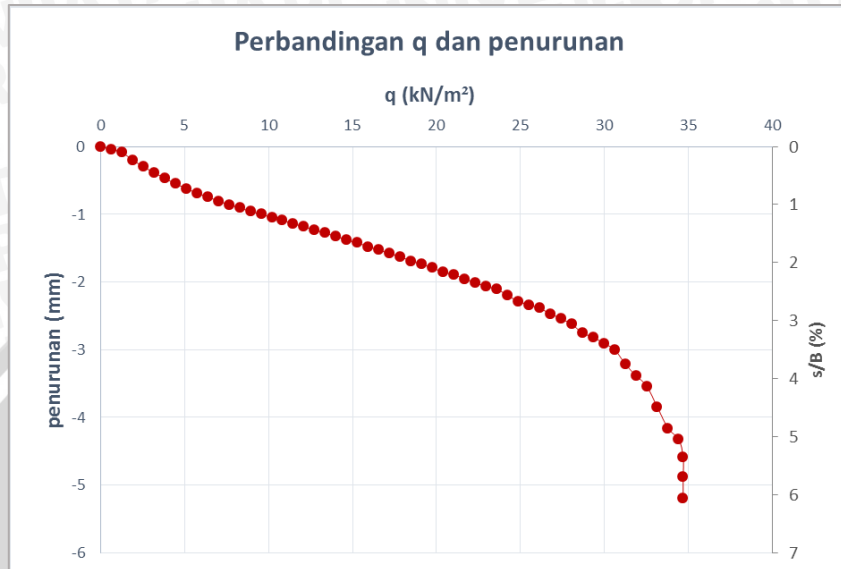
Pada **Gambar 4.23** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0.4995 cm.



**Gambar 4.23** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $B = 6 \text{ cm}$  dan  $\alpha = 56^\circ$ .

9. Variasi  $B = 8$  cm dan  $\alpha = 56^\circ$

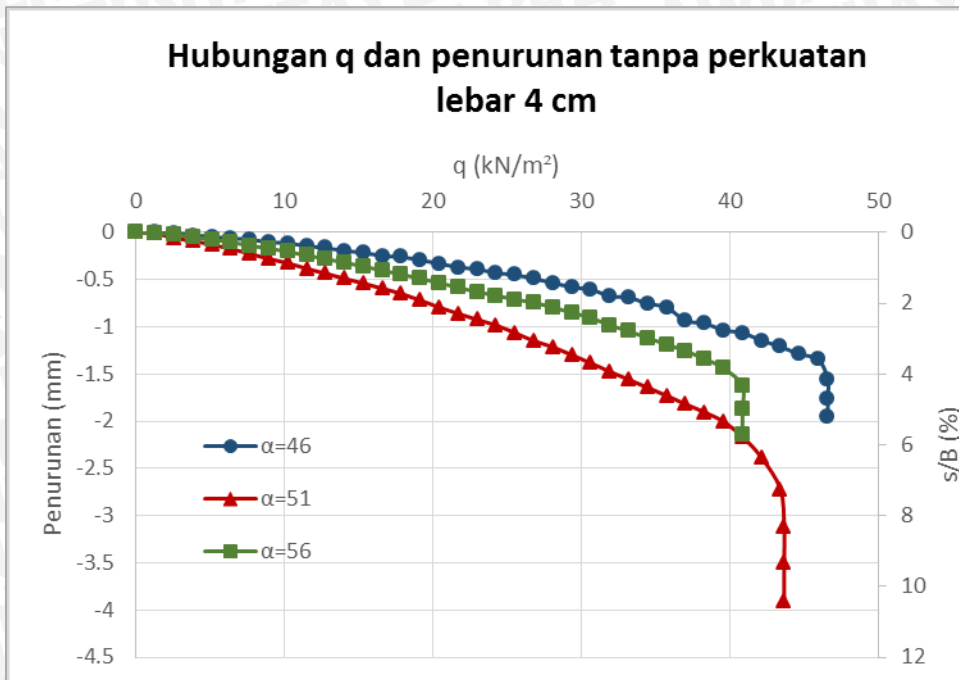
Pada **Gambar 4.24** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0.5195 cm.



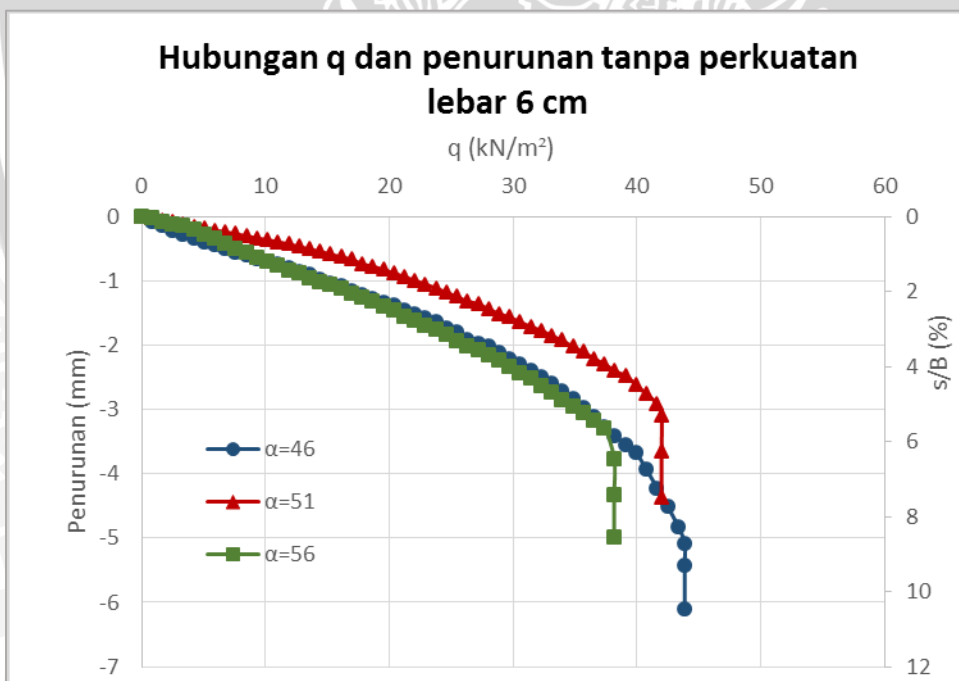
**Gambar 4.24** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $B = 8$  cm dan  $\alpha = 56^\circ$ .

#### 4.5.1.1. Penurunan Tanah Pada Variasi Kemiringan Lereng ( $\alpha$ ) Terhadap Lebar Pondasi ( $B$ )

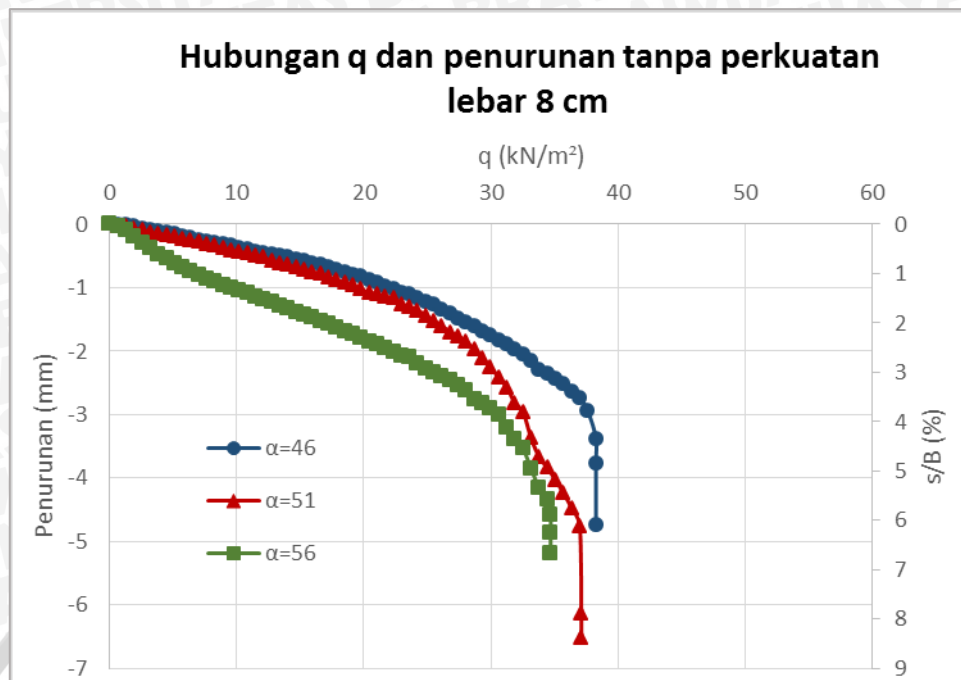
Pada **Gambar 4.25** akan menampilkan perbandingan penurunan dan daya dukung pada saat  $B = 4$  cm dengan variasi kemiringan sudut lereng, **Gambar 4.26** akan menampilkan perbandingan penurunan dan daya dukung pada saat  $B = 6$  cm dengan variasi kemiringan sudut lereng, serta pada **Gambar 4.27** akan menampilkan perbandingan penurunan dan daya dukung pada saat  $B = 8$  cm dengan variasi kemiringan sudut lereng pada pemodelan lereng tanpa perkuatan dengan variabel jarak pondasi tetap yaitu  $d/B = 1$ .



**Gambar 4.25** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $B = 4$  cm pada variasi kemiringan sudut ( $46^\circ$ ;  $51^\circ$ ;  $56^\circ$ ).



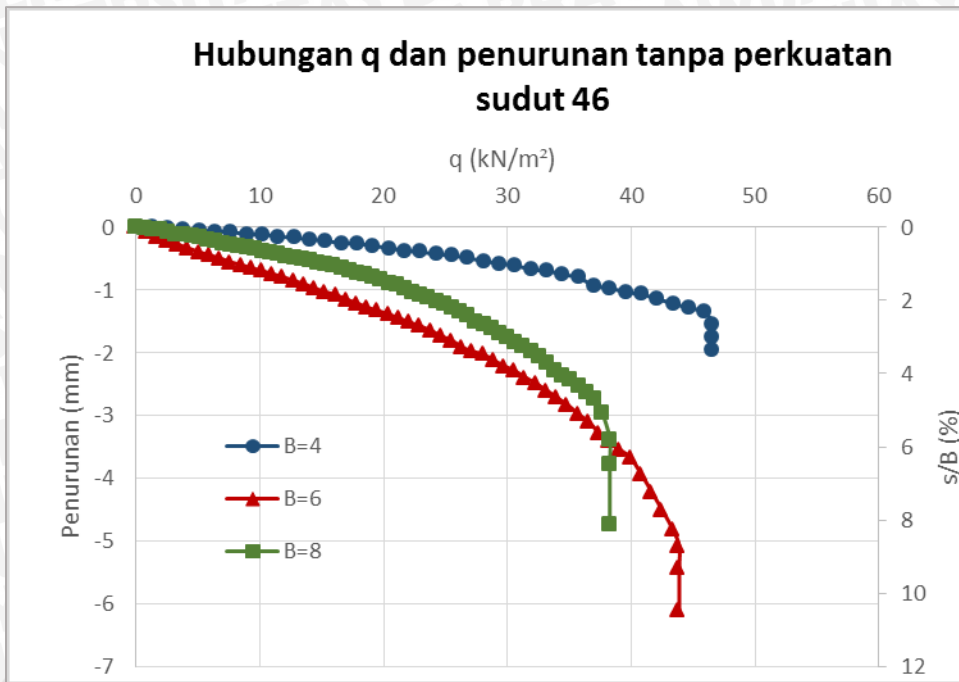
**Gambar 4.26** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $B = 6$  cm pada variasi kemiringan sudut ( $46^\circ$ ;  $51^\circ$ ;  $56^\circ$ ).



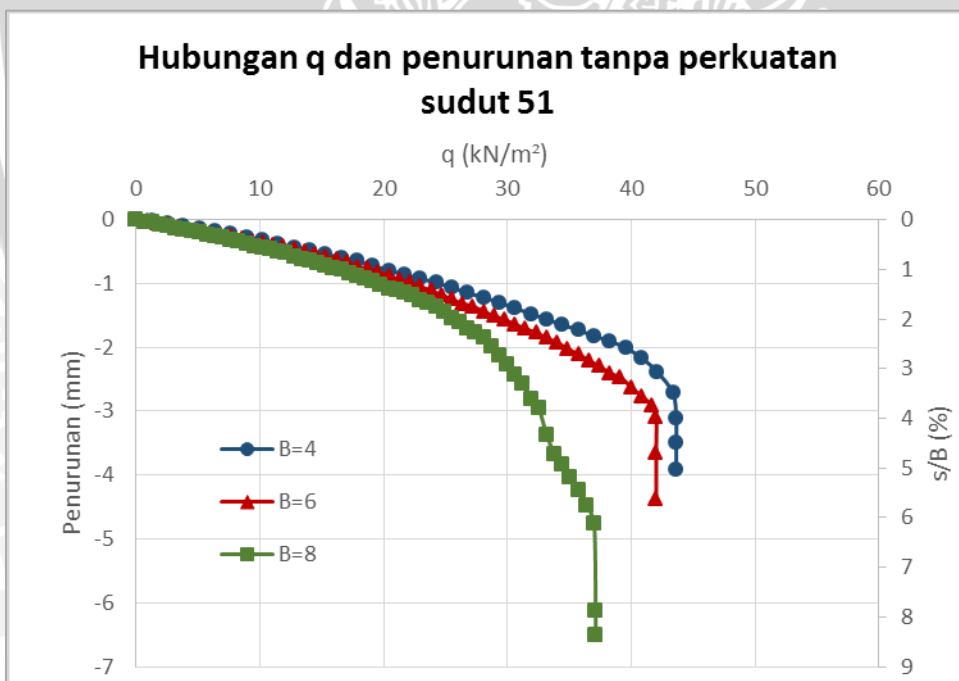
**Gambar 4.27** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $B = 8$  cm pada variasi kemiringan sudut ( $46^\circ$ ;  $51^\circ$ ;  $56^\circ$ ).

#### 4.5.1.2. Penurunan Tanah Pada Variasi Lebar Pondasi (B) Terhadap Kemiringan Lereng ( $\alpha$ )

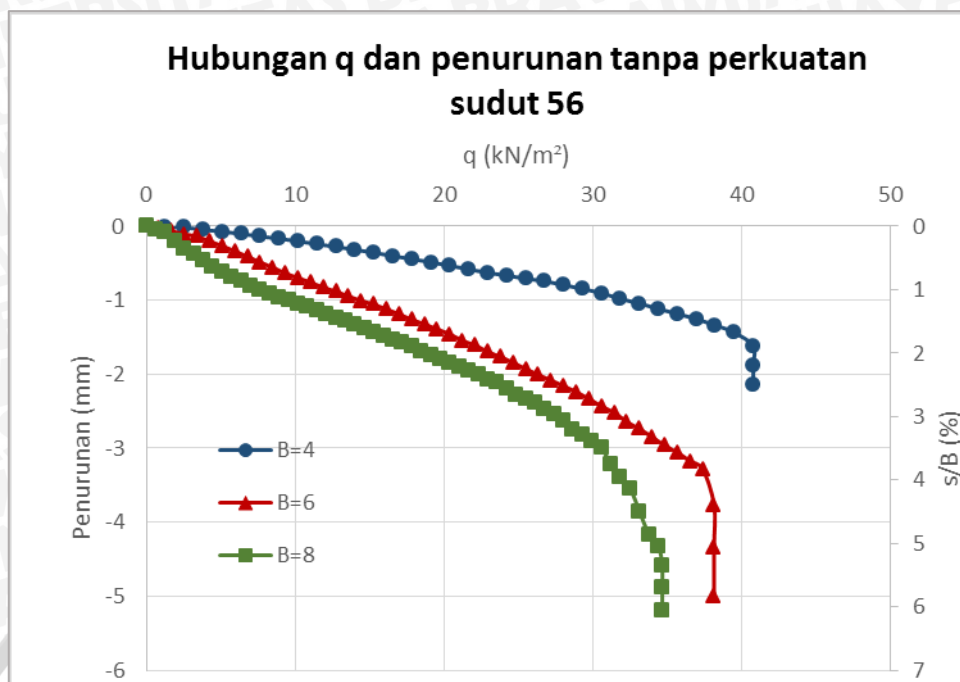
Berikut pada **Gambar 4.28** akan menampilkan perbandingan penurunan dan daya dukung saat  $\alpha = 46^\circ$  dengan variasi lebar pondasi, **Gambar 4.29** akan menampilkan perbandingan penurunan dan daya dukung pada saat  $\alpha = 51^\circ$  dengan variasi lebar pondasi, dan **Gambar 4.30** akan menampilkan penurunan dan daya dukung pada saat  $\alpha = 56^\circ$  dengan lebar pondasi pada pemodelan lereng tanpa perkuatan dengan variabel jarak pondasi tetap yaitu  $d/B = 1$ .



**Gambar 4.28** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $\alpha = 46^\circ$  pada variasi lebar pondasi (4 cm; 6 cm; 8 cm).



**Gambar 4.29** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $\alpha = 51^\circ$  pada variasi lebar pondasi (4 cm; 6 cm; 8 cm)

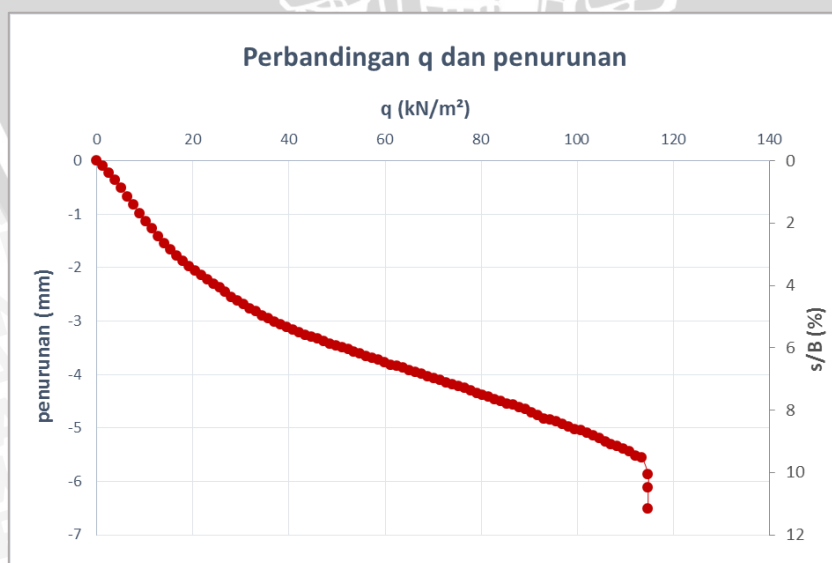


**Gambar 4.30** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $\alpha = 56^\circ$  pada variasi lebar pondasi (4 cm; 6 cm; 8 cm).

#### 4.5.2. Lereng Dengan Perkuatan Geogrid

##### 1. Variasi B = 4 cm dan $\alpha = 46^\circ$

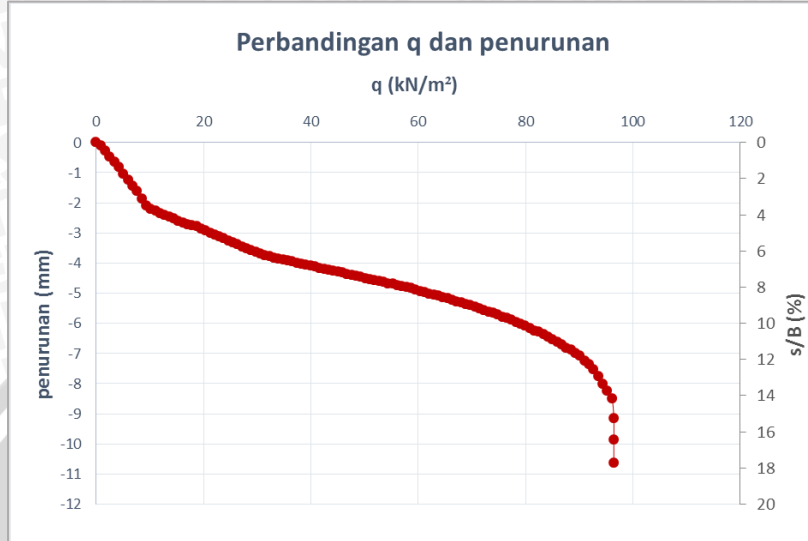
Pada **Gambar 4.31** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0.6505 cm.



**Gambar 4.31** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan B = 4 cm dan  $\alpha = 46^\circ$ .

2. Variasi  $B = 6$  cm dan  $\alpha = 46^\circ$

Pada **Gambar 4.32** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 1,0625 cm.



**Gambar 4.32** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 6$  cm dan  $\alpha = 46^\circ$ .

3. Variasi  $B = 8$  cm dan  $\alpha = 46^\circ$

Pada **Gambar 4.33** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0,9335 cm.

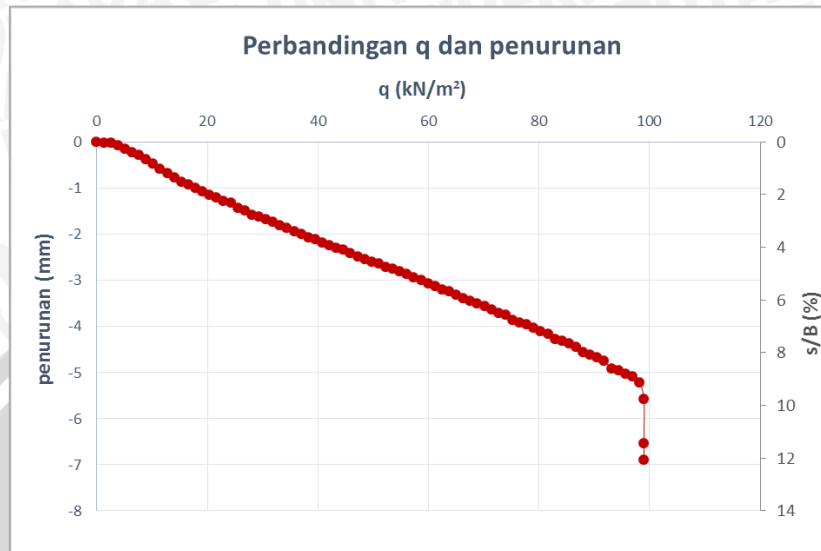


**Gambar 4.33** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 8$  cm dan  $\alpha = 46^\circ$ .



4. Variasi  $B = 4$  cm dan  $\alpha = 51^\circ$

Pada **Gambar 4.34** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0.69 cm.



**Gambar 4.34** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 4$  cm dan  $\alpha = 51^\circ$ .

5. Variasi  $B = 6$  cm dan  $\alpha = 51^\circ$

Pada **Gambar 4.35** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0.981 cm.



**Gambar 4.35** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 6$  cm dan  $\alpha = 51^\circ$ .

6. Variasi  $B = 8$  cm dan  $\alpha = 51^\circ$

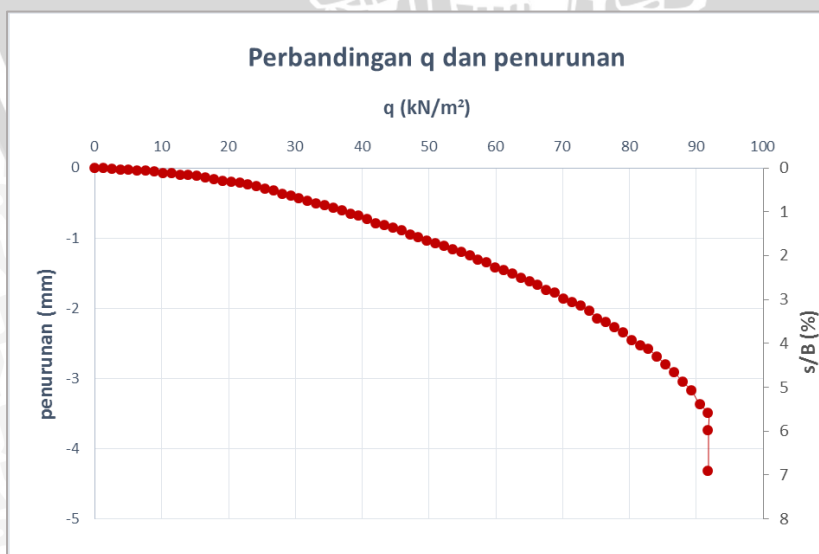
Pada **Gambar 4.36** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0.801 cm.



**Gambar 4.36** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 8$  cm dan  $\alpha = 51^\circ$ .

7. Variasi  $B = 4$  cm dan  $\alpha = 56^\circ$

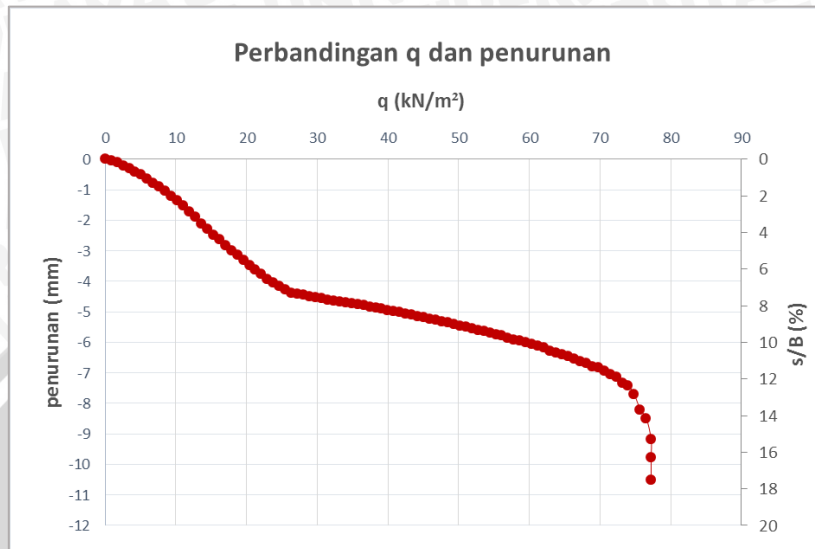
Pada **Gambar 4.37** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0.4325 cm.



**Gambar 4.37** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 4$  cm dan  $\alpha = 56^\circ$ .

8. Variasi  $B = 6$  cm dan  $\alpha = 56^\circ$

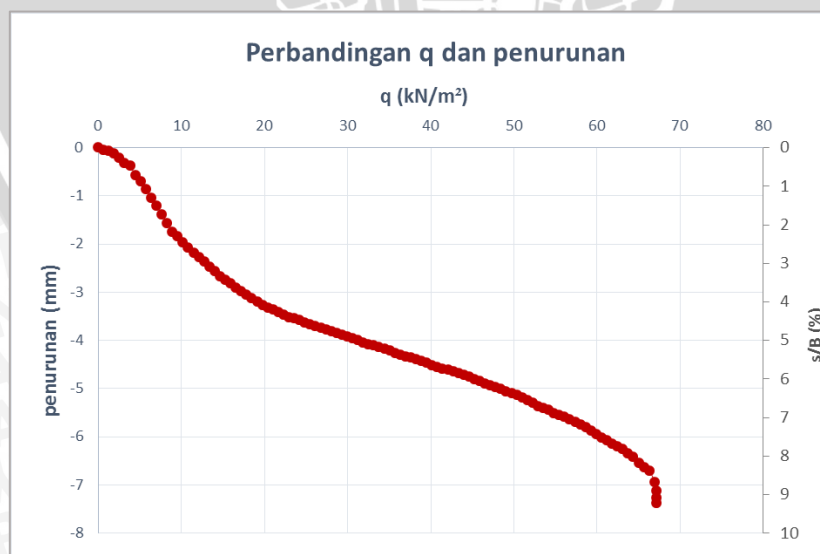
Pada **Gambar 4.38** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 1.0525 cm.



**Gambar 4.38** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 6$  cm dan  $\alpha = 56^\circ$ .

9. Variasi  $B = 8$  cm dan  $\alpha = 56^\circ$

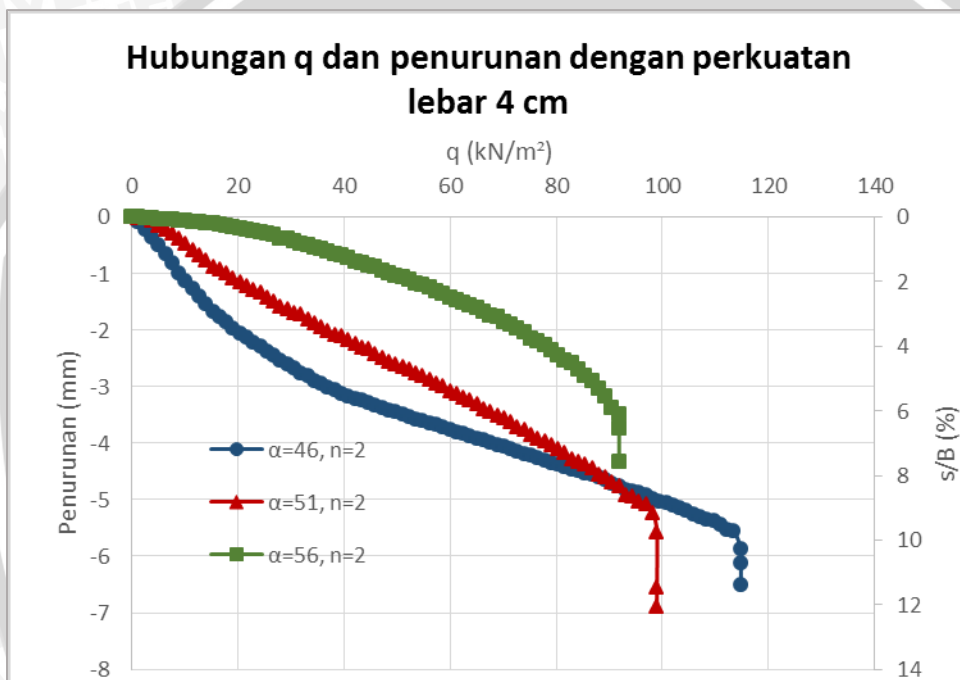
Pada **Gambar 4.39** disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi mencapai 0.7375 cm.



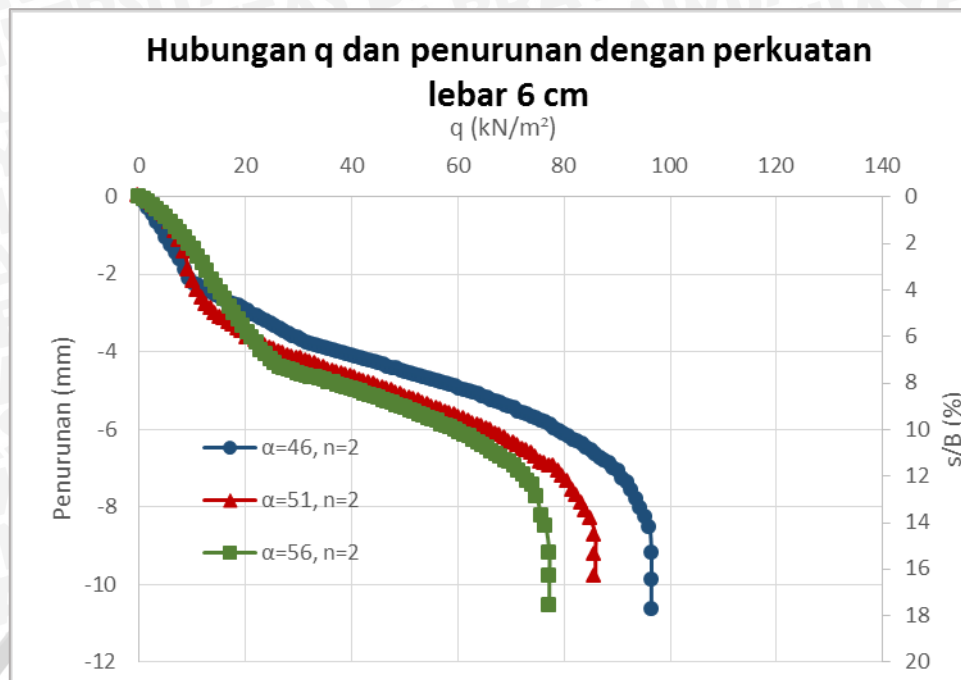
**Gambar 4.39** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 8$  cm dan  $\alpha = 56^\circ$ .

#### 4.5.2.1. Penurunan Tanah Pada Variasi Kemiringan Lereng ( $\alpha$ ) Terhadap Lebar Pondasi (B)

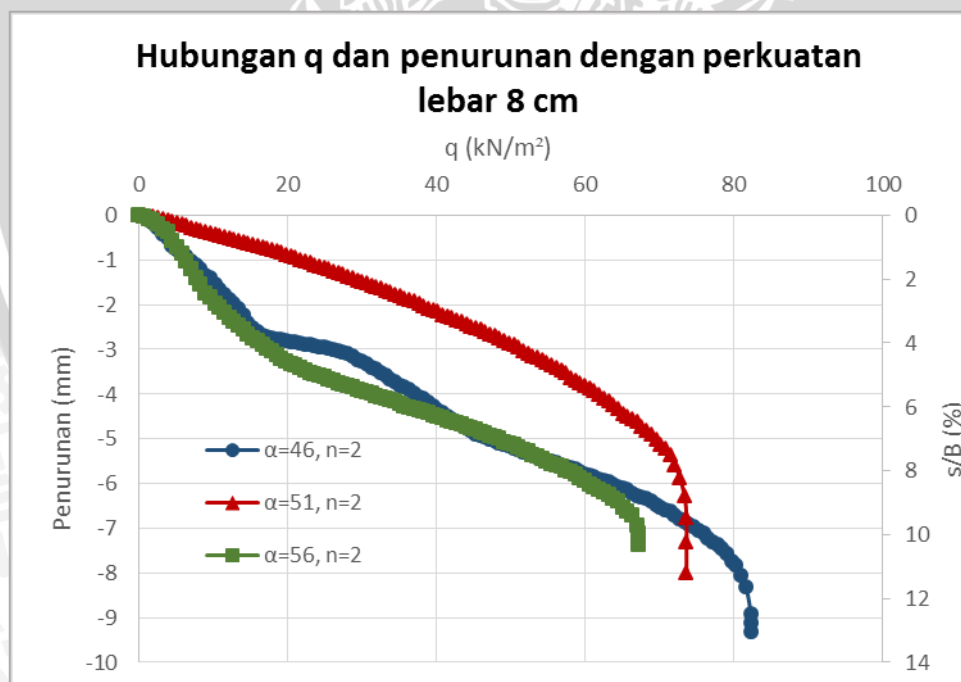
Pada **Gambar 4.40** akan menampilkan perbandingan penurunan dan daya dukung pada saat  $B = 4$  cm dengan variasi kemiringan sudut lereng, **Gambar 4.41** akan menampilkan perbandingan penurunan dan daya dukung pada saat  $B = 6$  cm dengan variasi kemiringan sudut lereng, serta pada **Gambar 4.42** akan menampilkan perbandingan penurunan dan daya dukung pada saat  $B = 8$  cm dengan variasi kemiringan sudut lereng pada pemodelan lereng dengan 2 lapis perkuatan dan variabel jarak pondasi tetap yaitu  $d/B = 1$ .



**Gambar 4.40** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 4$  cm pada variasi kemiringan sudut ( $46^\circ$ ;  $51^\circ$ ;  $56^\circ$ ).



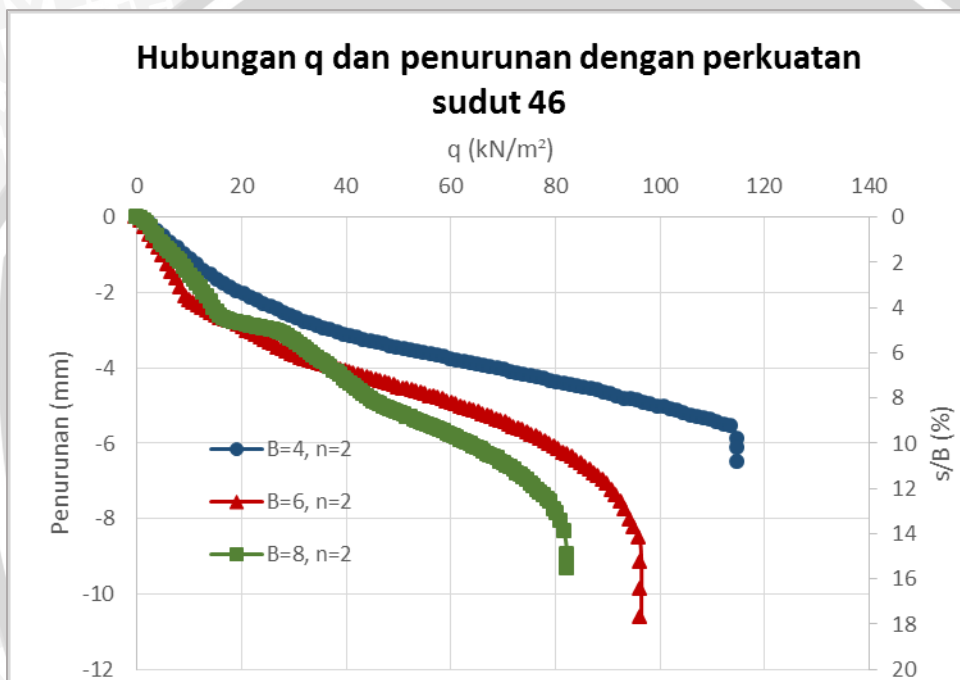
**Gambar 4.41** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 6$  cm pada variasi kemiringan sudut ( $46^\circ$ ;  $51^\circ$ ;  $56^\circ$ ).



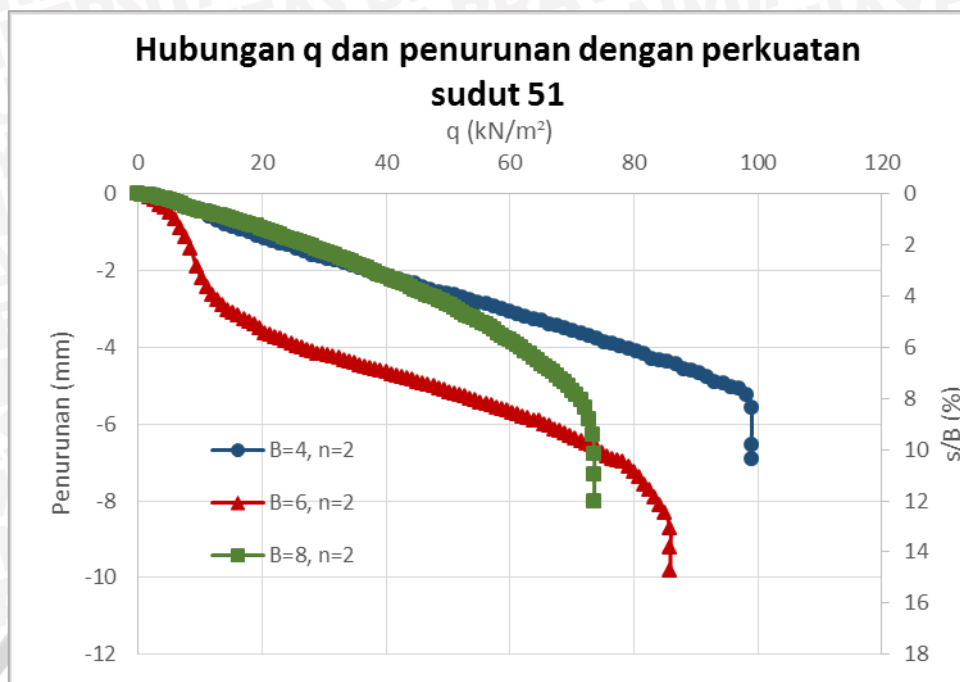
**Gambar 4.42** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $B = 8$  cm pada variasi kemiringan sudut ( $46^\circ$ ;  $51^\circ$ ;  $56^\circ$ ).

#### 4.5.2.2. Penurunan Tanah Pada Variasi Lebar Pondasi (B) Terhadap Kemiringan Lereng ( $\alpha$ )

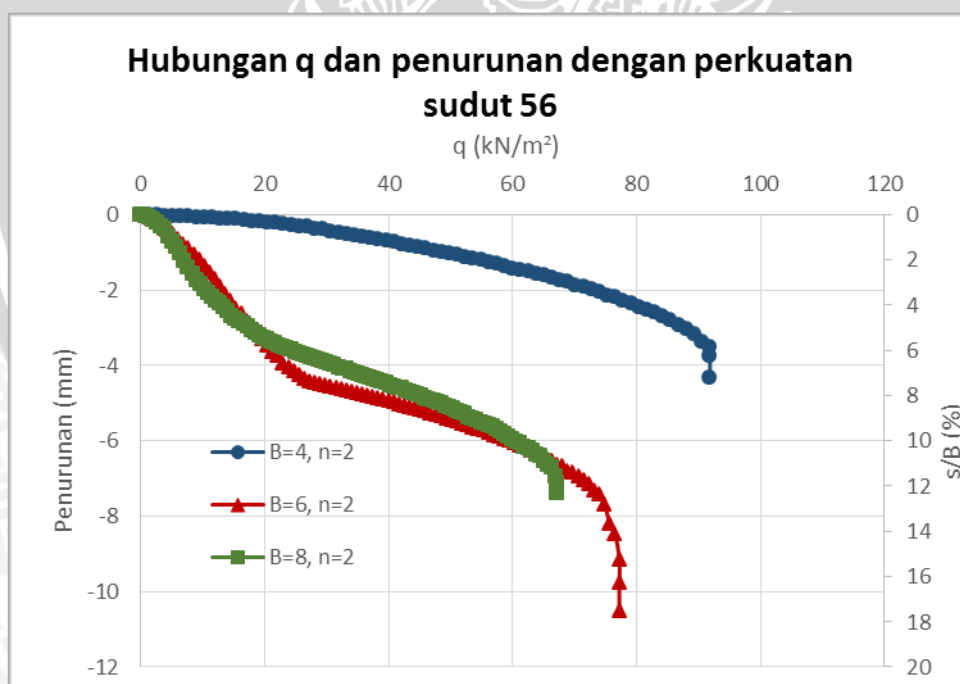
Berikut pada **Gambar 4.43** akan menampilkan perbandingan penurunan dan daya dukung saat  $\alpha = 46^\circ$  dengan variasi lebar pondasi, **Gambar 4.44** akan menampilkan perbandingan penurunan dan daya dukung pada saat  $\alpha = 51^\circ$  dengan variasi lebar pondasi, dan **Gambar 4.45** akan menampilkan penurunan dan daya dukung pada saat  $\alpha = 56^\circ$  dengan lebar pondasi pada pemodelan lereng dengan 2 lapis perkuatan dan variabel jarak pondasi tetap yaitu  $d/B = 1$ .



**Gambar 4.43** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $\alpha = 46^\circ$  pada variasi lebar pondasi (4 cm; 6 cm; 8 cm).



**Gambar 4.44** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $\alpha = 51^\circ$  pada variasi lebar pondasi (4 cm; 6 cm; 8 cm).

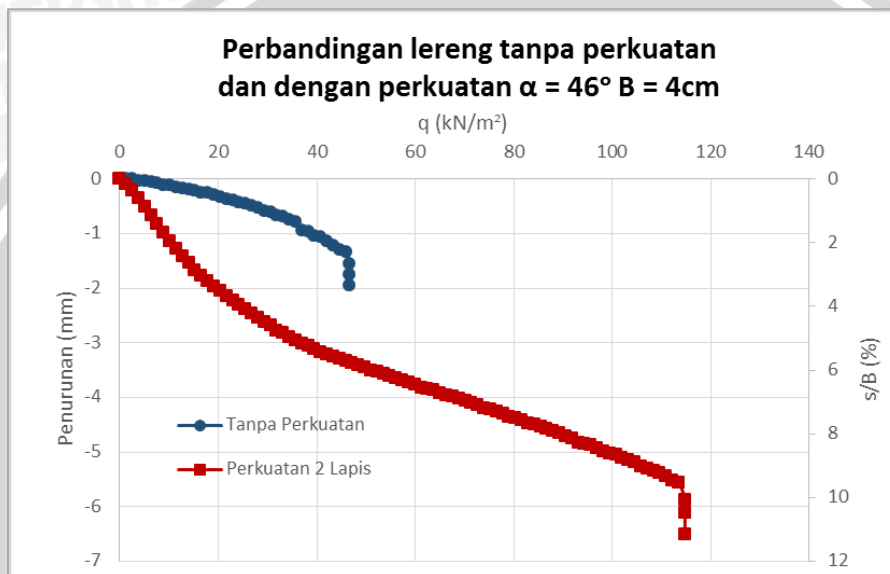


**Gambar 4.45** Grafik perbandingan hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan perkuatan dengan  $\alpha = 56^\circ$  pada variasi lebar pondasi (4 cm; 6 cm; 8 cm).

#### 4.6. Perbandingan Hubungan Daya Dukung dan Penurunan Lereng Tanpa Perkuatan dengan Menggunakan Perkuatan Geogrid

##### 1. Variasi $B = 4 \text{ cm}$ dan $\alpha = 46^\circ$

Pada lereng yang sudah diberikan perkuatan geogrid, penurunan tanah yang terjadi pada pondasi cenderung semakin besar dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Untuk lereng dengan perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 0.6505 cm dan untuk lereng tanpa perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 0.195 cm.

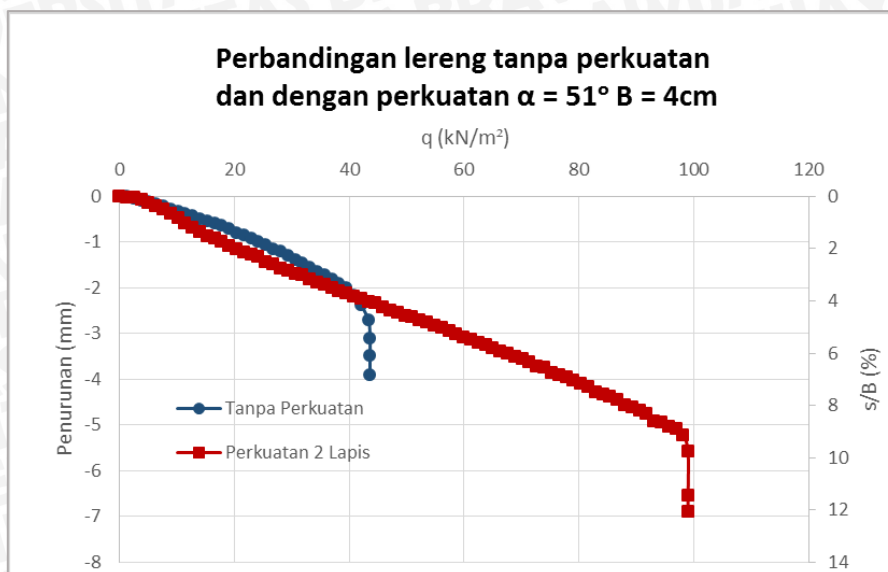


**Gambar 4.46** Grafik Hubungan Daya Dukung dan Penurunan Tanah pada Lereng Perkuatan dan Tanpa Perkuatan dengan Lebar Pondasi 4 cm dan Kemiringan Lereng  $46^\circ$ .

##### 2. Variasi $B = 4 \text{ cm}$ dan $\alpha = 51^\circ$

Pada lereng yang sudah diberikan perkuatan geogrid, penurunan tanah yang terjadi pada pondasi cenderung semakin besar dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Untuk lereng dengan perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 0.69 cm dan untuk lereng tanpa perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 0.391 cm.

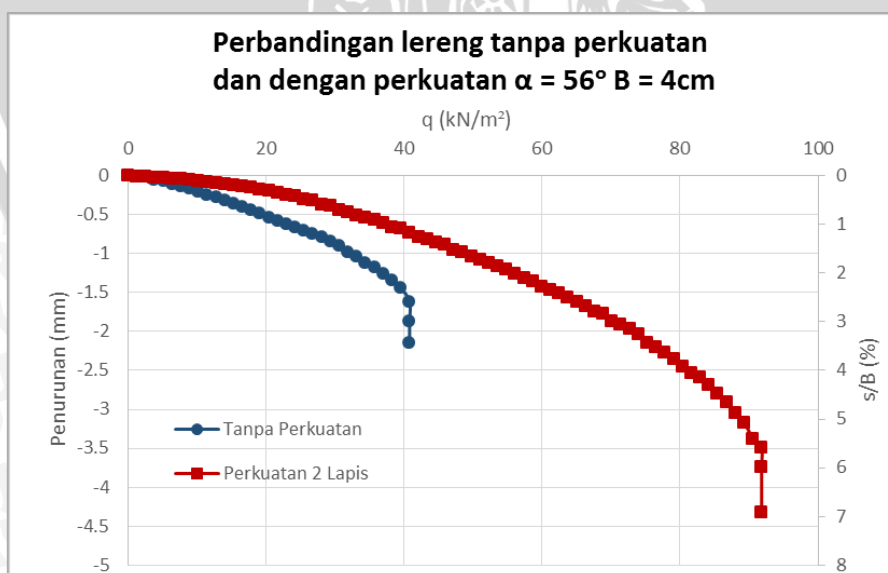




**Gambar 4.47** Grafik Hubungan Daya Dukung dan Penurunan Tanah pada Lereng Perkuatan dan Tanpa Perkuatan dengan Lebar Pondasi 4 cm dan Kemiringan Lereng  $51^\circ$ .

3. Variasi  $B = 4$  cm dan  $\alpha = 56^\circ$

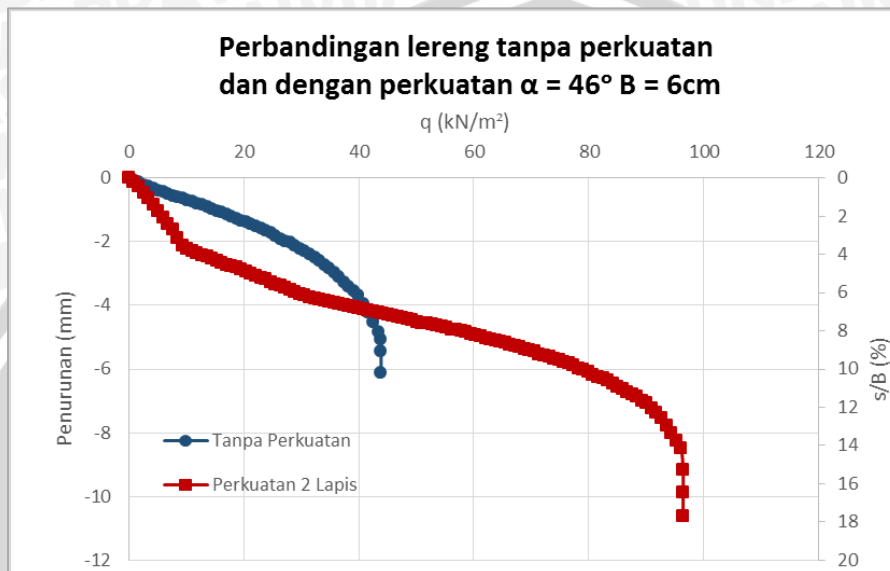
Pada lereng yang sudah diberikan perkuatan geogrid, penurunan tanah yang terjadi pada pondasi cenderung semakin besar dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Untuk lereng dengan perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 0.4325 cm dan untuk lereng tanpa perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 0.2145 cm.



**Gambar 4.48** Grafik Hubungan Daya Dukung dan Penurunan Tanah pada Lereng Perkuatan dan Tanpa Perkuatan dengan Lebar Pondasi 4 cm dan Kemiringan Lereng  $56^\circ$ .

4. Variasi  $B = 6 \text{ cm}$  dan  $\alpha = 46^\circ$

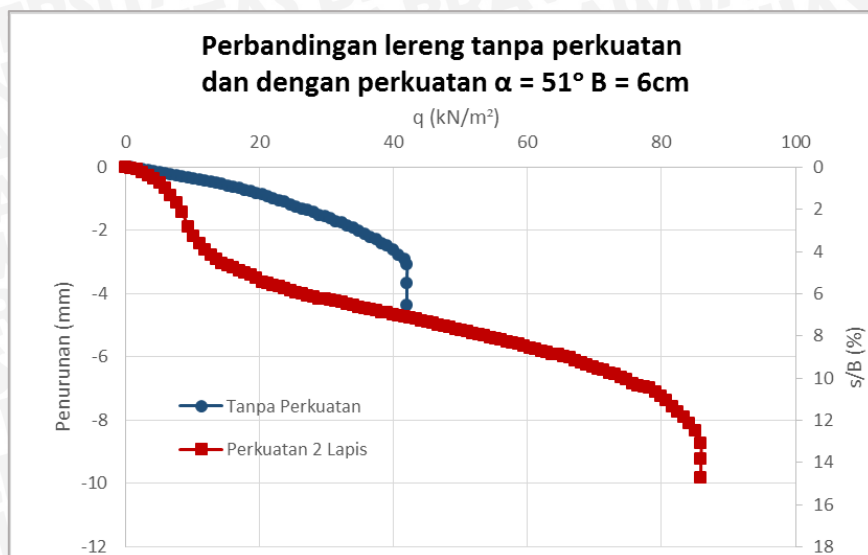
Pada lereng yang sudah diberikan perkuatan geogrid, penurunan tanah yang terjadi pada pondasi cenderung semakin besar dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Untuk lereng dengan perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 1.0625 cm dan untuk lereng tanpa perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 0.611 cm.



**Gambar 4.49** Grafik Hubungan Daya Dukung dan Penurunan Tanah pada Lereng Perkuatan dan Tanpa Perkuatan dengan Lebar Pondasi 6 cm dan Kemiringan Lereng  $46^\circ$ .

5. Variasi  $B = 6 \text{ cm}$  dan  $\alpha = 51^\circ$

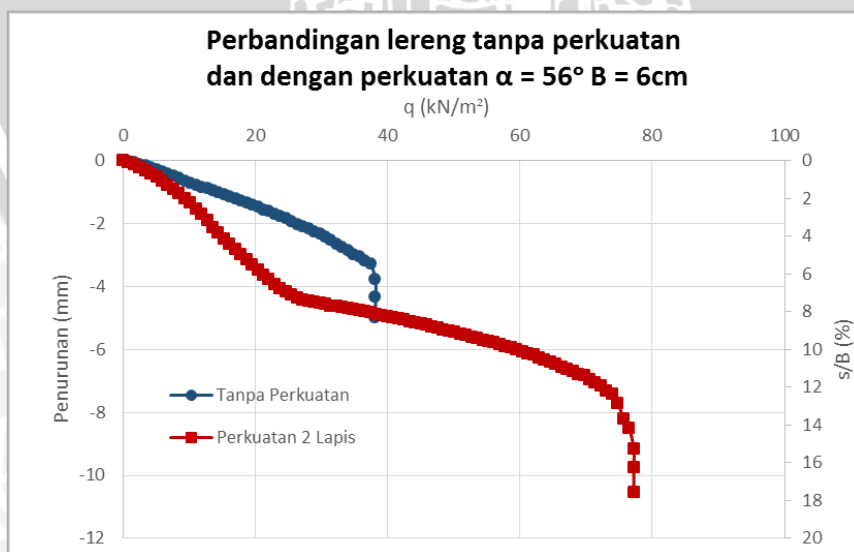
Pada lereng yang sudah diberikan perkuatan geogrid, penurunan tanah yang terjadi pada pondasi cenderung semakin besar dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Untuk lereng dengan perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 0.981 cm dan untuk lereng tanpa perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 0.437 cm.



**Gambar 4.50** Grafik Hubungan Daya Dukung dan Penurunan Tanah pada Lereng Perkuatan dan Tanpa Perkuatan dengan Lebar Pondasi 6 cm dan Kemiringan Lereng 51°.

6. Variasi B = 6 cm dan  $\alpha = 56^\circ$

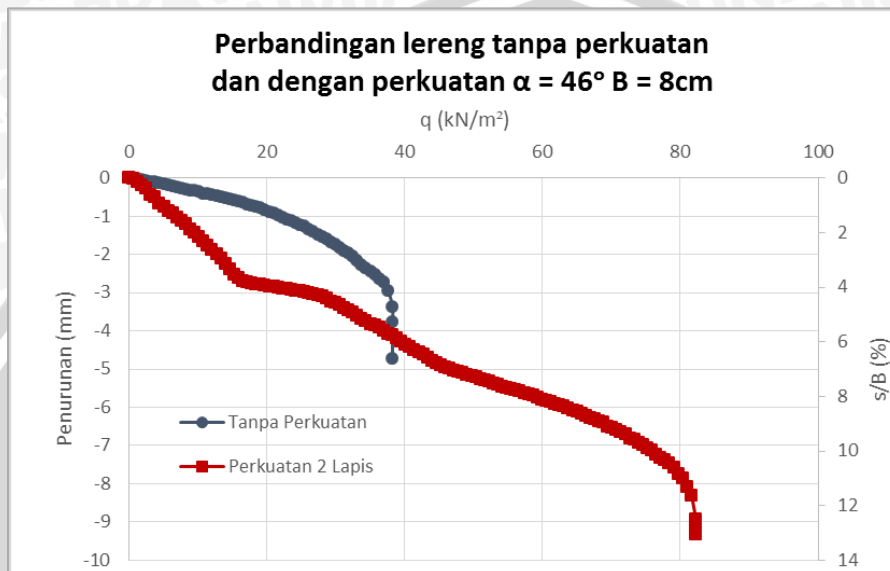
Pada lereng yang sudah diberikan perkuatan geogrid, penurunan tanah yang terjadi pada pondasi cenderung semakin besar dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Untuk lereng dengan perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 1.0525 cm dan untuk lereng tanpa perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 0.4995 cm.



**Gambar 4.51** Grafik Hubungan Daya Dukung dan Penurunan Tanah pada Lereng Perkuatan dan Tanpa Perkuatan dengan Lebar Pondasi 6 cm dan Kemiringan Lereng 56°.

7. Variasi  $B = 8 \text{ cm}$  dan  $\alpha = 46^\circ$ 

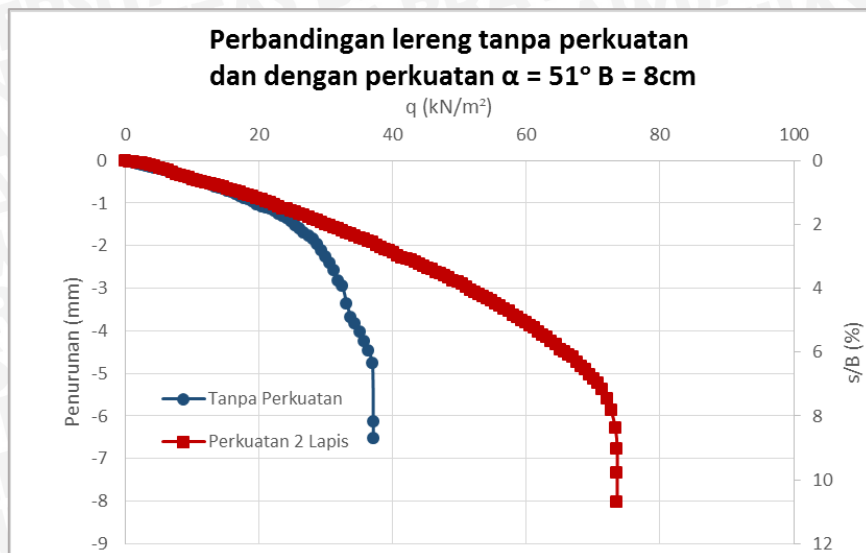
Pada lereng yang sudah diberikan perkuatan geogrid, penurunan tanah yang terjadi pada pondasi cenderung semakin besar dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Untuk lereng dengan perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 1.9335 cm dan untuk lereng tanpa perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 0.474 cm.



**Gambar 4.52** Grafik Hubungan Daya Dukung dan Penurunan Tanah pada Lereng Perkuatan dan Tanpa Perkuatan dengan Lebar Pondasi 8 cm dan Kemiringan Lereng  $46^\circ$ .

8. Variasi  $B = 8 \text{ cm}$  dan  $\alpha = 51^\circ$ 

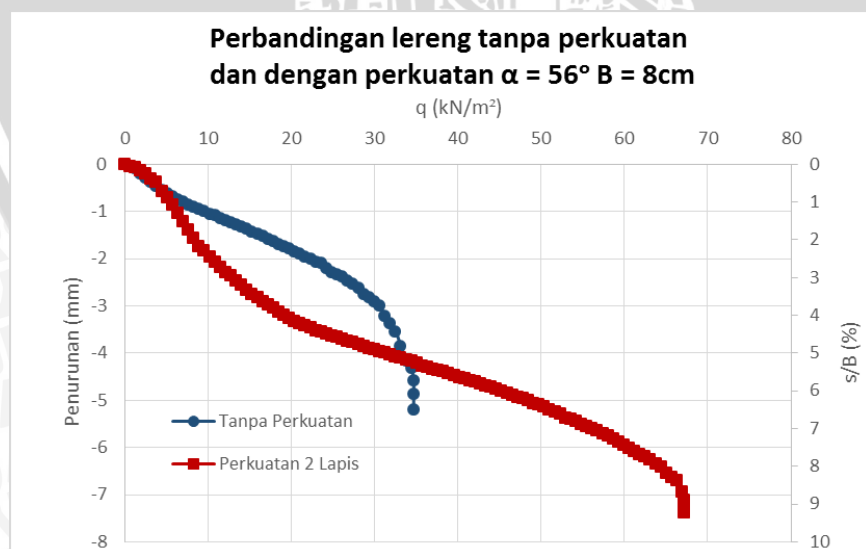
Pada lereng yang sudah diberikan perkuatan geogrid, penurunan tanah yang terjadi pada pondasi cenderung semakin besar dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Untuk lereng dengan perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 0.801 cm dan untuk lereng tanpa perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 0.6515 m.



**Gambar 4.53** Grafik Hubungan Daya Dukung dan Penurunan Tanah pada Lereng Perkuatan dan Tanpa Perkuatan dengan Lebar Pondasi 8 cm dan Kemiringan Lereng  $51^\circ$ .

9. Variasi  $B = 8$  cm dan  $\alpha = 56^\circ$

Pada lereng yang sudah diberikan perkuatan geogrid, penurunan tanah yang terjadi pada pondasi cenderung semakin besar dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan. Untuk lereng dengan perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 0.7375 cm dan untuk lereng tanpa perkuatan penurunan tanah yang terjadi pada saat beban runtuh adalah 0.5195 m.



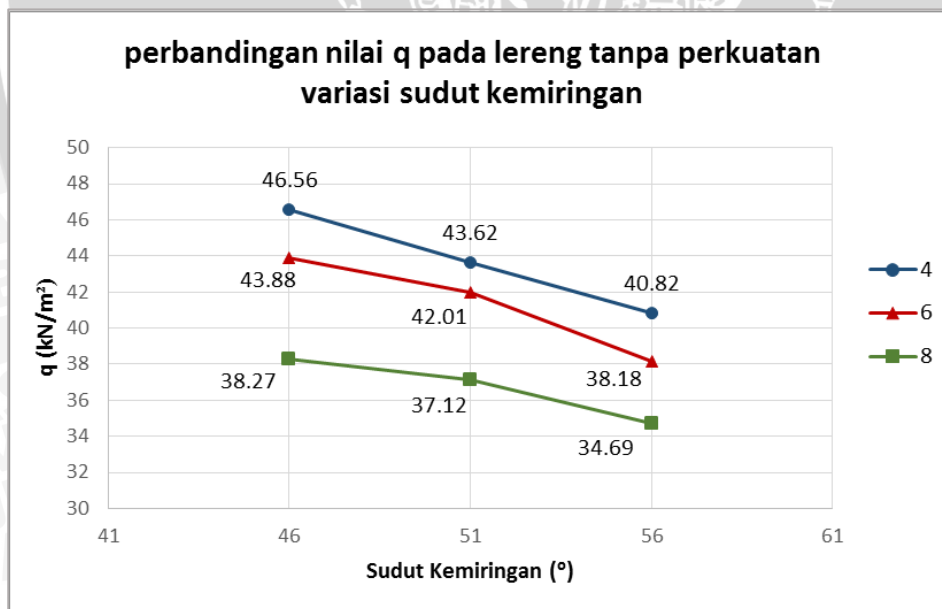
**Gambar 4.54** Grafik Hubungan Daya Dukung dan Penurunan Tanah pada Lereng Perkuatan dan Tanpa Perkuatan dengan Lebar Pondasi 8 cm dan Kemiringan Lereng  $56^\circ$ .

#### 4.7. Perbandingan Daya Dukung Lereng dan Beban Runtuh dengan Variasi Sudut Kemiringan Lereng

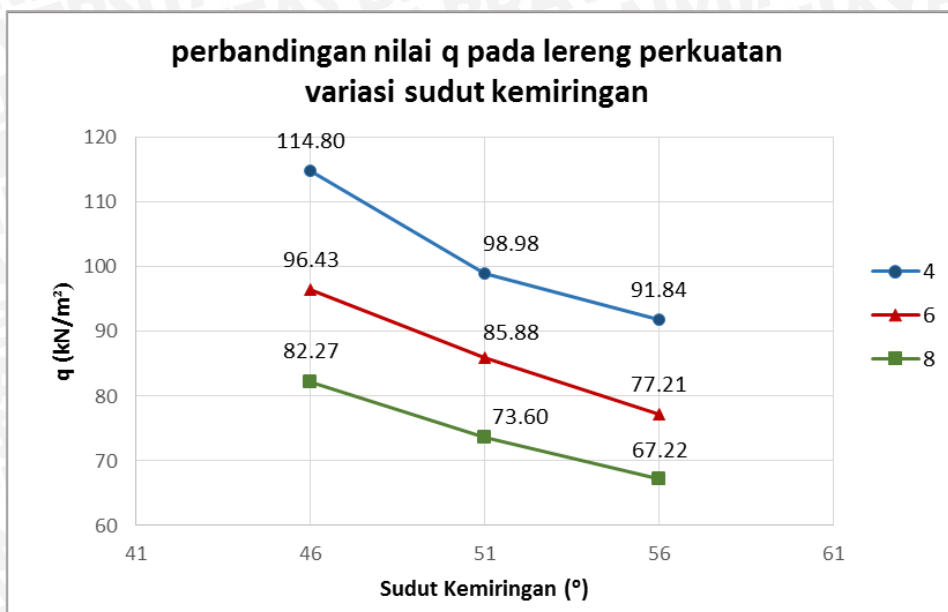
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terlihat hasil yang signifikan pada daya dukung lereng menggunakan perkuatan geogrid dengan variasi sudut kemiringan lereng, dan hasil tersebut disajikan pada **Tabel 4.9** berikut.

**Tabel 4.9** Perbandingan Nilai Daya Dukung Lereng dan Beban Runtuh dengan Variasi Sudut Kemiringan Lereng ( $\alpha$ )

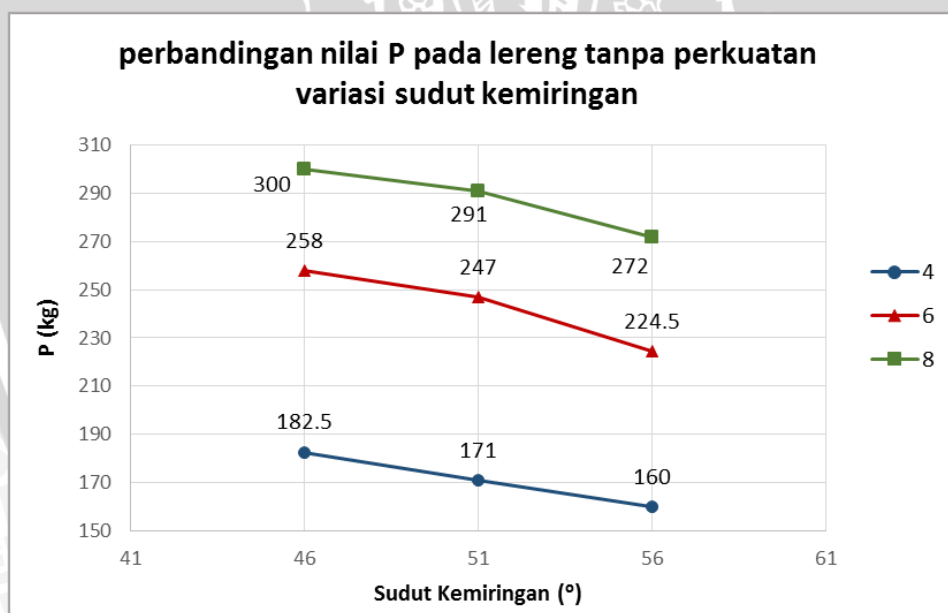
B (cm)	$\alpha$ (°)	Tanpa Perkuatan		Perkuatan	
		P (kg)	q (kN/m <sup>2</sup> )	P (kg)	q (kN/m <sup>2</sup> )
4	46	182.5	46.56	450	114.80
	51	171	43.62	388	98.98
	56	160	40.82	360	91.84
6	46	258	43.88	567	96.43
	51	247	42.01	505	85.88
	56	224.5	38.18	454	77.21
8	46	300	38.27	645	82.27
	51	291	37.12	577	73.60
	56	272	34.69	527	67.22



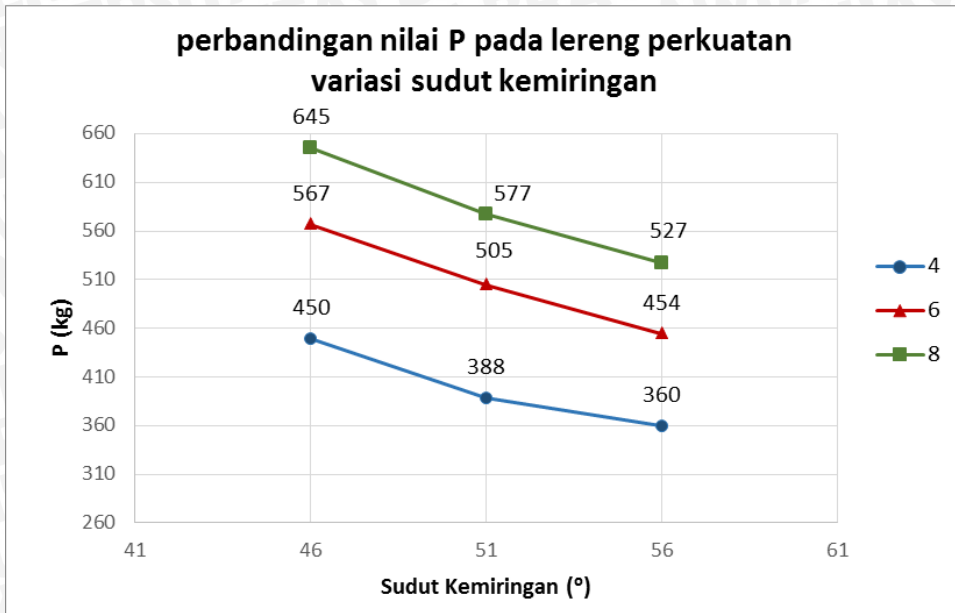
**Gambar 4.55** Grafik Perbandingan Nilai Daya Dukung Lereng Tanpa Perkuatan dengan Variasi Sudut Kemiringan Lereng.



**Gambar 4.56** Grafik Perbandingan Nilai Daya Dukung Lereng Menggunakan Perkuatan Geogrid dengan Variasi Sudut Kemiringan Lereng.



**Gambar 4.57** Grafik Perbandingan Nilai Beban Runtuh Lereng Tanpa Perkuatan dengan Variasi Sudut Kemiringan Lereng.



**Gambar 4.58** Grafik Perbandingan Nilai Beban Runtuh Lereng Menggunakan Perkuatan Geogrid dengan Variasi Sudut Kemiringan Lereng.

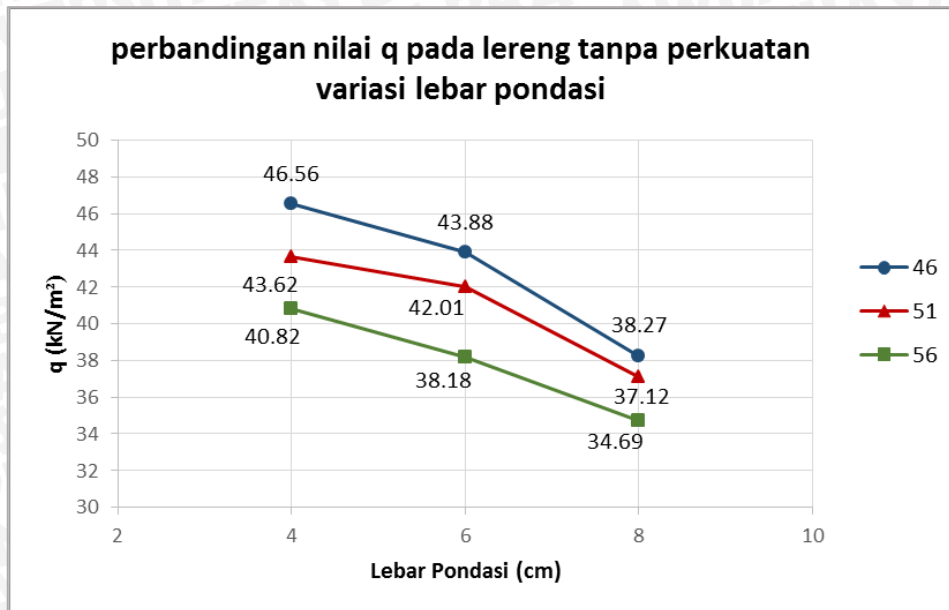
#### 4.8. Perbandingan Daya Dukung Lereng dan Beban Runtuh dengan Variasi Lebar Pondasi

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terlihat hasil yang signifikan pada daya dukung lereng menggunakan perkuatan geogrid dengan jarak pondasi (D/B), dan hasil tersebut disajikan pada **Tabel 4.10** berikut.

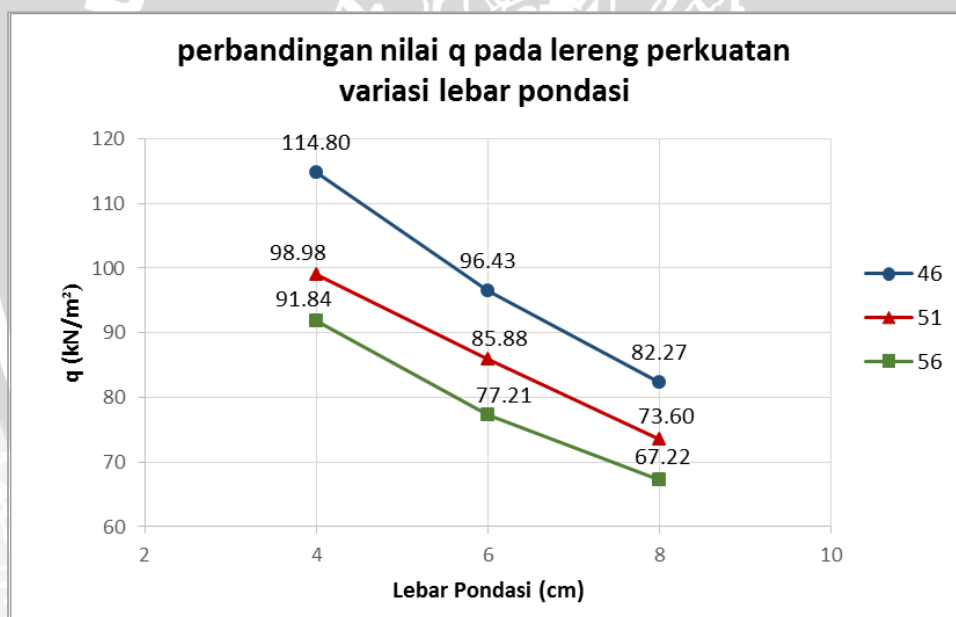
**Tabel 4.10** Perbandingan Nilai Daya Dukung Lereng dan Beban Runtuh dengan Variasi Lebar Pondasi (B)

$\alpha$ (°)	B (cm)	Tanpa Perkuatan		Perkuatan	
		P (kg)	q (kN/m <sup>2</sup> )	P (kg)	q (kN/m <sup>2</sup> )
46	4	182.5	46.56	450	114.80
	6	258	43.88	567	96.43
	8	300	38.27	645	82.27
51	4	171	43.62	388	98.98
	6	247	42.01	505	85.88
	8	291	37.12	577	73.60
56	4	160	40.82	360	91.84
	6	224.5	38.18	454	77.21
	8	272	34.69	527	67.22

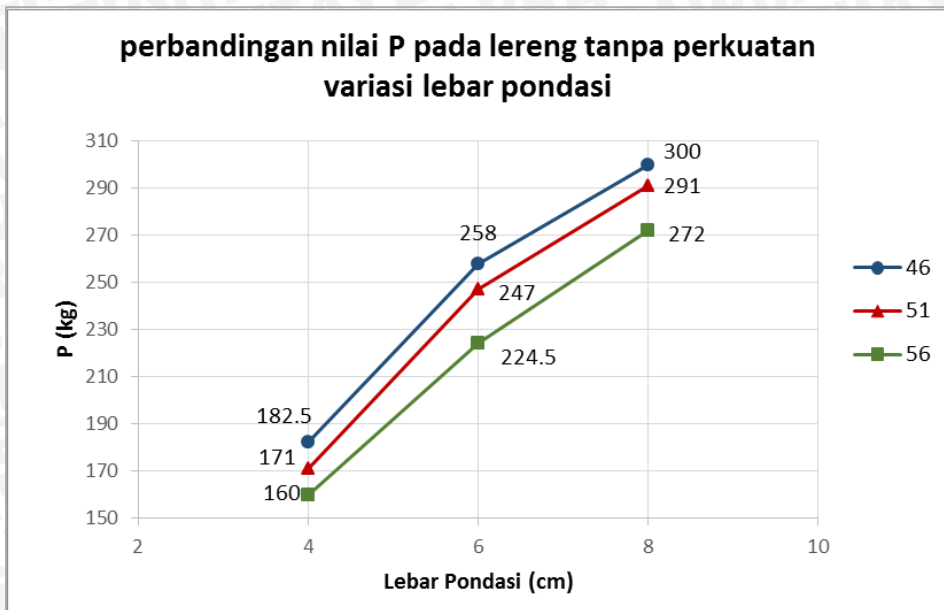




**Gambar 4.59** Grafik Perbandingan Nilai Daya Dukung Lereng Tanpa Perkuatan dengan Variasi Lebar Pondasi.



**Gambar 4.60** Grafik Perbandingan Nilai Daya Dukung Lereng Menggunakan Perkuatan Geogrid dengan Variasi Lebar Pondasi.



**Gambar 4.61** Grafik Perbandingan Nilai Beban Runtuh Tanpa Perkuatan dengan Variasi Lebar Pondasi.



**Gambar 4.62** Grafik Perbandingan Nilai Beban Runtuh Menggunakan Perkuatan Geogrid dengan Variasi Lebar Pondasi.

#### 4.9. Analisis *Bearing Capacity Improvement* (BCI) Berdasarkan Daya Dukung Ultimit

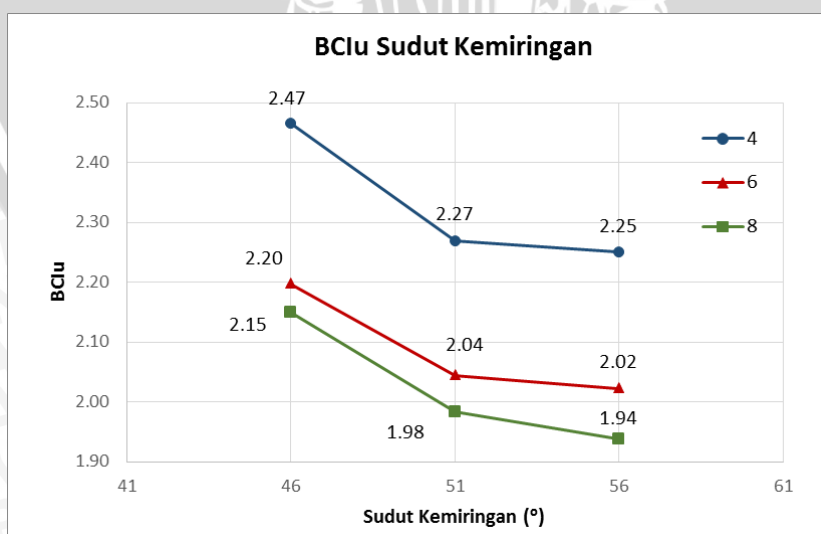
Analisis (BCI<sub>u</sub>) adalah suatu analisis perbandingan antara beban runtuh maksimum saat diberi perkuatan geogrid dengan beban runtuh maksimum tanpa perkuatan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui nilai peningkatan daya dukung yang terjadi akibat adanya pemberian perkuatan geogrid.

##### 4.9.1 Perbandingan BCI<sub>u</sub> Pada Variasi Sudut Kemiringan Lereng

Untuk melihat pengaruh dari kemiringan lereng pada BCI, maka dapat dilihat dari **Gambar 4.63**. Berdasarkan analisis beban maksimum yang dilakukan untuk setiap masing-masing variasi kemiringan lereng, maka didapatkan nilai *Bearing Capacity Improvement* (BCI<sub>u</sub>) seperti pada **Tabel 4.11** berikut ini.

**Tabel 4.11** Nilai BCI<sub>u</sub> Untuk Variasi Sudut Kemiringan Lereng ( $\alpha$ )

B (cm)	$\alpha$ (°)	q (kN/m <sup>2</sup> )		BCI <sub>u</sub>
		Tanpa Perkuatan	Perkuatan	
4	46	46.56	114.80	2.47
	51	43.62	98.98	2.27
	56	40.82	91.84	2.25
6	46	43.88	96.43	2.20
	51	42.01	85.88	2.04
	56	38.18	77.21	2.02
8	46	38.27	82.27	2.15
	51	37.12	73.60	1.98
	56	34.69	67.22	1.94



**Gambar 4.63** Grafik Perbandingan Peningkatan BCI<sub>u</sub> Untuk Variasi Sudut Kemiringan Lereng.

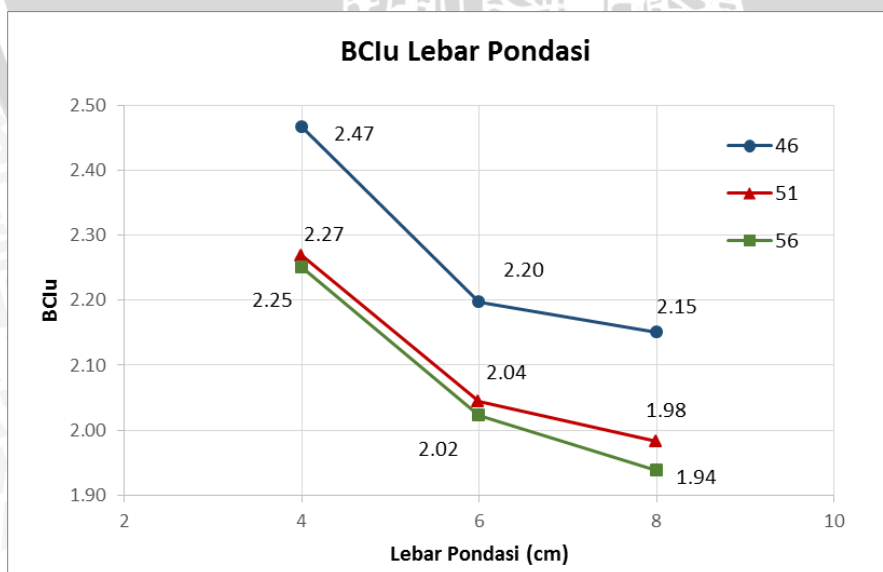
Berdasarkan **Tabel 4.11** dan **Gambar 4.63** di atas, dapat diketahui bahwa bertambahnya sudut akan menurunkan peningkatan daya dukung lereng. Adapun nilai (BCI<sub>u</sub>) paling maksimum dalam penelitian ini diperoleh saat  $B = 4$  cm dengan  $\alpha = 46^\circ$  yaitu sebesar 2,47.

#### 4.9.2 Perbandingan BCI<sub>u</sub> Pada Variasi Lebar Pondasi

Untuk melihat pengaruh dari jarak pondasi pada BCI, maka dapat dilihat dari **Gambar 4.64**. Berdasarkan analisis beban maksimum yang dilakukan untuk setiap masing-masing variasi jarak pondasi, maka didapatkan nilai *Bearing Capacity Improvement* (BCI<sub>u</sub>) seperti pada **Tabel 4.12** berikut ini.

**Tabel 4.12** Nilai BCI<sub>u</sub> Untuk Variasi Lebar Pondasi (B)

$\alpha$ (°)	B (cm)	q (kN/m <sup>2</sup> )		BCI <sub>u</sub>
		Tanpa Perkuatan	Perkuatan	
46	4	46.556	114.796	2.47
	6	43.878	96.429	2.20
	8	38.265	82.270	2.15
51	4	43.622	98.980	2.27
	6	42.007	85.884	2.04
	8	37.117	73.597	1.98
56	4	40.816	91.837	2.25
	6	38.180	77.211	2.02
	8	34.694	67.219	1.94



**Gambar 4.64** Grafik Perbandingan Peningkatan BCI<sub>u</sub> Untuk Variasi Lebar Pondasi.

Berdasarkan **Tabel 4.12** dan **Gambar 4.64** di atas, dapat diketahui bahwa bertambahnya lebar pondasi akan menurunkan peningkatan daya dukung lereng. Adapun nilai (BCIu) paling maksimum dalam penelitian ini diperoleh saat  $\alpha = 46^\circ$  dengan  $B = 4$  cm yaitu sebesar 2.47.

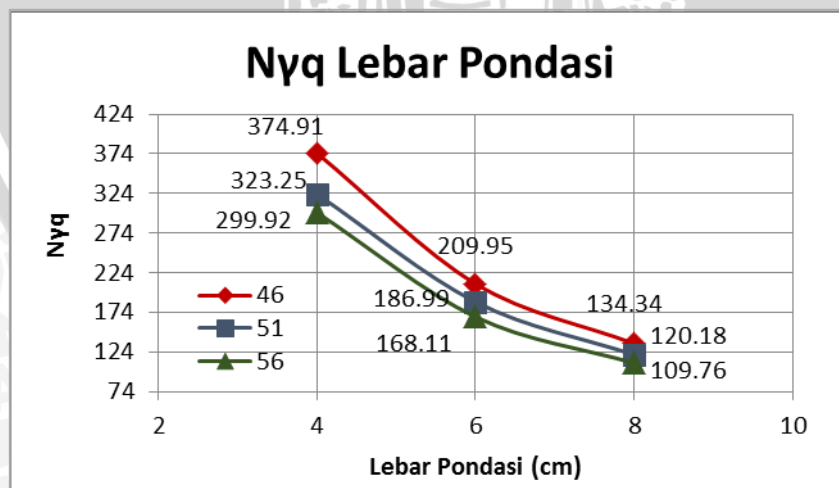
#### 4.10. Analisis Faktor $N_\gamma$ berdasarkan Daya Dukung Ultimit

##### 4.10.1. Perbandingan Faktor $N_\gamma$ pada Variasi Lebar Pondasi terhadap Sudut Kemiringan Lereng

Penurunan nilai faktor  $N_\gamma$  dari variasi lebar pondasi disajikan pada **Tabel 4.13**. Untuk mengetahui pengaruh variasi lebar pondasi pada nilai  $N_\gamma q$  ditampilkan pada **Gambar 4.65**

**Tabel 4.13** Nilai Faktor  $N_\gamma$  untuk setiap variasi lebar pondasi

$\alpha$ ( $^\circ$ )	B (cm)	q Perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	$N_\gamma q$
46	4	114.796	374.91
	6	96.429	209.95
	8	82.270	134.34
51	4	98.980	323.25
	6	85.884	186.99
	8	73.597	120.18
56	4	91.837	299.92
	6	77.211	168.11
	8	67.219	109.76



**Gambar 4.65** Grafik Perbandingan Nilai Faktor  $N_\gamma$  antara lereng dengan perkuatan pada variasi lebar pondasi terhadap sudut kemiringan lereng.

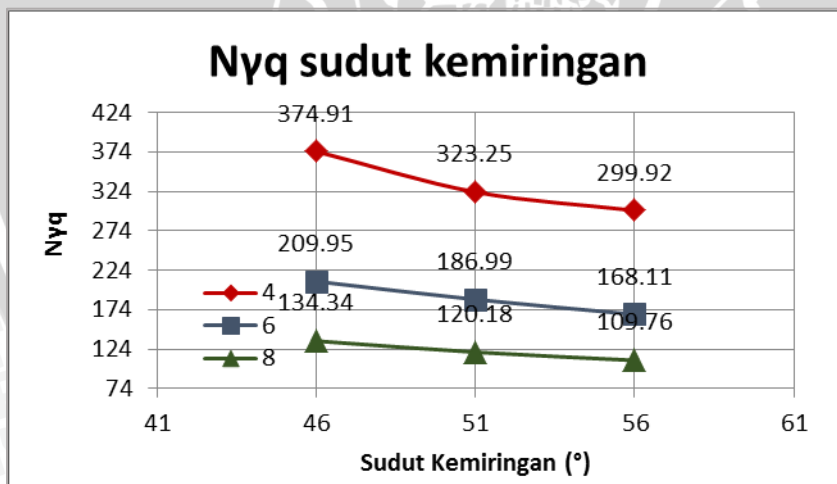
Berdasarkan penjelasan dalam **Gambar 4.65** dapat dilihat bahwa nilai faktor  $N_\gamma$  maksimum terjadi pada sudut kemiringan  $46^\circ$  dan lebar pondasi 4 cm sebesar 374,91 pada daya dukung ultimit sebesar  $114,796 \text{ kN/m}^2$ .

#### 4.10.2. Perbandingan Faktor $N_\gamma$ pada Variasi Sudut Kemiringan Lereng terhadap Lebar Pondasi

Penurunan nilai faktor  $N_\gamma$  dari variasi lebar pondasi disajikan pada **Tabel 4.14**. Untuk mengetahui pengaruh variasi lebar pondasi pada nilai  $N_\gamma q$  ditampilkan pada **Gambar 4.66**

**Tabel 4.14** Nilai Faktor  $N_\gamma$  untuk setiap variasi sudut kemiringan

B (cm)	$\alpha$ ( $^\circ$ )	q Perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	$N_\gamma q$
4	46	114.796	374.91
	51	98.980	323.25
	56	91.837	299.92
6	46	96.429	209.95
	51	85.884	186.99
	56	77.211	168.11
8	46	82.270	134.34
	51	73.597	120.18
	56	67.219	109.76



**Gambar 4.66** Grafik Perbandingan Nilai Faktor  $N_\gamma$  antara lereng dengan perkuatan pada variasi sudut kemiringan lereng terhadap lebar pondasi.

Berdasarkan penjelasan dalam **Gambar 4.66** dapat dilihat bahwa nilai faktor  $N_\gamma$  maksimum terjadi pada lebar pondasi 4 cm dan sudut kemiringan  $46^\circ$  sebesar 374,91 pada daya dukung ultimit sebesar  $114,796 \text{ kN/m}^2$ .

#### 4.11. Pengaruh Kemiringan Lereng dan Lebar Pondasi Terhadap Nilai Daya Dukung

**Tabel 4.15** Hasil Peningkatan Daya Dukung Lereng

$\alpha$ (°)	B (cm)	q (kN/m <sup>2</sup> )		Peningkatan (%)
		Tanpa Perkuatan	Perkuatan	
46	4	46.556	114.796	146.575
	6	43.878	96.429	119.767
	8	38.265	82.270	115.000
51	4	43.622	98.980	126.901
	6	42.007	85.884	104.453
	8	37.117	73.597	98.282
56	4	40.816	91.837	125.000
	6	38.180	77.211	102.227
	8	34.694	67.219	93.750

Dalam penelitian pemodelan lereng RC 85% yang telah dilakukan dengan menentukan rasio tetap pada jarak pondasi dari tepi lereng sama dengan satu ( $d/B = 1$ ) serta jumlah lapis perkuatan geogrid ( $n = 2$ ), dengan variabel bebas berupa variasi kemiringan sudut lereng sebesar  $46^\circ$ ,  $51^\circ$ ,  $56^\circ$ , dan variabel bebas lainnya berupa variasi lebar pondasi sebesar 4 cm, 6 cm, 8 cm, dapat diperoleh hasil peningkatan daya dukung yang cukup signifikan.

Data hasil eksperimen pada variasi kemiringan lereng menunjukkan terjadi peningkatan daya dukung hampir seragam dari lereng tanpa perkuatan terhadap lereng yang menggunakan perkuatan geogrid. Untuk peningkatan yang ditinjau dari daya dukung ultimit memiliki trendline yang serupa, yaitu semakin besar sudut maka daya dukung akan menurun. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh SV Anil Kumar dan K. Ilamparuthi, yang memperoleh hasil semakin kecil kemiringan lereng, daya dukung tanah lereng di bawah pondasi akan semakin meningkat.

Jika ditinjau dari peningkatan beban runtuh maksimal pada variasi lebar pondasi dengan lebar 8 cm memiliki beban paling maksimal. Fenomena ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mohd Raihan Taha dan Enas B. Altalhe (2013), tentang daya dukung pondasi menerus pada lereng tanah pasir dengan variasi lebar pondasi 50 mm, 70 mm, 100 mm, dan 150 mm. Dari hasil eksperimen yang dilakukan, diperoleh hasil semakin lebar pondasi, maka nilai beban runtuh semakin besar. Untuk beban runtuh maksimal terjadi pada pondasi dengan lebar 150 mm. Namun hal sebaliknya terjadi pada

nilai daya dukung, dimana semakin besar lebar pondasi, maka nilai daya dukung akan semakin mengecil. Hal ini disebabkan pada penelitian eksperimen digunakan persamaan  $q_u = P/A$ , sehingga didapatkan kondisi semakin besar lebar pondasi, nilai daya dukungnya semakin menurun. Dalam teori daya dukung yang ada, dinyatakan bahwa semakin besar lebar pondasi, maka daya dukung yang diperoleh semakin besar. Namun, dalam hasil penelitian yang terjadi, daya dukung semakin menurun seiring dengan bertambahnya lebar pondasi, hal ini dimungkinkan saat melakukan proses pembebanan beban ultimit yang kami capai tidak maksimum, sehingga daya dukung akan semakin menurun seiring bertambahnya lebar pondasi. Selain itu, berdasarkan hasil penelitian dari Enas B. Atalhe, Mohd Raihan Taha, dan Fathi M. Abdrabbo (2013), pada penelitian ini jarak vertical antar geogrid ( $s_v$ ) yang digunakan adalah pada rentang  $0,75B$ . Berdasarkan rentang tersebut, digunakan  $s_v$  sebesar 3 cm dan diterapkan pada semua kondisi. Tetapi pada kenyataannya untuk lebar pondasi 8 cm tidak masuk ke dalam rentang maksimum jarak  $0,75B$ . Hal inilah yang menyebabkan daya dukung pada saat  $B = 8$  cm menurun. Dari penelitian didapatkan hasil bahwa peningkatan terbesar terjadi pada kondisi lebar pondasi 4 cm dan kemiringan sudut  $46^\circ$ .





## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan variasi sudut kemiringan lereng ( $\alpha$ ) sebesar  $46^\circ$ ,  $51^\circ$ , dan  $56^\circ$  serta lebar pondasi sebesar 4cm, 6cm, dan 8cm pada pemodelan fisik lereng pasir RC 85% dengan 2 lapis perkuatan geogrid dan jarak pondasi sebesar B, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Terjadi peningkatan daya dukung pondasi menerus dari kondisi lereng tanpa perkuatan dengan lereng yang menggunakan perkuatan geogrid.
2. Terjadi peningkatan daya dukung dan nilai beban runtuh dipengaruhi oleh variasi kemiringan sudut dimana semakin kecil kemiringan sudut lereng, maka daya dukung yang dihasilkan akan semakin besar.
3. Terjadi peningkatan nilai beban runtuh tetapi penurunan daya dukung pada variasi lebar pondasi dimana semakin besar lebar pondasi, nilai beban runtuh semakin besar sementara daya dukung semakin kecil. Hal ini disebabkan karena nilai daya dukung yang diperoleh dari penelitian merupakan model dalam skala kecil yang nantinya tidak bisa dibandingkan dengan nilai daya dukung lapangan dalam skala besar.
4. Daya dukung maksimum berada dalam kondisi pada saat  $B = 4$  cm. Hal ini disebabkan lebar pondasi sebesar 4 cm masuk kedalam rentang sv  $0.75B$ , sedangkan pada kondisi lebar pondasi  $B = 8$  cm daya dukung akan menurun karena pada kondisi tersebut tidak termasuk kedalam rentang sv maksimum. Ditinjau dari nilai BCIu, maka yang menghasilkan daya dukung maksimum adalah kondisi pada saat  $B = 4$ cm dan pada kemiringan sudut  $46^\circ$ .

#### 5.2. Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, pada penelitian ini membutuhkan ketelitian, waktu yang cukup, dan metode pelaksanaan yang baik untuk tercapainya kesempurnaan dalam hasil penelitian. Oleh karena itu, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penelitian selanjutnya yang sejenis antara lain sebagai berikut.

1. Dalam pengujian, harus diperhatikan cara pemadatan yang lebih baik, karena kurang baiknya pemadatan saat pengujian mengakibatkan respon lereng yang ditunjukkan oleh grafik penurunan dan daya dukung yang kurang sempurna.
2. Diperluakannya perhatian terhadap pemeriksaan kalibrasi alat pengujian seperti *Hydraulic jack*, *Load cell* dan LVDT.
3. Diperlukannya penelitian lebih lanjut mengenai jarak antar lapis dan panjang penyaluran perkuatan geogrid untuk setiap lebar pondasi yang akan digunakan.
4. Diperlukannya penelitian lebih lanjut mengenai variabel lebar pondasi dan sudut kemiringan yang lebih bervariasi untuk mendapatkan hasil yang lebih optimum.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

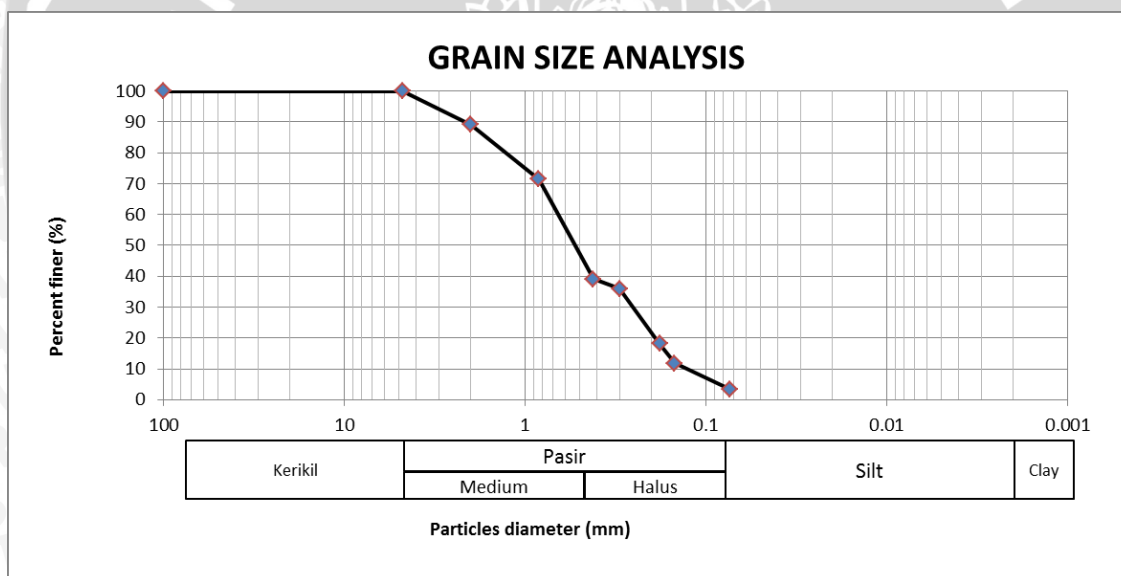


## DAFTAR PUSTAKA

- Alamshahi, Saeed & Hataf, Nader. 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
- Christady H., Hary. 1990. *Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada
- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga
- Das, Braja M. 1984. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. 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
- Graham, J., Andrews, M., and Shields, D. H.,. 1987. Stress Characteristics for Shallow Footings in Cohesionless Slopes. *Geotech*, 25: 238-249. Canada
- Mohd Raihan Taha, Enas B. Altalhe. 2013. Numerical and Experimental Evaluation of Bearing Capacity Factor  $N_\gamma$  of Strip Footing on Sand Slopes. *International Journal of Physical Sciences*. Malaysia : Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Permata, D. 2015. *Pengaruh Sudut Kemiringan lereng dan Lebar Pondasi dengan rasio  $d/B=1$  Terhadap Daya Dukung Pondasi pada Pemodelan Fisik Lereng dengan Perkuatan Geogrid*. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- S.V. Anil Kumar, K. Ilamaparuthi. 2009. Respon of Footing on Sand Slopes. *Indian Geotechnical Society Chennai Chapter*. India : Anna University Chennai.
- Saeed Alamshahi, Nader Hataf. 2009. Bearing Capacity of Strip Footings on Sand Slopes Reinforced with Geogrid and Grid-Anchor. *ELSEVIER*. Iran : Universitas Shiraz

### LAMPIRAN 1 HASIL ANALISIS GRADASI BUTIRAN TANAH

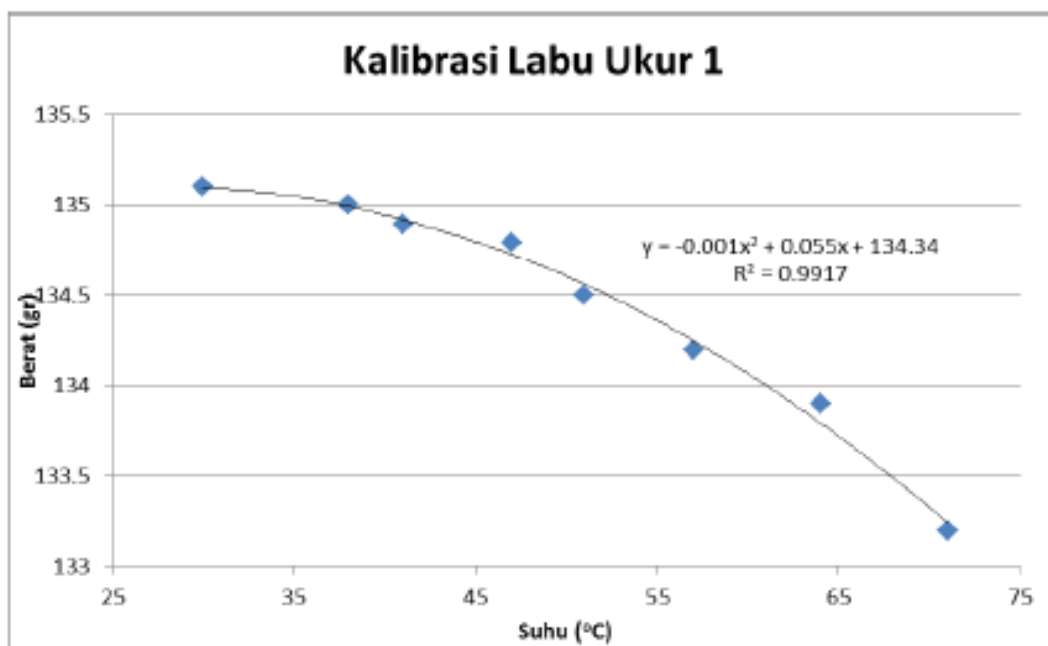
Ayakan No	Diameter Ayakan mm	Berat Tertahan	Berat Tertahan Kumulatif	Persen Tertahan %	Persen Lolos %
No. 4	4.75	0.0	0	0.00	100.00
No. 10	2	109.5	109.5	10.96	89.04
No. 20	0.84	175.4	284.9	28.50	71.50
No. 40	0.42	324.6	609.5	60.98	39.02
No. 50	0.3	30.7	640.2	64.05	35.95
No. 80	0.18	177.3	817.5	81.79	18.21
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





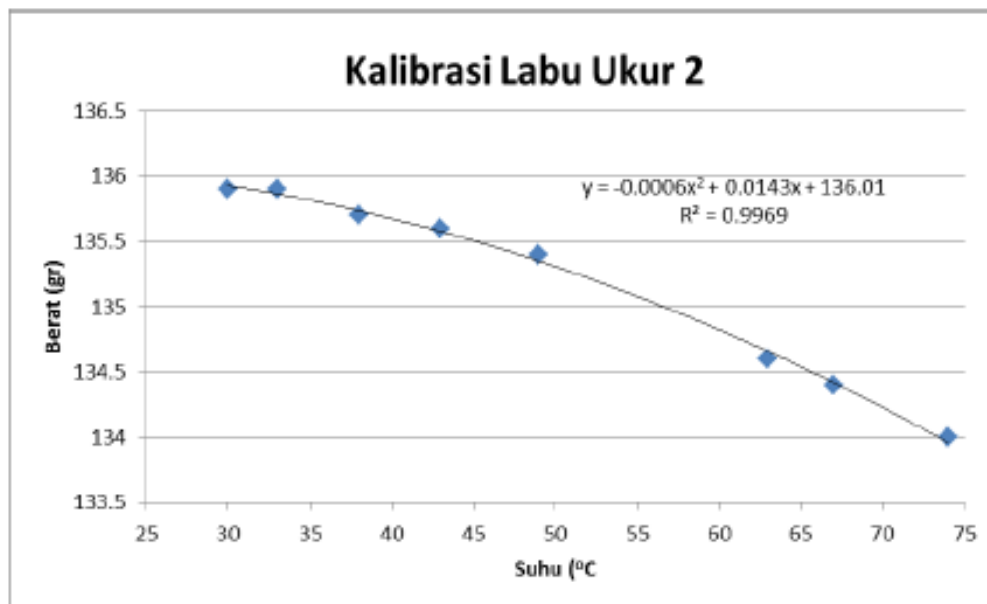
## LAMPIRAN 2 HASIL ANALISIS SPECIFIC GRAVITY TANAH

Labu Ukur	Satuan	1							
Berat labu ukur + air	gr	133.2	133.9	134.2	134.5	134.8	134.9	135	135.1
Suhu	C	71	64	57	51	47	41	38	30



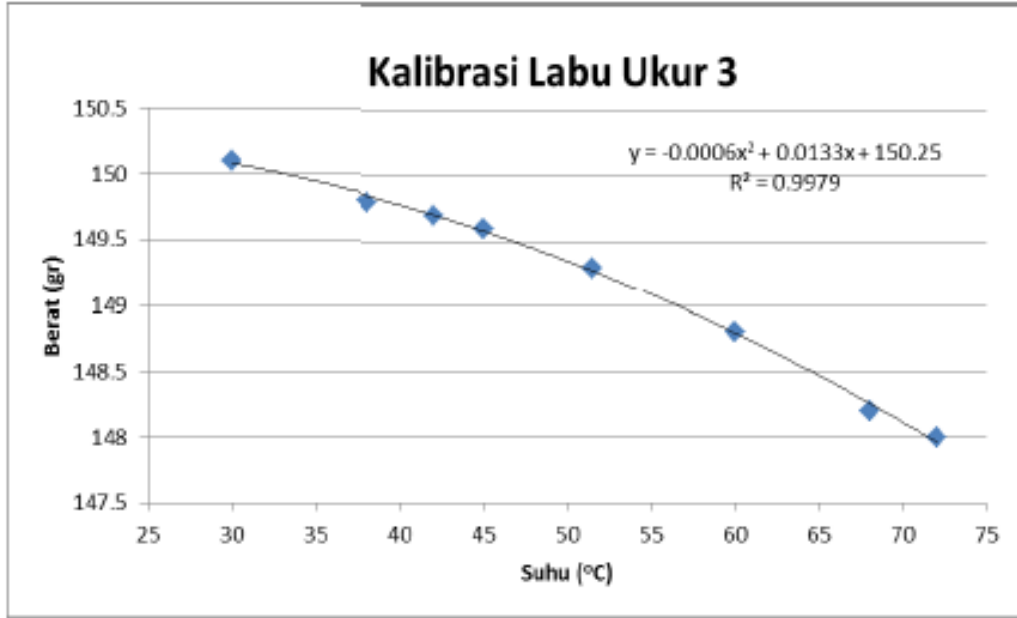
Labu Ukur	Satuan	1							
Berat Labu ukur	gr	35.4							
Berat tanah kering (Ws)	gr	20							
Berat labu ukur+air+ tanah (W1)	gr	146	146.4	146.7	146.8	147.1	147.3	147.5	147.6
Suhu	C	67	60	52	47	45	41	37	30
Berat labu ukur+air (W2)	gr	133.536	134.04	134.496	134.716	134.79	134.914	135.006	135.09
Specific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

Labu Ukur	Satuan	2							
Berat labu ukur + air	gr	134	134.4	134.6	135.4	135.6	135.7	135.9	135.9
Suhu	C	74	67	63	49	43	38	33	30



Labu Ukur	Satuan	1							
Berat Labu ukur	gr	35.4							
Berat tanah kering (W's)	gr	20							
Berat labu ukur+air+ tanah (W1)	gr	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
Specific Gravity (Gs)		2.6313	2.6562	2.6551	2.6914	2.6887	2.6827	2.6923	2.7031
Rata-rata Specific Gravity		2.6751							

Labu Ukur	Satuan	3							
Berat labu ukur + air	gr	148	148.2	148.8	149.3	149.6	149.7	149.8	150.1
Suhu	C	72	68	60	51.5	45	42	38	30



Labu Ukur	Satuan	1							
Berat Labu ukur	gr	35.4							
Berat tanah kering (Ws)	gr	20							
Berat labu ukur+air+ tanah (W1)	gr	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
Specific Gravity (Gs)		2.6854	2.6644	2.6432	2.6451	2.6491	2.6589	2.6541	2.6285
Rata-rata Specific Gravity		2.6536							

Rata-rata Specific Gravity	2.648145
----------------------------	----------





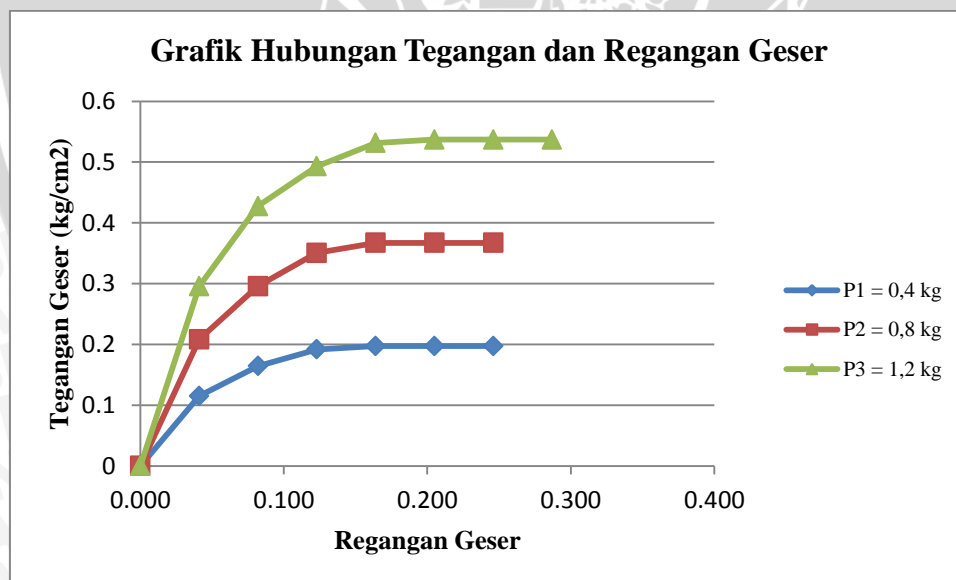
### LAMPIRAN 3

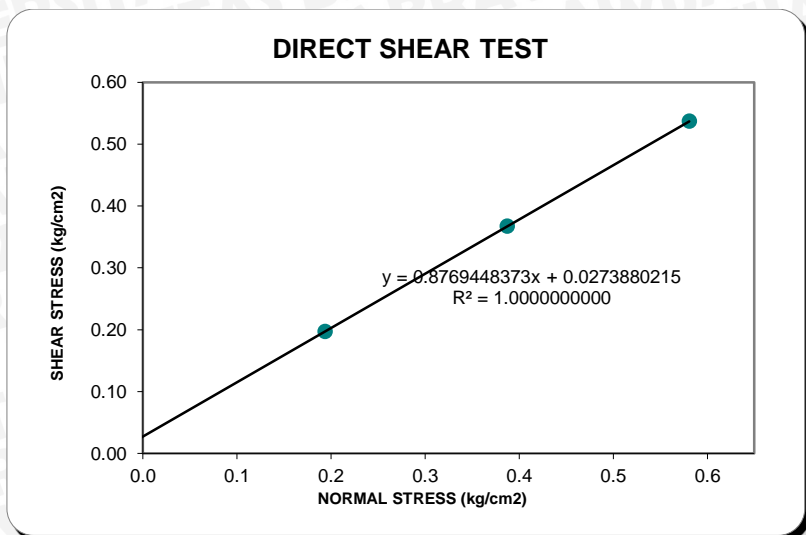
#### HASIL ANALISIS UJI GESER LANGSUNG (DIRECT SHEAR)

Data :

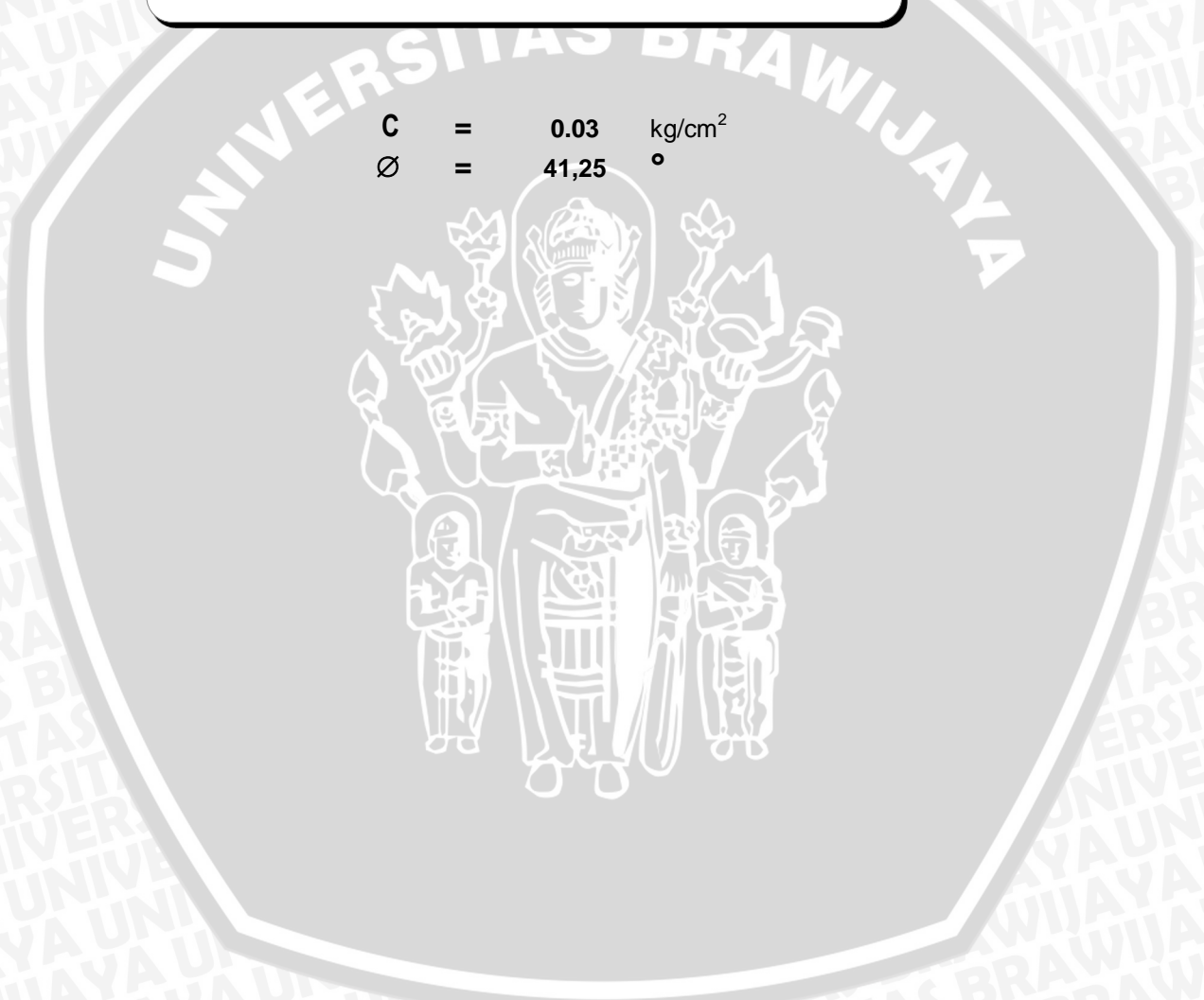
**Diameter** : 6.1 cm  
**Area** : 29.21 cm<sup>2</sup>  
**Height** : 1.8 cm  
**Lever Ratio** : 14.14  
**Volume Weight** : 1.531 gr/cm<sup>3</sup>  
**Calibration** : 0.32

NORMAL FORCE	P <sub>1</sub> = 0.4 kg			P <sub>2</sub> = 0.8 kg			P <sub>3</sub> = 1.2 kg			Regangan Geser
NORMAL STRESS	σ <sub>1</sub> = 0.2 kg/cm <sup>2</sup>			σ <sub>2</sub> = 0.4 kg/cm <sup>2</sup>			σ <sub>3</sub> = 0.6 kg/cm <sup>2</sup>			
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** = 0.03 kg/cm<sup>2</sup>  
**Ø** = 41,25 °



## 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		

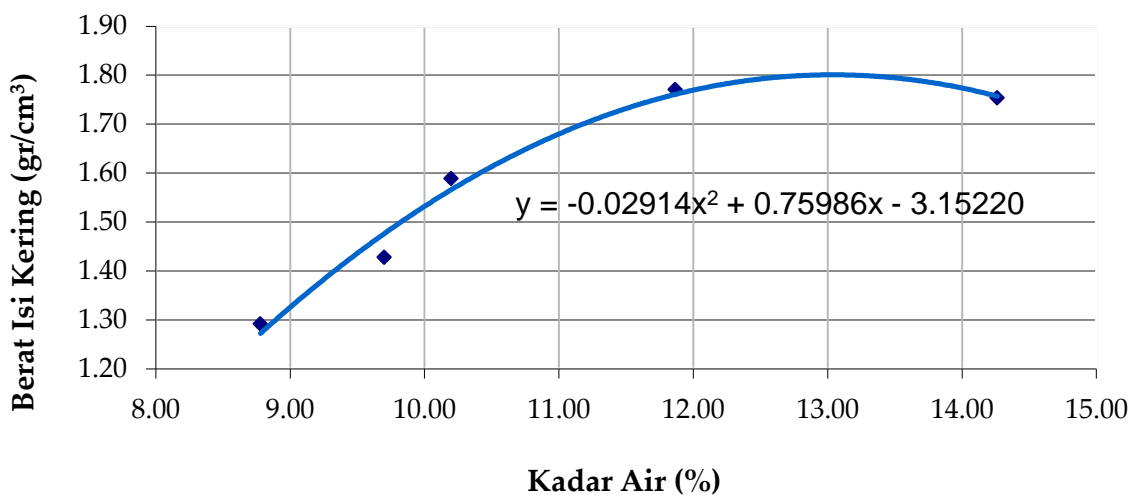
#### Density

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 <sup>3</sup>	1.4050	1.5662	1.7505	1.9808	2.0038
Berat Isi Kering	gr/cm <sup>3</sup>	1.2916	1.4277	1.5885	1.7707	1.7537

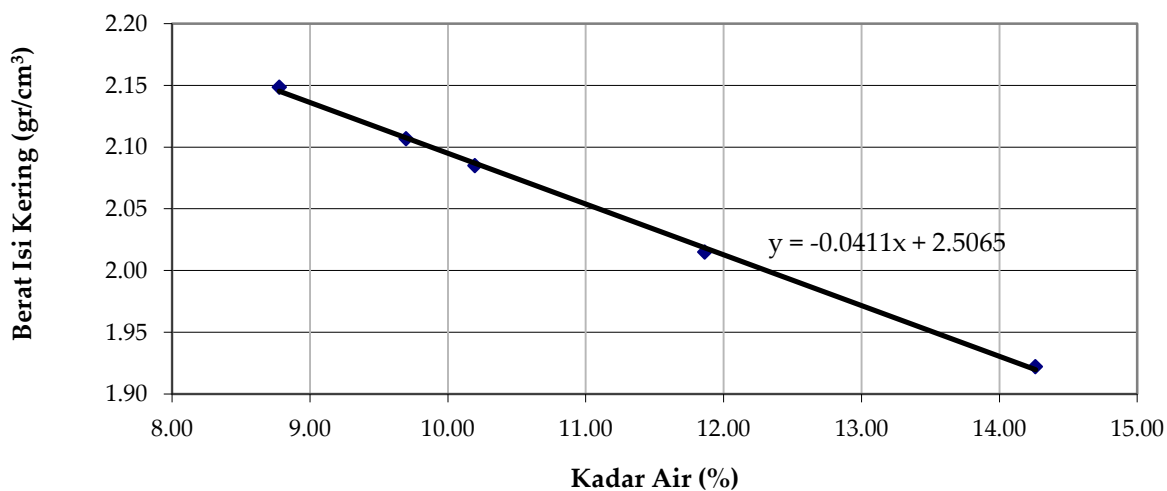
#### Zero Air void

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

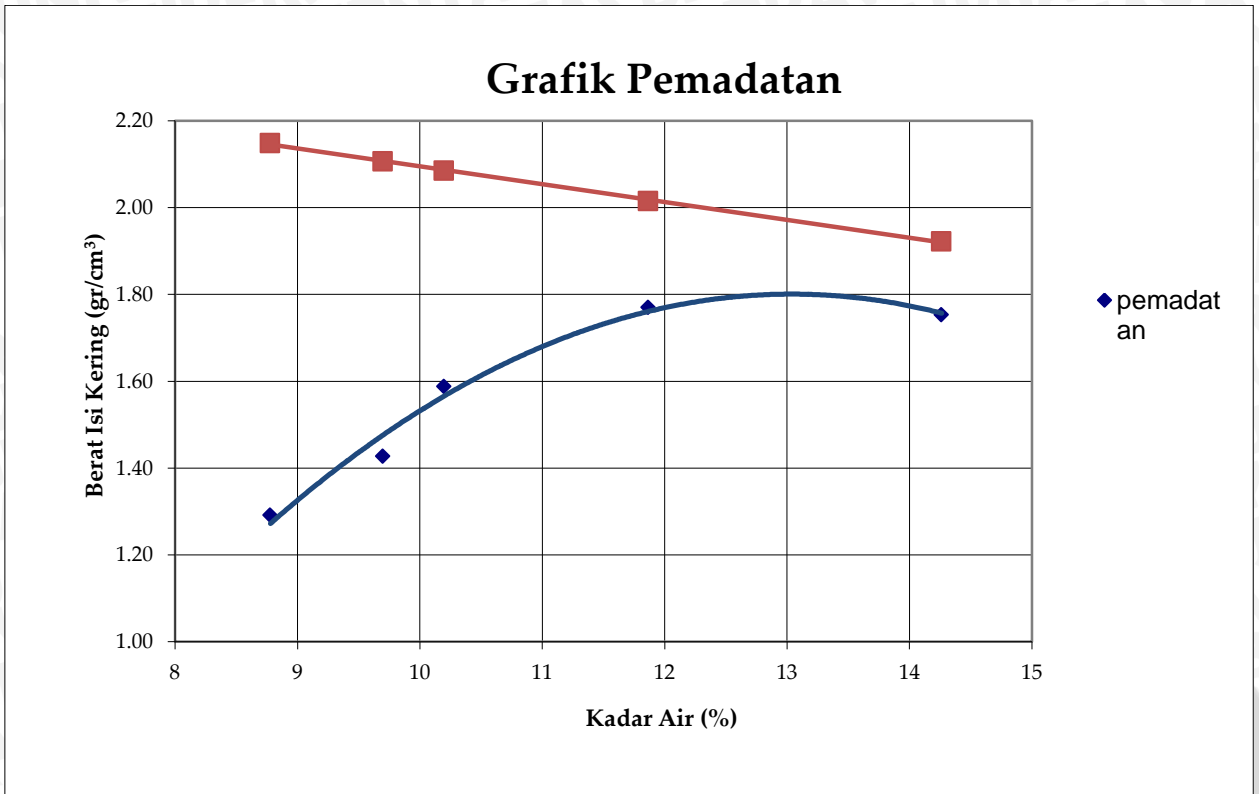
### Hubungan Kadar Air dan Berat Isi Kering



### Grafik Zero Air Void



**Grafik Pemadatan**



<b>OMC</b>	13.0381
<b><math>\gamma_d</math> max</b>	1.8014
<b>85% <math>\gamma_d</math></b>	1.531
<b>WC 85%</b>	9.99



LAMPIRAN 5

HASIL PENGUJIAN KADAR AIR DAN KEPADATAN TANAH LAPANGAN

TANPA PERKUATAN, Lebar Pondasi = 4 cm, Sudut = 46°

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 <sup>3</sup>	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. $\gamma_w$	gr/cm <sup>3</sup>	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. $\gamma_d$	gr/cm <sup>3</sup>	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. $\gamma_d$ rata-rata	gr	1.548																				

TANPA PERKUATAN, Lebar Pondasi = 4 cm, Sudut = 51°

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 <sup>3</sup>	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. $\gamma_w$	gr/cm <sup>3</sup>	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. $\gamma_d$	gr/cm <sup>3</sup>	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. $\gamma_d$ rata-rata	gr	1.502																				



TANPA PERKUATAN, Lebar Pondasi = 4 cm, Sudut = 56°

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 <sup>3</sup>	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. γ <sub>w</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	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. γ <sub>d</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	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. γ <sub>d</sub> rata-rata	gr	1.502																				

TANPA PERKUATAN, Lebar Pondasi = 6 cm, Sudut = 46°

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	37.30	37.20	37.20	36.80	36.60	36.70	36.40	36.30	35.90	36.00	36.40	35.60	36.10	36.20	36.70	37.10	36.40	36.00	36.40	36.80	35.90
3. Berat Tanah Basah	gr	19.20	19.10	19.10	18.70	18.50	18.60	18.30	18.20	17.80	17.90	18.30	17.50	18.00	18.10	18.60	19.00	18.30	17.90	18.30	18.70	17.80
4. Volume Tanah	cm <sup>3</sup>	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. γ <sub>w</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.777	1.767	1.767	1.730	1.712	1.721	1.693	1.684	1.647	1.656	1.693	1.619	1.666	1.675	1.721	1.758	1.693	1.656	1.693	1.730	1.647
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.58	35.48	35.48	35.19	34.99	35.09	34.68	34.68	34.29	34.29	34.59	33.88	34.29	34.47	34.89	35.48	34.59	34.48	34.59	35.09	34.00
7. Berat Tanah Kering	gr	17.48	17.38	17.38	17.09	16.89	16.99	16.58	16.58	16.19	16.19	16.49	15.78	16.19	16.37	16.79	17.38	16.49	16.38	16.49	16.99	15.90
8. Berat Air	gr	1.72	1.72	1.72	1.61	1.61	1.61	1.72	1.62	1.61	1.71	1.81	1.72	1.81	1.73	1.81	1.62	1.81	1.52	1.81	1.71	1.90
9. Kadar Air	%	9.87	9.88	9.87	9.42	9.52	9.48	10.36	9.80	9.97	10.54	11.00	10.91	11.21	10.55	10.80	9.31	10.97	9.26	10.97	10.09	11.94
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.27																				
11. γ <sub>d</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.617	1.609	1.609	1.581	1.563	1.572	1.534	1.534	1.498	1.498	1.526	1.460	1.498	1.515	1.553	1.608	1.526	1.516	1.526	1.572	1.471
12. γ <sub>d</sub> rata-rata	gr	1.542																				

TANPA PERKUATAN, Lebar Pondasi = 6 cm, Sudut = 51°

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	37.70	36.80	37.00	36.20	35.90	35.50	37.50	37.00	37.00	36.70	37.00	37.00	36.90	36.70	36.90	36.70	35.80	36.70	36.00	35.90	36.40
3. Berat Tanah Basah	gr	19.60	18.70	18.90	18.10	17.80	17.40	19.40	18.90	18.90	18.60	18.90	18.90	18.80	18.60	18.80	18.60	17.70	18.60	17.90	17.80	18.30
4. Volume Tanah	cm <sup>3</sup>	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. γ <sub>w</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.814	1.730	1.749	1.675	1.647	1.610	1.795	1.749	1.749	1.721	1.749	1.749	1.740	1.721	1.740	1.721	1.638	1.721	1.656	1.647	1.693
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.58	34.75	35.04	34.37	34.02	33.72	35.35	35.19	35.14	34.72	35.09	35.10	34.84	34.85	34.87	34.63	33.95	34.63	34.10	34.12	34.65
7. Berat Tanah Kering	gr	17.48	16.65	16.94	16.27	15.92	15.62	17.25	17.09	17.04	16.62	16.99	17.00	16.74	16.75	16.77	16.53	15.85	16.53	16.00	16.02	16.55
8. Berat Air	gr	2.12	2.05	1.96	1.83	1.88	1.78	2.15	1.81	1.86	1.98	1.91	1.90	2.06	1.85	2.03	2.07	1.85	2.07	1.90	1.78	1.75
9. Kadar Air	%	12.14	12.33	11.58	11.25	11.81	11.40	12.49	10.59	10.91	11.93	11.24	11.18	12.32	11.04	12.12	12.53	11.68	12.55	11.88	11.11	10.57
10. Kadar Air Rata-Rata	%	11.65																				
11. γ <sub>d</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.617	1.541	1.567	1.506	1.473	1.445	1.596	1.582	1.577	1.538	1.572	1.573	1.549	1.550	1.552	1.529	1.467	1.529	1.481	1.482	1.531
12. γ <sub>d</sub> rata-rata	gr	1.536																				

TANPA PERKUATAN, Lebar Pondasi = 6 cm, Sudut = 56°

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	36.70	36.90	36.50	35.60	37.00	37.10	37.10	36.50	36.50	36.20	36.40	36.90	36.40	35.80	35.70	37.10	36.50	36.60	36.20	36.40	36.70
3. Berat Tanah Basah	gr	18.60	18.80	18.40	17.50	18.90	19.00	19.00	18.40	18.40	18.10	18.30	18.80	18.30	17.70	17.60	19.00	18.40	18.50	18.10	18.30	18.60
4. Volume Tanah	cm <sup>3</sup>	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. γ <sub>w</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.721	1.740	1.703	1.619	1.749	1.758	1.758	1.703	1.703	1.675	1.693	1.740	1.693	1.638	1.629	1.758	1.703	1.712	1.675	1.693	1.721
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.96	35.26	34.86	34.00	35.27	35.40	35.10	34.68	34.76	34.37	34.42	34.90	34.64	34.05	33.88	35.07	34.60	34.58	34.28	34.50	34.84
7. Berat Tanah Kering	gr	16.86	17.16	16.76	15.90	17.17	17.30	17.00	16.58	16.66	16.27	16.32	16.80	16.54	15.95	15.78	16.97	16.50	16.48	16.18	16.40	16.74
8. Berat Air	gr	1.74	1.64	1.64	1.60	1.73	1.70	2.00	1.82	1.74	1.83	1.98	2.00	1.76	1.75	1.82	2.03	1.90	2.02	1.92	1.90	1.86
9. Kadar Air	%	10.31	9.53	9.77	10.05	10.06	9.81	11.78	10.98	10.43	11.25	12.15	11.92	10.63	10.97	11.54	11.97	11.52	12.27	11.88	11.59	11.11
10. Kadar Air Rata-Rata	%	11.02																				
11. γ <sub>d</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.560	1.588	1.551	1.471	1.589	1.601	1.573	1.534	1.542	1.506	1.510	1.554	1.531	1.476	1.460	1.570	1.527	1.525	1.497	1.517	1.549
12. γ <sub>d</sub> rata-rata	gr	1.535																				

TANPA PERKUATAN, Lebar Pondasi = 8 cm, Sudut = 46°

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	37.10	36.00	36.60	36.70	36.60	36.50	36.80	36.70	35.80	35.90	36.70	35.80	36.90	36.50	37.00	36.40	36.40	36.10	36.60	36.90
3. Berat Tanah Basah	gr	18.10	19.00	17.90	18.50	18.60	18.50	18.40	18.70	18.60	17.70	17.80	18.60	17.70	18.80	18.40	18.90	18.30	18.30	18.00	18.50	18.80
4. Volume Tanah	cm <sup>3</sup>	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. γ <sub>w</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.675	1.758	1.656	1.712	1.721	1.712	1.703	1.730	1.721	1.638	1.647	1.721	1.638	1.740	1.703	1.749	1.693	1.693	1.666	1.712	1.740
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.49	35.39	34.38	34.98	35.08	34.98	34.88	35.09	34.98	34.18	34.29	34.99	34.18	35.27	34.95	35.18	34.68	34.69	34.38	34.88	35.09
7. Berat Tanah Kering	gr	16.39	17.29	16.28	16.88	16.98	16.88	16.78	16.99	16.88	16.08	16.19	16.89	16.08	17.17	16.85	17.08	16.58	16.59	16.28	16.78	16.99
8. Berat Air	gr	1.71	1.71	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.71	1.72	1.62	1.61	1.71	1.62	1.63	1.55	1.82	1.72	1.71	1.72	1.72	1.81
9. Kadar Air	%	10.42	9.89	9.94	9.61	9.51	9.61	9.65	10.05	10.22	10.08	9.98	10.13	10.09	9.46	9.17	10.67	10.38	10.30	10.53	10.25	10.63
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.03																				
11. γ <sub>d</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.517	1.600	1.507	1.562	1.572	1.562	1.553	1.572	1.562	1.488	1.498	1.563	1.488	1.589	1.560	1.580	1.534	1.535	1.507	1.553	1.572
12. γ <sub>d</sub> rata-rata	gr	1.546																				

TANPA PERKUATAN, Lebar Pondasi = 8 cm, Sudut = 51°

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	37.40	36.40	36.90	37.40	36.30	36.60	36.80	37.10	36.60	36.40	37.00	36.30	36.10	36.00	36.20	36.10	36.50	36.80	36.60	36.60	36.20
3. Berat Tanah Basah	gr	19.30	18.30	18.80	19.30	18.20	18.50	18.70	19.00	18.50	18.30	18.90	18.20	18.00	17.90	18.10	18.00	18.40	18.70	18.50	18.50	18.10
4. Volume Tanah	cm <sup>3</sup>	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. γ <sub>w</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.786	1.693	1.740	1.786	1.684	1.712	1.730	1.758	1.712	1.693	1.749	1.684	1.666	1.656	1.675	1.666	1.703	1.730	1.712	1.712	1.675
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.40	34.59	35.08	35.58	34.59	34.87	35.07	35.38	34.88	34.59	35.08	34.40	34.48	34.38	34.48	34.39	34.87	35.07	34.68	34.78	34.37
7. Berat Tanah Kering	gr	17.30	16.49	16.98	17.48	16.49	16.77	16.97	17.28	16.78	16.49	16.98	16.30	16.38	16.28	16.38	16.29	16.77	16.97	16.58	16.68	16.27
8. Berat Air	gr	2.00	1.81	1.82	1.82	1.71	1.73	1.73	1.72	1.72	1.81	1.92	1.90	1.62	1.62	1.72	1.71	1.63	1.73	1.92	1.82	1.83
9. Kadar Air	%	11.56	10.98	10.71	10.40	10.37	10.30	10.18	9.94	10.24	10.98	11.31	11.66	9.88	9.94	10.49	10.49	9.70	10.18	11.59	10.91	11.25
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.62																				
11. γ <sub>d</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.601	1.526	1.571	1.618	1.526	1.552	1.571	1.599	1.553	1.526	1.571	1.508	1.516	1.507	1.516	1.507	1.552	1.571	1.534	1.544	1.506
12. γ <sub>d</sub> rata-rata	gr	1.546																				

TANPA PERKUATAN, Lebar Pondasi = 8 cm, Sudut = 56°

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	37.10	36.90	36.20	35.60	36.50	36.90	37.00	35.90	36.30	36.00	35.40	36.70	36.60	36.50	36.70	35.80	37.30	36.80	36.80	36.00
3. Berat Tanah Basah	gr	19.00	19.00	18.80	18.10	17.50	18.40	18.80	18.90	17.80	18.20	17.90	17.30	18.60	18.50	18.40	18.60	17.70	19.20	18.70	18.70	17.90
4. Volume Tanah	cm <sup>3</sup>	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. $\gamma_w$	gr/cm <sup>3</sup>	1.758	1.758	1.740	1.675	1.619	1.703	1.740	1.749	1.647	1.684	1.656	1.601	1.721	1.712	1.703	1.721	1.638	1.777	1.730	1.730	1.656
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.05	35.05	34.91	34.29	33.86	34.71	35.01	35.10	34.21	34.32	34.18	33.71	34.82	34.73	34.64	34.79	33.84	35.31	34.84	34.88	34.10
7. Berat Tanah Kering	gr	16.95	16.95	16.81	16.19	15.76	16.61	16.91	17.00	16.11	16.22	16.08	15.61	16.72	16.63	16.54	16.69	15.74	17.21	16.74	16.78	16.00
8. Berat Air	gr	2.05	2.05	1.99	1.91	1.74	1.79	1.89	1.90	1.69	1.98	1.82	1.69	1.88	1.87	1.86	1.91	1.96	1.99	1.96	1.92	1.90
9. Kadar Air	%	12.09	12.08	11.85	11.80	11.06	10.76	11.16	11.20	10.47	12.20	11.35	10.80	11.25	11.25	11.27	11.44	12.43	11.56	11.71	11.46	11.90
10. Kadar Air Rata-Rata	%	11.48																				
11. $\gamma_d$	gr/cm <sup>3</sup>	1.569	1.569	1.555	1.498	1.458	1.537	1.565	1.573	1.491	1.501	1.488	1.445	1.547	1.539	1.530	1.545	1.457	1.593	1.549	1.553	1.480
12. $\gamma_d$ rata-rata	gr	1.526																				

DENGAN PERKUATAN, Lebar Pondasi = 4 cm, Sudut = 46°

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	36.90	36.50	36.00	35.60	36.50	36.60	36.00	35.60	37.40	36.90	36.70	36.70	36.20	36.20	37.00	36.80	36.30	37.10	36.90
3. Berat Tanah Basah	gr	18.50	17.80	18.80	18.40	17.90	17.50	18.40	18.50	17.90	17.50	19.30	18.80	18.60	18.60	18.10	18.10	18.90	18.70	18.20	19.00	18.80
4. Volume Tanah	cm <sup>3</sup>	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. $\gamma_w$	gr/cm <sup>3</sup>	1.712	1.647	1.740	1.703	1.656	1.619	1.703	1.712	1.656	1.619	1.786	1.740	1.721	1.721	1.675	1.675	1.749	1.730	1.684	1.758	1.740
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.99	34.37	35.27	34.90	34.28	34.09	34.79	34.98	34.39	33.78	35.56	35.08	34.87	34.98	34.29	34.59	35.19	34.99	34.47	35.18	35.06
7. Berat Tanah Kering	gr	16.89	16.27	17.17	16.80	16.18	15.99	16.69	16.88	16.29	15.68	17.46	16.98	16.77	16.88	16.19	16.49	17.09	16.89	16.37	17.08	16.96
8. Berat Air	gr	1.61	1.53	1.63	1.60	1.72	1.51	1.71	1.62	1.61	1.82	1.84	1.82	1.83	1.72	1.91	1.61	1.81	1.81	1.83	1.92	1.84
9. Kadar Air	%	9.51	9.38	9.47	9.55	10.61	9.46	10.25	9.58	9.85	11.63	10.56	10.72	10.94	10.17	11.76	9.77	10.61	10.71	11.15	11.25	10.82
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.37																				
11. $\gamma_d$	gr/cm <sup>3</sup>	1.563	1.506	1.589	1.554	1.497	1.479	1.544	1.562	1.508	1.451	1.615	1.571	1.551	1.562	1.499	1.526	1.581	1.563	1.515	1.580	1.570
12. $\gamma_d$ rata-rata	gr	1.542																				

DENGAN PERKUATAN, Lebar Pondasi = 4 cm, Sudut = 51°

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	36.20	36.30	36.70	36.80	36.50	36.70	36.60	35.90	36.40	36.20	36.40	35.50	36.20	35.80	35.90	36.70	36.50	36.50	36.60	36.40
3. Berat Tanah Basah	gr	18.50	18.10	18.20	18.60	18.70	18.40	18.60	18.50	17.80	18.30	18.10	18.30	17.40	18.10	17.70	17.80	18.60	18.40	18.40	18.50	18.30
4. Volume Tanah	cm <sup>3</sup>	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. γw	gr/cm <sup>3</sup>	1.712	1.675	1.684	1.721	1.730	1.703	1.721	1.712	1.647	1.693	1.675	1.693	1.610	1.675	1.638	1.647	1.721	1.703	1.703	1.712	1.693
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.89	34.48	34.56	34.98	34.98	34.69	34.89	34.88	34.08	34.78	34.39	34.58	33.79	34.57	34.09	34.40	35.08	34.90	34.68	34.78	34.57
7. Berat Tanah Kering	gr	16.79	16.38	16.46	16.88	16.88	16.59	16.79	16.78	15.98	16.68	16.29	16.48	15.69	16.47	15.99	16.30	16.98	16.80	16.58	16.68	16.47
8. Berat Air	gr	1.71	1.72	1.74	1.72	1.82	1.81	1.81	1.72	1.82	1.62	1.81	1.82	1.71	1.63	1.71	1.50	1.62	1.60	1.82	1.82	1.83
9. Kadar Air	%	10.17	10.50	10.60	10.21	10.77	10.94	10.79	10.23	11.36	9.71	11.08	11.05	10.93	9.87	10.73	9.22	9.54	9.52	10.95	10.92	11.09
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.48																				
11. γd	gr/cm <sup>3</sup>	1.554	1.516	1.523	1.562	1.562	1.535	1.554	1.553	1.479	1.544	1.508	1.525	1.452	1.524	1.479	1.508	1.571	1.555	1.535	1.543	1.524
12. γd rata-rata	gr	1.529																				

DENGAN PERKUATAN, Lebar Pondasi = 4 cm, Sudut = 56°

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	36.00	37.20	35.70	36.00	35.50	36.60	36.80	37.00	36.00	36.20	37.10	36.40	36.40	36.00	36.70	36.20	36.30	36.80	37.10	36.60
3. Berat Tanah Basah	gr	18.10	17.90	19.10	17.60	17.90	17.40	18.50	18.70	18.90	17.90	18.10	19.00	18.30	18.30	17.90	18.60	18.10	18.20	18.70	19.00	18.50
4. Volume Tanah	cm <sup>3</sup>	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. γw	gr/cm <sup>3</sup>	1.675	1.656	1.767	1.629	1.656	1.610	1.712	1.730	1.749	1.656	1.675	1.758	1.693	1.693	1.656	1.721	1.675	1.684	1.730	1.758	1.712
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.57	34.39	35.48	33.87	34.18	33.69	34.89	35.08	35.17	34.29	34.48	35.28	34.59	34.59	34.18	34.89	34.49	34.49	35.08	35.29	34.88
7. Berat Tanah Kering	gr	16.47	16.29	17.38	15.77	16.08	15.59	16.79	16.98	17.07	16.19	16.38	17.18	16.49	16.49	16.08	16.79	16.39	16.39	16.98	17.19	16.78
8. Berat Air	gr	1.63	1.61	1.72	1.83	1.82	1.81	1.71	1.72	1.83	1.71	1.72	1.82	1.81	1.81	1.82	1.81	1.71	1.81	1.72	1.81	1.72
9. Kadar Air	%	9.86	9.88	9.89	11.58	11.31	11.58	10.19	10.11	10.69	10.57	10.47	10.59	11.00	10.97	11.29	10.80	10.45	11.04	10.16	10.53	10.22
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.63																				
11. γd	gr/cm <sup>3</sup>	1.525	1.507	1.608	1.460	1.488	1.443	1.554	1.571	1.580	1.498	1.516	1.590	1.526	1.526	1.488	1.553	1.516	1.517	1.571	1.591	1.553
12. γd rata-rata	gr	1.532																				

DENGAN PERKUATAN, Lebar Pondasi = 6 cm, Sudut = 46°

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	35.60	37.30	36.50	36.10	35.80	36.40	36.70	36.50	36.70	37.30	36.50	36.70	36.70	36.70	37.30	36.50	36.40	36.70	37.10	37.10
3. Berat Tanah Basah	gr	17.70	17.50	19.20	18.40	18.00	17.70	18.30	18.60	18.40	18.60	19.20	18.40	18.60	18.60	18.60	19.20	18.40	18.30	18.60	19.00	19.00
4. Volume Tanah	cm <sup>3</sup>	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. $\gamma_w$	gr/cm <sup>3</sup>	1.638	1.619	1.777	1.703	1.666	1.638	1.693	1.721	1.703	1.721	1.777	1.703	1.721	1.721	1.721	1.777	1.703	1.693	1.721	1.758	1.758
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.21	34.09	35.37	34.89	34.40	34.18	34.68	34.97	34.78	34.78	35.47	34.70	34.76	34.79	34.70	35.38	34.68	34.57	34.87	35.26	35.17
7. Berat Tanah Kering	gr	16.11	15.99	17.27	16.79	16.30	16.08	16.58	16.87	16.68	16.68	17.37	16.60	16.66	16.69	16.60	17.28	16.58	16.47	16.77	17.16	17.07
8. Berat Air	gr	1.59	1.51	1.93	1.61	1.70	1.62	1.72	1.73	1.72	1.92	1.83	1.80	1.94	1.91	2.00	1.92	1.82	1.83	1.83	1.84	1.93
9. Kadar Air	%	9.88	9.43	11.18	9.58	10.43	10.06	10.37	10.24	10.30	11.52	10.53	10.84	11.66	11.45	12.05	11.11	10.98	11.11	10.91	10.71	11.31
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.74																				
11. $\gamma_d$	gr/cm <sup>3</sup>	1.491	1.480	1.598	1.554	1.508	1.488	1.534	1.561	1.544	1.543	1.607	1.536	1.541	1.544	1.536	1.599	1.534	1.524	1.552	1.588	1.580
12. $\gamma_d$ rata-rata	gr	1.545																				

DENGAN PERKUATAN, Lebar Pondasi = 6 cm, Sudut = 51°

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	36.90	36.70	36.30	36.70	36.00	36.40	36.80	36.80	36.50	37.30	36.70	36.80	37.00	36.70	37.30	36.60	36.40	36.90	36.50	37.10	36.80
3. Berat Tanah Basah	gr	18.80	18.60	18.20	18.60	17.90	18.30	18.70	18.70	18.40	19.20	18.60	18.70	18.90	18.60	19.20	18.50	18.30	18.80	18.40	19.00	18.70
4. Volume Tanah	cm <sup>3</sup>	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. $\gamma_w$	gr/cm <sup>3</sup>	1.740	1.721	1.684	1.721	1.656	1.693	1.730	1.730	1.703	1.777	1.721	1.730	1.749	1.721	1.777	1.712	1.693	1.740	1.703	1.758	1.730
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.00	34.89	34.50	34.90	34.20	34.59	34.89	34.92	34.80	35.40	34.89	34.90	35.19	34.90	35.50	34.79	34.59	35.09	34.60	35.29	34.99
7. Berat Tanah Kering	gr	16.90	16.79	16.40	16.80	16.10	16.49	16.79	16.82	16.70	17.30	16.79	16.80	17.09	16.80	17.40	16.69	16.49	16.99	16.50	17.19	16.89
8. Berat Air	gr	1.90	1.81	1.80	1.80	1.80	1.81	1.91	1.88	1.70	1.90	1.81	1.90	1.81	1.80	1.80	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81
9. Kadar Air	%	11.24	10.78	10.98	10.71	11.18	10.98	11.38	11.18	10.18	10.98	10.78	11.31	10.59	10.71	10.34	10.84	10.98	10.65	11.52	10.53	10.71
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.88																				
11. $\gamma_d$	gr/cm <sup>3</sup>	1.564	1.554	1.518	1.555	1.490	1.526	1.554	1.556	1.545	1.601	1.554	1.555	1.581	1.555	1.610	1.544	1.526	1.572	1.527	1.591	1.563
12. $\gamma_d$ rata-rata	gr	1.554																				

DENGAN PERKUATAN, Lebar Pondasi = 6 cm, Sudut = 56°

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	36.70	37.40	36.10	36.20	36.40	36.30	35.80	37.10	36.30	36.50	36.60	36.00	36.70	36.50	36.20	36.20	36.30	36.20	36.50	36.80	36.10
3. Berat Tanah Basah	gr	18.60	19.30	18.00	18.10	18.30	18.20	17.70	19.00	18.20	18.40	18.50	17.90	18.60	18.40	18.10	18.10	18.20	18.10	18.40	18.70	18.00
4. Volume Tanah	cm <sup>3</sup>	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. γw	gr/cm <sup>3</sup>	1.721	1.786	1.666	1.675	1.693	1.684	1.638	1.758	1.684	1.703	1.712	1.656	1.721	1.703	1.675	1.675	1.684	1.675	1.703	1.730	1.666
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.73	35.29	34.20	34.50	34.70	34.61	34.11	35.39	34.50	34.71	34.89	34.22	34.90	34.70	34.50	34.39	34.50	34.40	34.70	35.09	34.31
7. Berat Tanah Kering	gr	16.63	17.19	16.10	16.40	16.60	16.51	16.01	17.29	16.40	16.61	16.79	16.12	16.80	16.60	16.40	16.29	16.40	16.30	16.60	16.99	16.21
8. Berat Air	gr	1.97	2.11	1.90	1.70	1.70	1.69	1.69	1.71	1.80	1.79	1.71	1.78	1.80	1.80	1.70	1.81	1.80	1.80	1.80	1.71	1.79
9. Kadar Air	%	11.83	12.28	11.80	10.37	10.24	10.24	10.56	9.88	10.98	10.78	10.18	11.04	10.69	10.84	10.37	11.11	10.98	11.04	10.84	10.06	11.04
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.82																				
11. γd	gr/cm <sup>3</sup>	1.539	1.591	1.490	1.518	1.536	1.528	1.481	1.600	1.518	1.537	1.554	1.492	1.555	1.536	1.518	1.507	1.518	1.508	1.536	1.572	1.500
12. γd rata-rata	gr	1.530																				

DENGAN PERKUATAN, Lebar Pondasi = 8 cm, Sudut = 46°

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	36.10	36.70	36.80	36.20	36.40	36.40	36.60	36.70	36.80	36.20	36.30	36.30	36.30	35.30	35.90	36.60	36.50	37.20	36.80
3. Berat Tanah Basah	gr	17.70	18.10	18.00	18.60	18.70	18.10	18.30	18.30	18.50	18.60	18.70	18.10	18.20	18.20	18.20	17.20	17.80	18.50	18.40	19.10	18.70
4. Volume Tanah	cm <sup>3</sup>	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. γw	gr/cm <sup>3</sup>	1.638	1.675	1.666	1.721	1.730	1.675	1.693	1.693	1.712	1.721	1.730	1.675	1.684	1.684	1.684	1.592	1.647	1.712	1.703	1.767	1.730
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	34.20	34.59	34.41	35.05	35.00	34.54	34.80	34.79	34.90	35.00	35.00	34.49	34.61	34.59	34.60	33.60	34.11	34.90	34.88	35.47	35.08
7. Berat Tanah Kering	gr	16.10	16.49	16.31	16.95	16.90	16.44	16.70	16.69	16.80	16.90	16.90	16.39	16.51	16.49	16.50	15.50	16.01	16.80	16.78	17.37	16.98
8. Berat Air	gr	1.60	1.61	1.69	1.65	1.80	1.66	1.60	1.61	1.70	1.70	1.80	1.71	1.69	1.71	1.70	1.70	1.79	1.70	1.62	1.73	1.72
9. Kadar Air	%	9.94	9.76	10.37	9.76	10.65	10.12	9.58	9.64	10.12	10.06	10.65	10.43	10.24	10.37	10.30	10.97	11.18	10.12	9.64	9.94	10.12
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.19																				
11. γd	gr/cm <sup>3</sup>	1.490	1.526	1.509	1.568	1.564	1.521	1.545	1.545	1.555	1.564	1.564	1.517	1.528	1.526	1.527	1.434	1.481	1.555	1.553	1.608	1.571
12. γd rata-rata	gr	1.536																				

DENGAN PERKUATAN, Lebar Pondasi = 8 cm, Sudut = 51°

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	36.70	36.40	36.10	36.40	35.90	36.60	36.20	36.80	35.80	36.00	36.30	36.30	36.20	36.50	36.00	36.20	36.50	36.00	36.50	36.80
3. Berat Tanah Basah	gr	17.60	18.60	18.30	18.00	18.30	17.80	18.50	18.10	18.70	17.70	17.90	18.20	18.20	18.10	18.40	17.90	18.10	18.40	17.90	18.40	18.70
4. Volume Tanah	cm <sup>3</sup>	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. γw	gr/cm <sup>3</sup>	1.629	1.721	1.693	1.666	1.693	1.647	1.712	1.675	1.730	1.638	1.656	1.684	1.684	1.675	1.703	1.656	1.675	1.703	1.656	1.703	1.730
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	33.91	35.10	34.69	34.51	34.71	34.31	34.90	34.51	35.10	34.21	34.41	34.51	34.70	34.31	34.61	34.30	34.50	34.70	34.30	34.89	35.10
7. Berat Tanah Kering	gr	15.81	17.00	16.59	16.41	16.61	16.21	16.80	16.41	17.00	16.11	16.31	16.41	16.60	16.21	16.51	16.20	16.40	16.60	16.20	16.79	17.00
8. Berat Air	gr	1.79	1.60	1.71	1.59	1.69	1.59	1.70	1.69	1.70	1.59	1.59	1.79	1.60	1.89	1.89	1.70	1.70	1.80	1.70	1.61	1.70
9. Kadar Air	%	11.32	9.41	10.30	9.70	10.18	9.82	10.12	10.30	10.00	9.88	9.76	10.91	9.64	11.66	11.45	10.49	10.37	10.84	10.49	9.58	10.00
10. Kadar Air Rata-Rata	%	10.30																				
11. γd	gr/cm <sup>3</sup>	1.463	1.573	1.535	1.518	1.537	1.500	1.555	1.518	1.573	1.491	1.509	1.518	1.536	1.500	1.528	1.499	1.518	1.536	1.499	1.554	1.573
12. γd rata-rata	gr	1.525																				

DENGAN PERKUATAN, Lebar Pondasi = 8 cm, Sudut = 56°

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	35.90	36.50	36.50	36.90	36.60	35.70	36.70	36.30	36.50	36.30	36.60	36.60	36.40	35.90	35.50	37.00	36.70	36.90	37.00	37.50
3. Berat Tanah Basah	gr	19.00	17.80	18.40	18.40	18.80	18.50	17.60	18.60	18.20	18.40	18.20	18.50	18.50	18.30	17.80	17.40	18.90	18.60	18.80	18.90	19.40
4. Volume Tanah	cm <sup>3</sup>	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. γw	gr/cm <sup>3</sup>	1.758	1.647	1.703	1.703	1.740	1.712	1.629	1.721	1.684	1.703	1.684	1.712	1.712	1.693	1.647	1.610	1.749	1.721	1.740	1.749	1.795
6. Berat Ring + Tanah Kering	gr	35.31	34.21	35.01	34.91	35.20	34.99	34.21	35.10	34.71	34.90	34.71	35.00	34.81	34.80	34.31	33.81	35.12	35.01	34.99	35.20	35.69
7. Berat Tanah Kering	gr	17.21	16.11	16.91	16.81	17.10	16.89	16.11	17.00	16.61	16.80	16.61	16.90	16.71	16.70	16.21	15.71	17.02	16.91	16.89	17.10	17.59
8. Berat Air	gr	1.79	1.69	1.49	1.59	1.70	1.61	1.49	1.60	1.59	1.60	1.59	1.60	1.79	1.60	1.59	1.69	1.88	1.69	1.91	1.80	1.81
9. Kadar Air	%	10.40	10.49	8.82	9.47	9.94	9.52	9.26	9.41	9.58	9.52	9.58	9.47	10.71	9.58	9.82	10.76	11.05	10.00	11.31	10.53	10.29
10. Kadar Air Rata-Rata	%	9.98																				
11. γd	gr/cm <sup>3</sup>	1.592	1.491	1.565	1.555	1.582	1.563	1.491	1.573	1.537	1.555	1.537	1.564	1.546	1.545	1.500	1.454	1.575	1.565	1.563	1.582	1.628
12. γd rata-rata	gr	1.551																				





LAMPIRAN 6

PERHITUNGAN DAYA DUKUNG LERENG TANPA PERKUATAN  
DENGAN METODE ANALITIK

Metode Gemperline

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

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

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

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

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

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

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

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

$$f_\phi = 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159 \cdot 41,25 - 2,386)} = 248,2419$$

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

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

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

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

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

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

$$= 0,9779$$

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

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

$$= 1$$

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

$$= 1 + 0,33 (0/1,5478) \tan 46^\circ \{2/[2 + (1,5748/1,5748)^2 \tan 46^\circ]\}$$

$$= 1$$

$$N_{\gamma q} = f_\phi \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, b/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \times f_{\beta, b/D, D/B}$$

$$= 248,2419 \times 1,9978 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9779 \times 1 \times 1$$

$$= 484,9758$$

$$q_u = (c \times N_c) + (0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q})$$

$$= (0,027 \times 4,9286) + (0,5 \times 1,531 \times 4 \times 484,9578)$$

$$= 1485,1289 \text{ gr/cm}^2 = 148,513 \text{ kN/m}^2$$

**2. B = 4, β = 51°, d/B = 1**

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

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

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

$$f_\phi = 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159,41,25 - 2,386)} = 248,2419$$

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

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

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

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

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

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

$$= 0,9755$$

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

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

$$= 1$$

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

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

$$= 1$$

$$N_{\gamma q} = f_\phi \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, b/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \times f_{\beta, b/D, D/B}$$

$$= 248,2419 \times 1,9978 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9755 \times 1 \times 1$$

$$= 483,8023$$

$$q_u = (c \times N_c) + (0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q})$$

$$= (0,027 \times 4,8251) + (0,5 \times 1,531 \times 4 \times 483,8023)$$

$$= 1481,5329 \text{ gr/cm}^2 = 148,153 \text{ kN/m}^2$$

**3. B = 4, β = 56°, d/B = 1**

$$\beta = \text{sudut kemiringan lereng} = 56^\circ \text{ (diubah dalam radian)}$$

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

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

$$\begin{aligned}
 f_{\phi} &= 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159,41,25 - 2,386)} = 248,2419 \\
 f_B &= 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 1,5748)} = 1,9978 \\
 f_{D/B} &= 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/1,5748) = 1 \\
 f_{B/L} &= 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (1,5748/\sim) = 1 \\
 f_{D/B, B/L} &= 1 + 0,39 (D/L) = 1 + 0,39 (0/\sim) = 1 \\
 f_{\beta, b/B} &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan 56^\circ)^2] \{2/[2 + (1,5748/1,5748)^2 \tan 56^\circ]\} \\
 &= 0,9732 \\
 f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,6 (B/L) [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 + 0,6 (1,5748/\sim) [1 - 1(1 - \tan 56^\circ)^2] \{2/[2 + (1,5748/1,5748)^2 \\
 &\quad \tan 56^\circ]\} \\
 &= 1 \\
 f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,33 (D/B) \tan \alpha \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 + 0,33 (0/1,5478) \tan 56^\circ \{2/[2 + (1,5748/1,5748)^2 \tan 56^\circ]\} \\
 &= 1 \\
 N_{\gamma q} &= f_{\phi} \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, b/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \\
 &= 248,2419 \times 1,9978 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9732 \times 1 \times 1 \\
 &= 482,6323 \\
 q_u &= (c \times N_c) + (0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q}) \\
 &= (0,027 \times 4,8022) + (0,5 \times 1,531 \times 4 \times 482,6323) \\
 &= 1477,9498 \text{ gr/cm}^2 = 147,95 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

**4. B = 6, β = 46°, d/B = 1**

$$\begin{aligned}
 \beta &= \text{sudut kemiringan lereng} = 46^\circ \text{ (diubah dalam radian)} \\
 B &= \text{lebar pondasi} = 6 \text{ cm} = 2,3622 \text{ inchi} \\
 b &= \text{jarak pondasi ke puncak lereng} = 6 \text{ cm} = 2,3622 \text{ inchi} \\
 f_{\phi} &= 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159,41,25 - 2,386)} = 248,2419 \\
 f_B &= 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 2,3622)} = 1,8422 \\
 f_{D/B} &= 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/2,3622) = 1 \\
 f_{B/L} &= 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (2,3622 /\sim) = 1 \\
 f_{D/B, B/L} &= 1 + 0,39 (D/L) = 1 + 0,39 (0/\sim) = 1 \\
 f_{\beta, b/B} &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\}
 \end{aligned}$$

$$= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan 46^\circ)^2] \{2/[2 + (2,3622 / 2,3622)^2 \tan 46^\circ]\}$$

$$= 0,9779$$

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

$$= 1 + 0,6 (2,3622 / \sim) [1 - 1(1 - \tan 46^\circ)^2] \{2/[2 + (2,3622 / 2,3622)^2 \tan 46^\circ]\}$$

$$= 1$$

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

$$= 1 + 0,33 (0/2,3622) \tan 46^\circ \{2/[2 + (2,3622 / 2,3622)^2 \tan 46^\circ]\}$$

$$= 1$$

$$N_{\gamma q} = f_\phi \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, b/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \times f_{\beta, b/D, D/B}$$

$$= 248,2419 \times 1,8422 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9779 \times 1 \times 1$$

$$= 447,2$$

$$q_u = (c \times N_c) + (0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q})$$

$$= (0,027 \times 4,9286) + (0,5 \times 1,531 \times 6 \times 447,2)$$

$$= 2054,1227 \text{ gr/cm}^2 = 205,412 \text{ kN/m}^2$$

### 5. $B = 6$ , $\beta = 51^\circ$ , $d/B = 1$

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

$$B = \text{lebar pondasi} = 6 \text{ cm} = 2,3622 \text{ inchi}$$

$$b = \text{jarak pondasi ke puncak lereng} = 6 \text{ cm} = 2,3622 \text{ inchi}$$

$$f_\phi = 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159 \cdot 41,25 - 2,386)} = 248,2419$$

$$f_B = 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 2,3622)} = 1,8422$$

$$f_{D/B} = 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/2,3622) = 1$$

$$f_{B/L} = 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (2,3622 / \sim) = 1$$

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

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

$$= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan 51^\circ)^2] \{2/[2 + (2,3622 / 2,3622)^2 \tan 51^\circ]\}$$

$$= 0,9755$$

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

$$= 1 + 0,6 (2,3622 / \sim) [1 - 1(1 - \tan 51^\circ)^2] \{2/[2 + (2,3622 / 2,3622)^2 \tan 51^\circ]\}$$

$$= 1$$

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

$$= 1 + 0,33 (0/2,3622) \tan 51^\circ \{2/[2 + (2,3622 / 2,3622)^2 \tan 51^\circ]\}$$

$$= 1$$

$$N_{\gamma q} = f_\phi \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, b/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \times f_{\beta, b/D, D/B}$$

$$= 248,2419 \times 1,8422 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9755 \times 1 \times 1$$

$$= 446,1179$$

$$q_u = (c \times N_c) + (0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q})$$

$$= (0,027 \times 4,8251) + (0,5 \times 1,531 \times 6 \times 446,1179)$$

$$= 2049,1498 \text{ gr/cm}^2 = 204,915 \text{ kN/m}^2$$

**6. B = 6,  $\beta = 56^\circ$ , d/B = 1**

$\beta$  = sudut kemiringan lereng =  $56^\circ$  (diubah dalam radian)

B = lebar pondasi = 6 cm = 2,3622 inchi

b = jarak pondasi ke puncak lereng = 6 cm = 2,3622 inchi

$f_\phi = 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159 \cdot 41,25 - 2,386)} = 248,2419$

$f_B = 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 2,3622)} = 1,8422$

$f_{D/B} = 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/2,3622) = 1$

$f_{B/L} = 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (2,3622 / \sim) = 1$

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

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

$$= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan 56^\circ)^2] \{2/[2 + (2,3622 / 2,3622)^2 \tan 56^\circ]\}$$

$$= 0,9732$$

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

$$= 1 + 0,6 (2,3622 / \sim) [1 - 1(1 - \tan 56^\circ)^2] \{2/[2 + (2,3622 / 2,3622)^2 \tan 56^\circ]\}$$

$$= 1$$

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

$$= 1 + 0,33 (0/2,3622) \tan 56^\circ \{2/[2 + (2,3622 / 2,3622)^2 \tan 56^\circ]\}$$

$$= 1$$

$N_{\gamma q} = f_\phi \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, b/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \times f_{\beta, b/D, D/B}$

$$= 248,2419 \times 1,8422 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9732 \times 1 \times 1$$

$$= 445,0391$$

$q_u = (c \times N_c) + (0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q})$

$$= (0,027 \times 4,8022) + (0,5 \times 1,531 \times 6 \times 445,0391)$$

$$= 2044,1941 \text{ gr/cm}^2 = 204,419 \text{ kN/m}^2$$

**7. B = 8, β = 46°, d/B = 1**

$$\begin{aligned} \beta &= \text{sudut kemiringan lereng} = 46^\circ \text{ (diubah dalam radian)} \\ B &= \text{lebar pondasi} = 8 \text{ cm} = 3,1496 \text{ inchi} \\ b &= \text{jarak pondasi ke puncak lereng} = 8 \text{ cm} = 3,1496 \text{ inchi} \\ f_\phi &= 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159,41,25 - 2,386)} = 248,2419 \\ f_B &= 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 3,1496)} = 1,7392 \\ f_{D/B} &= 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/3,1496) = 1 \\ f_{B/L} &= 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (3,1496 / \sim) = 1 \\ f_{D/B, B/L} &= 1 + 0,39 (D/L) = 1 + 0,39 (0/\sim) = 1 \\ f_{\beta, b/B} &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\ &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan 46^\circ)^2] \{2/[2 + (3,1496 / 3,1496)^2 \tan 46^\circ]\} \\ &= 0,9779 \\ f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,6 (B/L) [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\ &= 1 + 0,6 (2,3622 / \sim) [1 - 1(1 - \tan 46^\circ)^2] \{2/[2 + (3,1496 / 3,1496)^2 \tan 46^\circ]\} \\ &= 1 \\ f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,33 (D/B) \tan \alpha \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\ &= 1 + 0,33 (0/3,1496) \tan 46^\circ \{2/[2 + (3,1496 / 3,1496)^2 \tan 46^\circ]\} \\ &= 1 \\ N_{\gamma q} &= f_\phi \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, b/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \\ &= 248,2419 \times 1,7392 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9779 \times 1 \times 1 \\ &= 422,196 \\ q_u &= (c \times N_c) + (0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q}) \\ &= (0,027 \times 4,9286) + (0,5 \times 1,531 \times 8 \times 422,196) \\ &= 2585,6611 \text{ gr/cm}^2 = 258,566 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

**8. B = 8, β = 51°, d/B = 1**

$$\begin{aligned} \beta &= \text{sudut kemiringan lereng} = 51^\circ \text{ (diubah dalam radian)} \\ B &= \text{lebar pondasi} = 8 \text{ cm} = 3,1496 \text{ inchi} \\ b &= \text{jarak pondasi ke puncak lereng} = 8 \text{ cm} = 3,1496 \text{ inchi} \\ f_\phi &= 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159,41,25 - 2,386)} = 248,2419 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_B &= 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 3,1496)} = 1,7392 \\
 f_{D/B} &= 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/3,1496) = 1 \\
 f_{B/L} &= 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (3,1496 / \sim) = 1 \\
 f_{D/B, B/L} &= 1 + 0,39 (D/L) = 1 + 0,39 (0/\sim) = 1 \\
 f_{\beta, b/B} &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan 51^\circ)^2] \{2/[2 + (3,1496 / 3,1496)^2 \tan 51^\circ]\} \\
 &= 0,9755 \\
 f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,6 (B/L) [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 + 0,6 (2,3622 / \sim) [1 - 1(1 - \tan 51^\circ)^2] \{2/[2 + (3,1496 / 3,1496)^2 \\
 &\quad \tan 51^\circ]\} \\
 &= 1 \\
 f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,33 (D/B) \tan \alpha \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 + 0,33 (0/3,1496) \tan 51^\circ \{2/[2 + (3,1496 / 3,1496)^2 \tan 51^\circ]\} \\
 &= 1 \\
 N_{\gamma q} &= f_\phi \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, b/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \\
 &= 248,2419 \times 1,7392 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9755 \times 1 \times 1 \\
 &= 421,1743 \\
 q_u &= (c \times N_c) + (0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q}) \\
 &= (0,027 \times 4,8251) + (0,5 \times 1,531 \times 8 \times 421,1743) \\
 &= 2579,4020 \text{ gr/cm}^2 = 257,940 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

**9. B = 8, β = 56°, d/B = 1**

$$\begin{aligned}
 \beta &= \text{sudut kemiringan lereng} = 56^\circ \text{ (diubah dalam radian)} \\
 B &= \text{lebar pondasi} = 8 \text{ cm} = 3,1496 \text{ inchi} \\
 b &= \text{jarak pondasi ke puncak lereng} = 8 \text{ cm} = 3,1496 \text{ inchi} \\
 f_\phi &= 10^{(0,1159\phi - 2,386)} = 10^{(0,1159 \cdot 41,25 - 2,386)} = 248,2419 \\
 f_B &= 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} = 10^{(0,34 - 0,2 \log 3,1496)} = 1,7392 \\
 f_{D/B} &= 1 + 0,65 (D/B) = 1 + 0,65 (0/3,1496) = 1 \\
 f_{B/L} &= 1 - 0,27 (B/L) = 1 - 0,27 (3,1496 / \sim) = 1 \\
 f_{D/B, B/L} &= 1 + 0,39 (D/L) = 1 + 0,39 (0/\sim) = 1 \\
 f_{\beta, b/B} &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 - 0,8 [1 - 1(1 - \tan 56^\circ)^2] \{2/[2 + (3,1496 / 3,1496)^2 \tan 56^\circ]\} \\
 &= 0,9732
 \end{aligned}$$

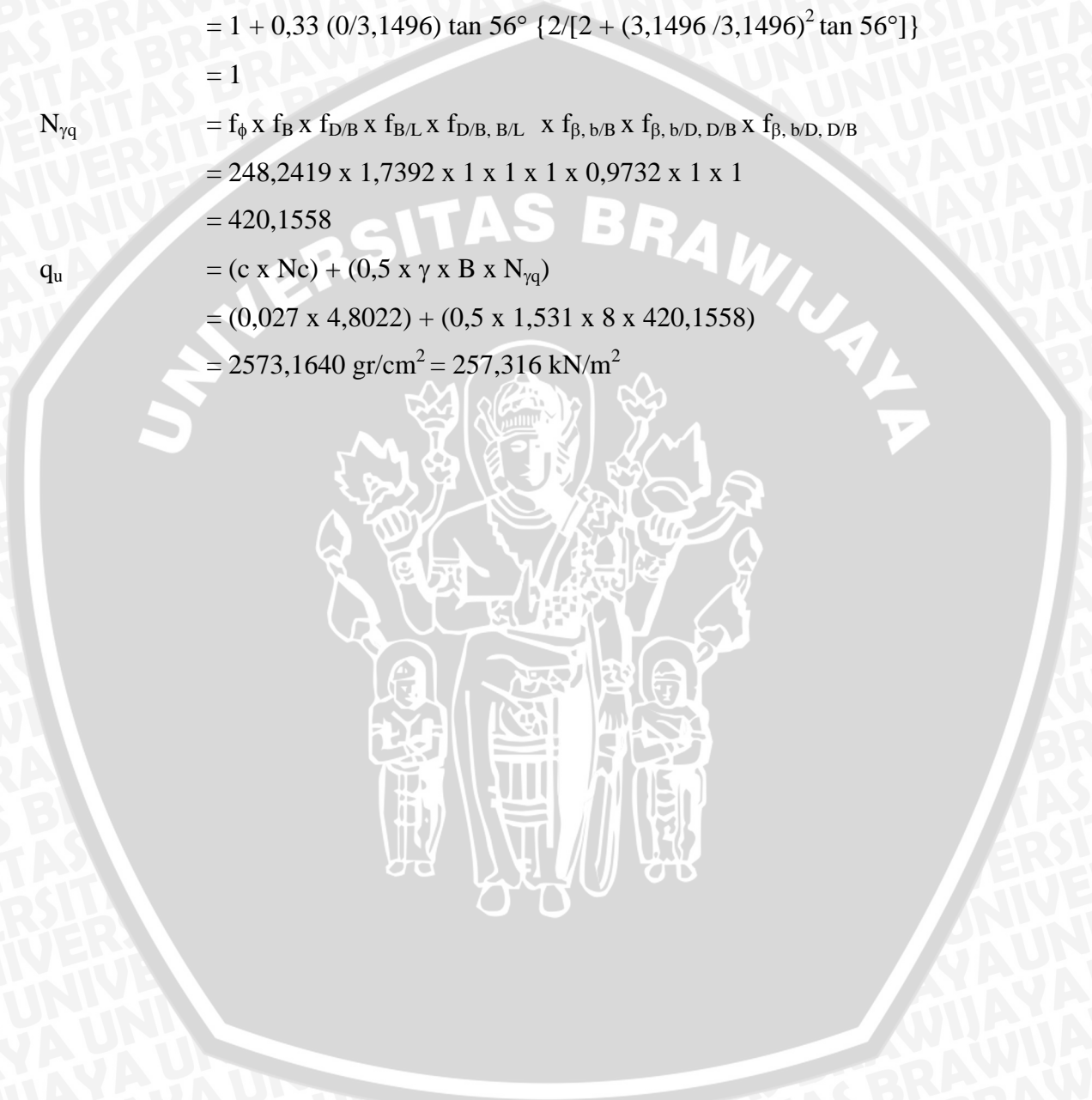


$$\begin{aligned}
 f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,6 (B/L) [1 - 1(1 - \tan \alpha)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 + 0,6 (2,3622 / \sim) [1 - 1(1 - \tan 56^\circ)^2] \{2/[2 + (3,1496 / 3,1496)^2 \\
 &\quad \tan 56^\circ]\} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{\beta, b/D, D/B} &= 1 + 0,33 (D/B) \tan \alpha \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \alpha]\} \\
 &= 1 + 0,33 (0/3,1496) \tan 56^\circ \{2/[2 + (3,1496 / 3,1496)^2 \tan 56^\circ]\} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{\gamma q} &= f_\phi \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, b/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \\
 &= 248,2419 \times 1,7392 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,9732 \times 1 \times 1 \\
 &= 420,1558
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_u &= (c \times N_c) + (0,5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma q}) \\
 &= (0,027 \times 4,8022) + (0,5 \times 1,531 \times 8 \times 420,1558) \\
 &= 2573,1640 \text{ gr/cm}^2 = 257,316 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

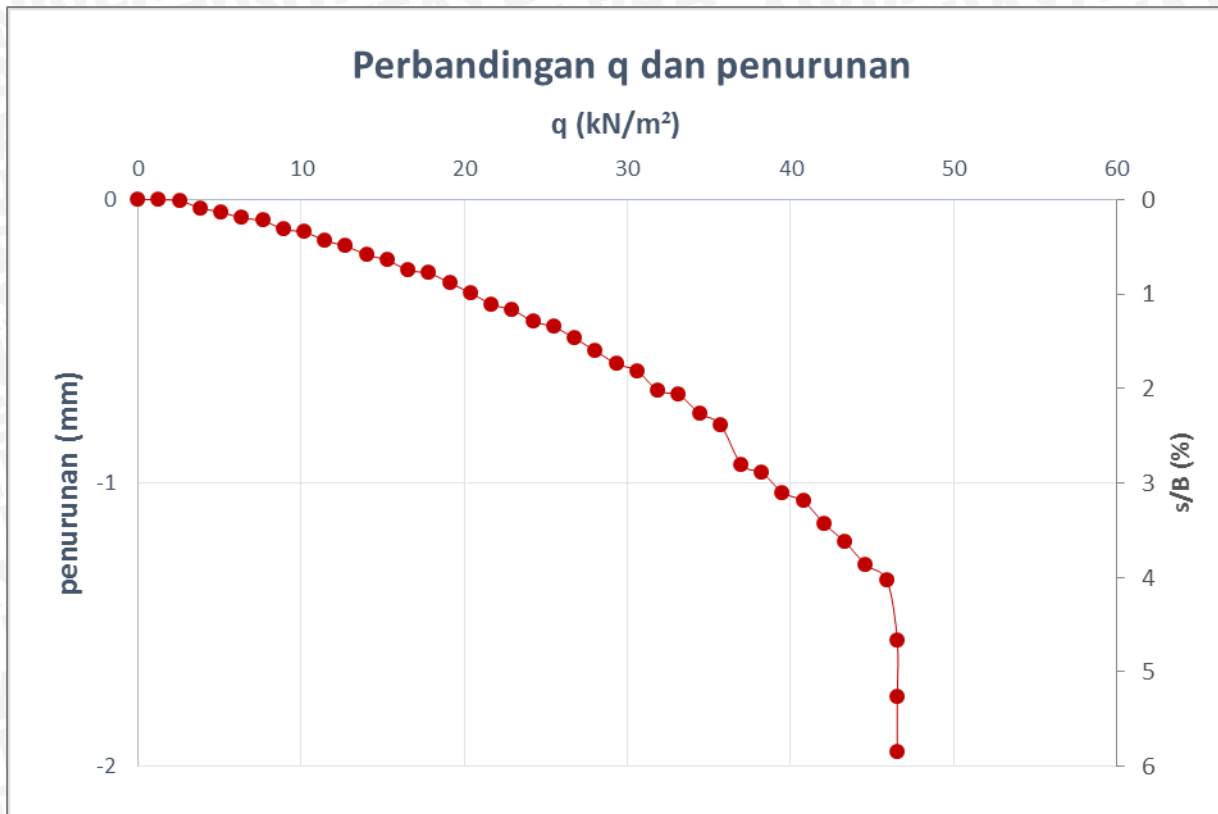


**LAMPIRAN 7**  
**HASIL REKAPITULASI DATA DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN**  
**BERDASARKAN EKSPERIMEN**

**LERENG TANPA PERKUATAN**

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

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4813	4817	4815	0	0	0	0
5	4814	4816	4815	0	0	0.0128	1.2755
10	4816	4812	4814	0.005	0.0125	0.0255	2.5510
15	4806	4812	4809	0.03	0.0750	0.0383	3.8265
20	4808	4804	4806	0.045	0.1125	0.0510	5.1020
25	4803	4801	4802	0.065	0.1625	0.0638	6.3776
30	4798	4802	4800	0.075	0.1875	0.0765	7.6531
35	4793	4795	4794	0.105	0.2625	0.0893	8.9286
40	4794	4790	4792	0.115	0.2875	0.1020	10.2041
45	4783	4789	4786	0.145	0.3625	0.1148	11.4796
50	4784	4780	4782	0.165	0.4125	0.1276	12.7551
55	4777	4775	4776	0.195	0.4875	0.1403	14.0306
60	4770	4774	4772	0.215	0.5375	0.1531	15.3061
65	4764	4766	4765	0.25	0.6250	0.1658	16.5816
70	4765	4761	4763	0.26	0.6500	0.1786	17.8571
75	4753	4759	4756	0.295	0.7375	0.1913	19.1327
80	4751	4747	4749	0.33	0.8250	0.2041	20.4082
85	4742	4740	4741	0.37	0.9250	0.2168	21.6837
90	4735	4739	4737	0.39	0.9750	0.2296	22.9592
95	4728	4730	4729	0.43	1.0750	0.2423	24.2347
100	4727	4723	4725	0.45	1.1250	0.2551	25.5102
105	4714	4720	4717	0.49	1.2250	0.2679	26.7857
110	4710	4706	4708	0.535	1.3375	0.2806	28.0612
115	4700	4698	4699	0.58	1.4500	0.2934	29.3367
120	4692	4696	4694	0.605	1.5125	0.3061	30.6122
125	4679	4681	4680	0.675	1.6875	0.3189	31.8878
130	4679	4675	4677	0.69	1.7250	0.3316	33.1633
135	4661	4667	4664	0.755	1.8875	0.3444	34.4388
140	4658	4654	4656	0.795	1.9875	0.3571	35.7143
145	4629	4627	4628	0.935	2.3375	0.3699	36.9898
150	4620	4624	4622	0.965	2.4125	0.3827	38.2653
155	4607	4609	4608	1.0	2.5875	0.3954	39.5408
160	4604	4600	4602	1.065	2.6625	0.4082	40.8163
165	4583	4589	4586	1.145	2.8625	0.4209	42.0918
170	4575	4571	4573	1.21	3.0250	0.4337	43.3673
175	4558	4556	4557	1.29	3.2250	0.4464	44.6429
180	4544	4548	4546	1.345	3.3625	0.4592	45.9184
182.5	4502	4506	4504	1.555	3.8875	0.4656	46.5561
182.5	4462	4466	4464	1.755	4.3875	0.4656	46.5561
182.5	4423	4427	4425	1.95	4.8750	0.4656	46.5561



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

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4719	4721	4720	0	0	0	0
5	4720	4716	4718	0.01	0.0250	0.0128	1.2755
10	4705	4711	4708	0.06	0.1500	0.0255	2.5510
15	4701	4703	4702	0.09	0.2250	0.0383	3.8265
20	4696	4692	4694	0.13	0.3250	0.0510	5.1020
25	4682	4688	4685	0.175	0.4375	0.0638	6.3776
30	4674	4676	4675	0.225	0.5625	0.0765	7.6531
35	4666	4662	4664	0.28	0.7000	0.0893	8.9286
40	4652	4658	4655	0.325	0.8125	0.1020	10.2041
45	4642	4644	4643	0.385	0.9625	0.1148	11.4796
50	4635	4631	4633	0.435	1.0875	0.1276	12.7551
55	4619	4625	4622	0.49	1.2250	0.1403	14.0306
60	4611	4613	4612	0.54	1.3500	0.1531	15.3061
65	4603	4599	4601	0.595	1.4875	0.1658	16.5816
70	4587	4593	4590	0.65	1.6250	0.1786	17.8571
75	4575	4577	4576	0.72	1.8000	0.1913	19.1327
80	4563	4559	4561	0.795	1.9875	0.2041	20.4082
85	4545	4551	4548	0.86	2.1500	0.2168	21.6837
90	4534	4536	4535	0.925	2.3125	0.2296	22.9592
95	4525	4521	4523	0.985	2.4625	0.2423	24.2347
100	4504	4510	4507	1.065	2.6625	0.2551	25.5102

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
105	4489	4491	4490	1.15	2.8750	0.2679	26.7857
110	4479	4475	4477	1.215	3.0375	0.2806	28.0612
115	4457	4463	4460	1.3	3.2500	0.2934	29.3367
120	4442	4444	4443	1.385	3.4625	0.3061	30.6122
125	4427	4423	4425	1.475	3.6875	0.3189	31.8878
130	4405	4411	4408	1.56	3.9000	0.3316	33.1633
135	4390	4392	4391	1.645	4.1125	0.3444	34.4388
140	4376	4372	4374	1.73	4.3250	0.3571	35.7143
145	4353	4359	4356	1.82	4.5500	0.3699	36.9898
150	4338	4340	4339	1.905	4.7625	0.3827	38.2653
155	4321	4317	4319	2.005	5.0125	0.3954	39.5408
160	4284	4290	4287	2.165	5.4125	0.4082	40.8163
165	4245	4241	4243	2.385	5.9625	0.4209	42.0918
170	4173	4179	4176	2.72	6.8000	0.4337	43.3673
171	4095	4097	4096	3.12	7.8000	0.4362	43.6224
171	4023	4019	4021	3.495	8.7375	0.4362	43.6224
171	3935	3941	3938	3.91	9.7750	0.4362	43.6224



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

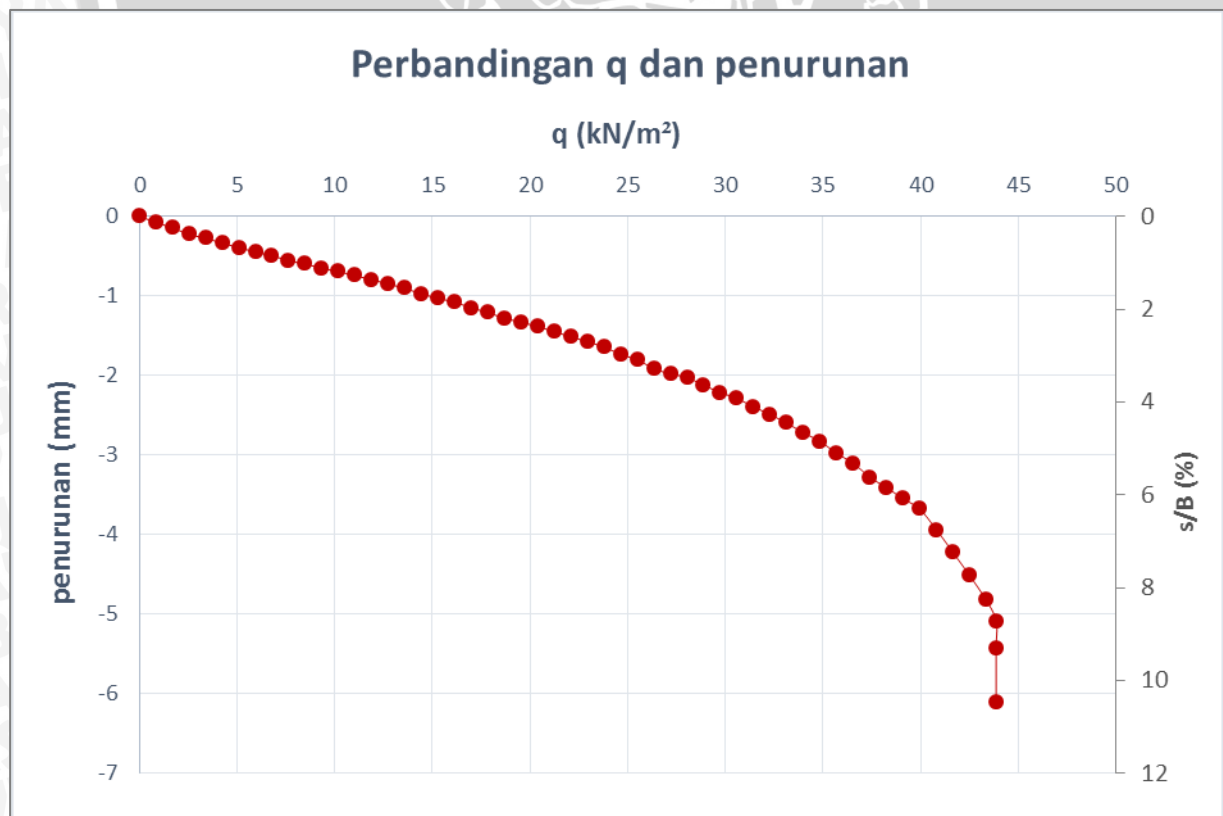
BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4634	4638	4636	0	0	0	0
5	4637	4631	4634	0.01	0.0250	0.0128	1.2755
10	4634	4630	4632	0.02	0.0500	0.0255	2.5510
15	4623	4629	4626	0.05	0.1250	0.0383	3.8265
20	4619	4623	4621	0.075	0.1875	0.0510	5.1020
25	4613	4617	4615	0.105	0.2625	0.0638	6.3776
30	4606	4610	4608	0.14	0.3500	0.0765	7.6531
35	4605	4599	4602	0.17	0.4250	0.0893	8.9286
40	4597	4593	4595	0.205	0.5125	0.1020	10.2041
45	4584	4590	4587	0.245	0.6125	0.1148	11.4796
50	4578	4582	4580	0.28	0.7000	0.1276	12.7551
55	4570	4574	4572	0.32	0.8000	0.1403	14.0306
60	4562	4566	4564	0.36	0.9000	0.1531	15.3061
65	4558	4552	4555	0.405	1.0125	0.1658	16.5816
70	4549	4545	4547	0.445	1.1125	0.1786	17.8571
75	4535	4541	4538	0.49	1.2250	0.1913	19.1327
80	4527	4531	4529	0.535	1.3375	0.2041	20.4082
85	4517	4521	4519	0.585	1.4625	0.2168	21.6837
90	4508	4512	4510	0.63	1.5750	0.2296	22.9592
95	4505	4499	4502	0.67	1.6750	0.2423	24.2347
100	4496	4492	4494	0.71	1.7750	0.2551	25.5102
105	4484	4490	4487	0.745	1.8625	0.2679	26.7857
110	4475	4479	4477	0.795	1.9875	0.2806	28.0612
115	4464	4468	4466	0.85	2.1250	0.2934	29.3367
120	4453	4457	4455	0.905	2.2625	0.3061	30.6122
125	4442	4436	4439	0.985	2.4625	0.3189	31.8878
130	4429	4425	4427	1.045	2.6125	0.3316	33.1633
135	4415	4409	4412	1.12	2.8000	0.3444	34.4388
140	4401	4397	4399	1.185	2.9625	0.3571	35.7143
145	4382	4388	4385	1.255	3.1375	0.3699	36.9898
150	4366	4370	4368	1.34	3.3500	0.3827	38.2653
155	4346	4350	4348	1.44	3.6000	0.3954	39.5408
160	4310	4314	4312	1.62	4.0500	0.4082	40.8163
160	4264	4258	4261	1.875	4.6875	0.4082	40.8163
160	4209	4205	4207	2.145	5.3625	0.4082	40.8163



4.  $B = 6 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 46^\circ$ ,  $d/B = 1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4759	4763	4761	0	0	0	0
5	4745	4747	4746	0.075	0.1250	0.0085	0.8503
10	4734	4730	4732	0.145	0.2417	0.0170	1.7007
15	4713	4719	4716	0.225	0.3750	0.0255	2.5510
20	4708	4704	4706	0.275	0.4583	0.0340	3.4014
25	4695	4693	4694	0.335	0.5583	0.0425	4.2517
30	4680	4684	4682	0.395	0.6583	0.0510	5.1020
35	4671	4673	4672	0.445	0.7417	0.0595	5.9524
40	4664	4660	4662	0.495	0.8250	0.0680	6.8027
45	4647	4653	4650	0.555	0.9250	0.0765	7.6531
50	4643	4639	4641	0.6	1.0000	0.0850	8.5034
55	4632	4630	4631	0.65	1.0833	0.0935	9.3537
60	4620	4624	4622	0.695	1.1583	0.1020	10.2041
65	4611	4613	4612	0.745	1.2417	0.1105	11.0544
70	4604	4600	4602	0.795	1.3250	0.1190	11.9048
75	4588	4594	4591	0.85	1.4167	0.1276	12.7551
80	4582	4578	4580	0.905	1.5083	0.1361	13.6054
85	4567	4565	4566	0.975	1.6250	0.1446	14.4558
90	4553	4557	4555	1.03	1.7167	0.1531	15.3061
95	4544	4546	4545	1.08	1.8000	0.1616	16.1565
100	4533	4529	4531	1.15	1.9167	0.1701	17.0068

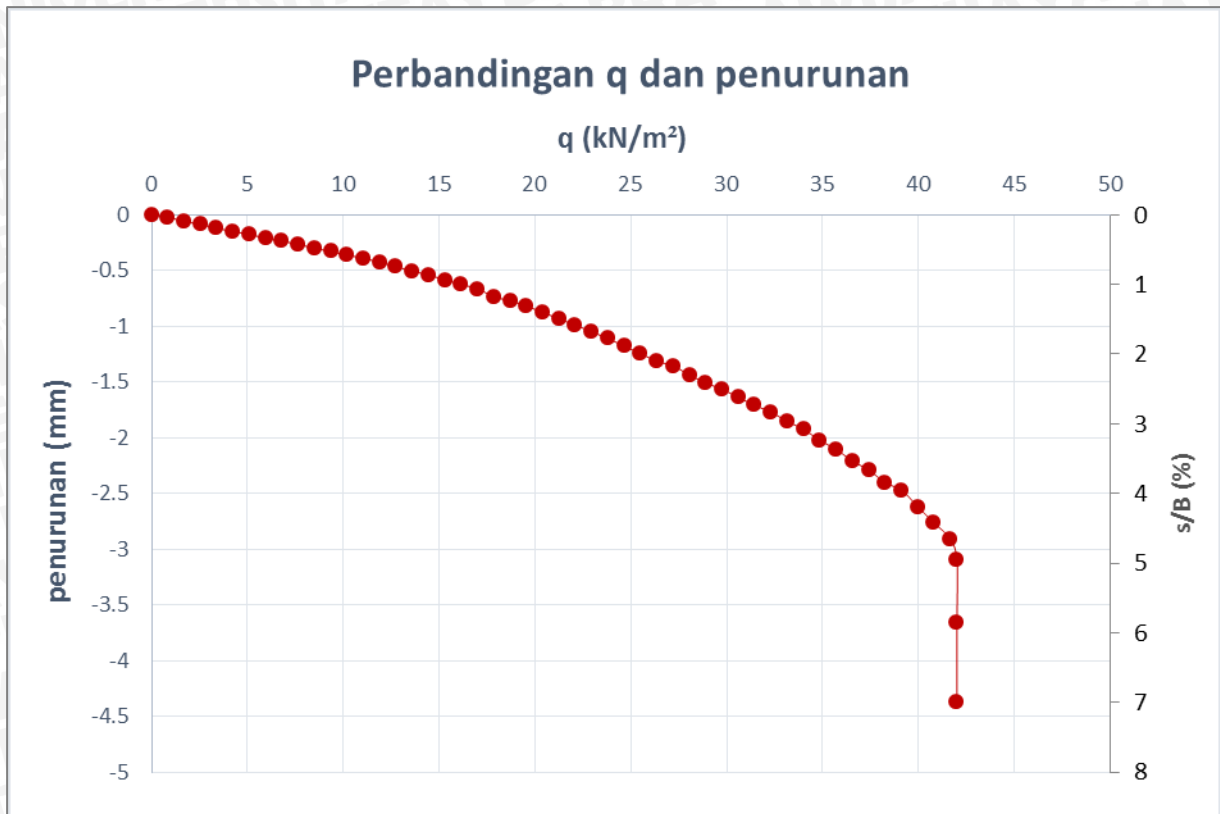
BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
105	4516	4522	4519	1.21	2.0167	0.1786	17.8571
110	4507	4503	4505	1.28	2.1333	0.1871	18.7075
115	4496	4494	4495	1.33	2.2167	0.1956	19.5578
120	4482	4486	4484	1.385	2.3083	0.2041	20.4082
125	4470	4472	4471	1.45	2.4167	0.2126	21.2585
130	4460	4456	4458	1.515	2.5250	0.2211	22.1088
135	4443	4449	4446	1.575	2.6250	0.2296	22.9592
140	4434	4430	4432	1.645	2.7417	0.2381	23.8095
145	4415	4413	4414	1.735	2.8917	0.2466	24.6599
150	4398	4402	4400	1.805	3.0083	0.2551	25.5102
155	4377	4379	4378	1.9	3.1917	0.2636	26.3605
160	4367	4363	4365	1.98	3.3000	0.2721	27.2109
165	4353	4359	4356	2.025	3.3750	0.2806	28.0612
170	4338	4334	4336	2.125	3.5417	0.2891	28.9116
175	4319	4317	4318	2.215	3.6917	0.2976	29.7619
180	4301	4305	4303	2.29	3.8167	0.3061	30.6122
185	4281	4283	4282	2.395	3.9917	0.3146	31.4626
190	4265	4261	4263	2.49	4.1500	0.3231	32.3129
195	4238	4244	4241	2.6	4.3333	0.3316	33.1633
200	4219	4215	4217	2.72	4.5333	0.3401	34.0136
205	4196	4194	4195	2.83	4.7167	0.3486	34.8639
210	4163	4167	4165	2.98	4.9667	0.3571	35.7143
215	4139	4141	4140	3.105	5.1750	0.3656	36.5646
220	4107	4103	4105	3.28	5.4667	0.3741	37.4150
225	4076	4082	4079	3.41	5.6833	0.3827	38.2653
230	4053	4049	4051	3.55	5.9167	0.3912	39.1156
235	4026	4024	4025	3.68	6.1333	0.3997	39.9660
240	3974	3972	3973	3.94	6.5667	0.4082	40.8163
245	3917	3915	3916	4.225	7.0417	0.4167	41.6667
250	3859	3857	3858	4.515	7.5250	0.4252	42.5170
255	3797	3795	3796	4.825	8.0417	0.4337	43.3673
258	3745	3743	3744	5.085	8.4750	0.4388	43.8776
258	3677	3675	3676	5.425	9.0417	0.4388	43.8776
258	3540	3538	3539	6.11	10.1833	0.4388	43.8776



5.  $B = 6 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 51^\circ$ ,  $d/B = 1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4883	4887	4885	0	0	0	0
5	4880	4882	4881	0.02	0.03333	0.00850	0.85034
10	4875	4871	4873	0.06	0.10000	0.01701	1.70068
15	4865	4871	4868	0.085	0.14167	0.02551	2.55102
20	4863	4859	4861	0.12	0.20000	0.03401	3.40136
25	4856	4854	4855	0.15	0.25000	0.04252	4.25170
30	4848	4852	4850	0.175	0.29167	0.05102	5.10204
35	4842	4844	4843	0.21	0.35000	0.05952	5.95238
40	4840	4836	4838	0.235	0.39167	0.06803	6.80272
45	4829	4835	4832	0.265	0.44167	0.07653	7.65306
50	4827	4823	4825	0.3	0.50000	0.08503	8.50340
55	4820	4818	4819	0.33	0.55000	0.09354	9.35374
60	4811	4815	4813	0.36	0.60000	0.10204	10.20408
65	4806	4808	4807	0.39	0.65000	0.11054	11.05442
70	4802	4798	4800	0.425	0.70833	0.11905	11.90476
75	4789	4795	4792	0.465	0.77500	0.12755	12.75510
80	4786	4782	4784	0.505	0.84167	0.13605	13.60544
85	4778	4776	4777	0.54	0.90000	0.14456	14.45578
90	4766	4770	4768	0.585	0.97500	0.15306	15.30612
95	4759	4761	4760	0.625	1.04167	0.16156	16.15646
100	4754	4750	4752	0.665	1.10833	0.17007	17.00680
105	4735	4741	4738	0.735	1.22500	0.17857	17.85714
110	4733	4729	4731	0.77	1.28333	0.18707	18.70748
115	4722	4720	4721	0.82	1.36667	0.19558	19.55782
120	4708	4712	4710	0.875	1.45833	0.20408	20.40816
125	4697	4699	4698	0.935	1.55833	0.21259	21.25850
130	4689	4685	4687	0.99	1.65000	0.22109	22.10884
135	4672	4678	4675	1.05	1.75000	0.22959	22.95918
140	4665	4661	4663	1.11	1.85000	0.23810	23.80952
145	4650	4648	4649	1.18	1.96667	0.24660	24.65986
150	4634	4638	4636	1.245	2.07500	0.25510	25.51020
155	4621	4623	4622	1.3	2.19167	0.26361	26.36054
160	4616	4612	4614	1.355	2.25833	0.27211	27.21088
165	4594	4600	4597	1.44	2.40000	0.28061	28.06122
170	4585	4581	4583	1.51	2.51667	0.28912	28.91156
175	4573	4571	4572	1.565	2.60833	0.29762	29.76190
180	4555	4559	4557	1.64	2.73333	0.30612	30.61224
185	4542	4544	4543	1.71	2.85000	0.31463	31.46259
190	4533	4529	4531	1.77	2.95000	0.32313	32.31293
195	4511	4517	4514	1.855	3.09167	0.33163	33.16327
200	4502	4498	4500	1.925	3.20833	0.34014	34.01361
205	4481	4479	4480	2.025	3.37500	0.34864	34.86395
210	4462	4466	4464	2.105	3.50833	0.35714	35.71429
215	4442	4444	4443	2.21	3.68333	0.36565	36.56463
220	4429	4425	4427	2.29	3.81667	0.37415	37.41497
225	4401	4407	4404	2.405	4.00833	0.38265	38.26531
230	4393	4389	4391	2.47	4.11667	0.39116	39.11565
235	4362	4360	4361	2.62	4.36667	0.39966	39.96599
240	4330	4334	4332	2.765	4.60833	0.40816	40.81633
245	4302	4304	4303	2.91	4.85000	0.41667	41.66667
247	4268	4264	4266	3.095	5.15833	0.42007	42.00680
247	4150	4156	4153	3.66	6.10000	0.42007	42.00680
247	4013	4009	4011	4.37	7.28333	0.42007	42.00680





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

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4749	4751	4750	0	0	0	0
5	4747	4743	4745	0.025	0.0417	0.0085	0.8503
10	4739	4733	4736	0.07	0.1167	0.0170	1.7007
15	4730	4726	4728	0.11	0.1833	0.0255	2.5510
20	4719	4725	4722	0.14	0.2333	0.0340	3.4014
25	4708	4710	4709	0.205	0.3417	0.0425	4.2517
30	4695	4697	4696	0.27	0.4500	0.0510	5.1020
35	4684	4680	4682	0.34	0.5667	0.0595	5.9524
40	4670	4664	4667	0.415	0.6917	0.0680	6.8027
45	4654	4650	4652	0.49	0.8167	0.0765	7.6531
50	4635	4641	4638	0.56	0.9333	0.0850	8.5034
55	4621	4623	4622	0.64	1.0667	0.0935	9.3537
60	4609	4611	4610	0.7	1.1667	0.1020	10.2041
65	4599	4595	4597	0.765	1.2750	0.1105	11.0544
70	4587	4581	4584	0.83	1.3833	0.1190	11.9048
75	4575	4571	4573	0.885	1.4750	0.1276	12.7551
80	4557	4563	4560	0.95	1.5833	0.1361	13.6054
85	4547	4549	4548	1.01	1.6833	0.1446	14.4558
90	4537	4539	4538	1.06	1.7667	0.1531	15.3061
95	4527	4523	4525	1.125	1.8750	0.1616	16.1565
100	4515	4509	4512	1.19	1.9833	0.1701	17.0068



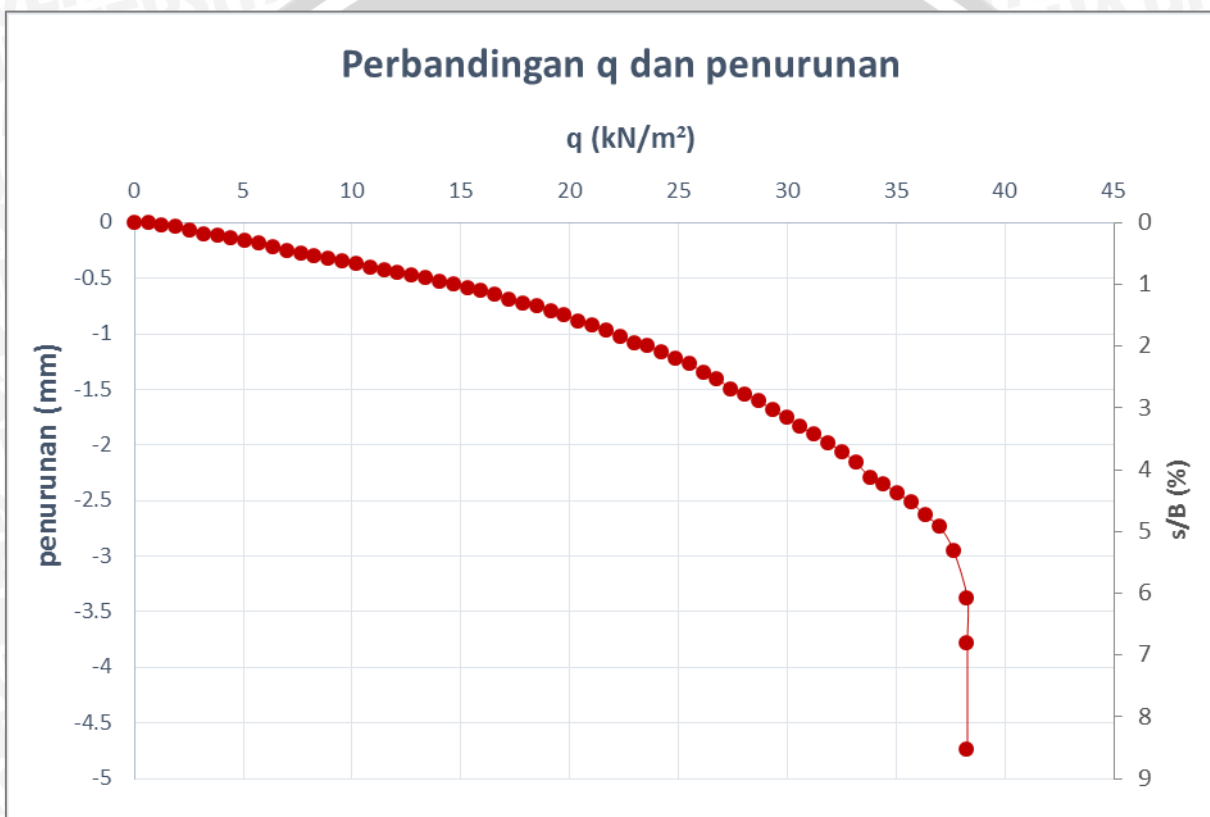
BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
105	4499	4495	4497	1.265	2.1083	0.1786	17.8571
110	4482	4488	4485	1.325	2.2083	0.1871	18.7075
115	4470	4472	4471	1.395	2.3250	0.1956	19.5578
120	4457	4459	4458	1.46	2.4333	0.2041	20.4082
125	4442	4438	4440	1.55	2.5833	0.2126	21.2585
130	4431	4425	4428	1.61	2.6833	0.2211	22.1088
135	4412	4408	4410	1.7	2.8333	0.2296	22.9592
140	4394	4400	4397	1.765	2.9417	0.2381	23.8095
145	4380	4382	4381	1.845	3.0750	0.2466	24.6599
150	4363	4365	4364	1.93	3.2167	0.2551	25.5102
155	4350	4346	4348	2.01	3.3500	0.2636	26.3605
160	4336	4330	4333	2.085	3.4750	0.2721	27.2109
165	4320	4316	4318	2.16	3.6000	0.2806	28.0612
170	4299	4305	4302	2.24	3.7333	0.2891	28.9116
175	4282	4284	4283	2.335	3.8917	0.2976	29.7619
180	4262	4264	4263	2.435	4.0583	0.3061	30.6122
185	4248	4244	4246	2.52	4.2000	0.3146	31.4626
190	4224	4218	4221	2.645	4.4083	0.3231	32.3129
195	4204	4200	4202	2.74	4.5667	0.3316	33.1633
200	4177	4183	4180	2.85	4.7500	0.3401	34.0136
205	4156	4158	4157	2.965	4.9417	0.3486	34.8639
210	4137	4139	4138	3.06	5.1000	0.3571	35.7143
215	4117	4113	4115	3.175	5.2917	0.3656	36.5646
220	4096	4090	4093	3.285	5.4750	0.3741	37.4150
224.5	3998	3994	3996	3.77	6.2833	0.3818	38.1803
224.5	3880	3886	3883	4.335	7.2250	0.3818	38.1803
224.5	3750	3752	3751	4.995	8.3250	0.3818	38.1803



7.  $B = 8 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 46^\circ$ ,  $d/B = 1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4927	4931	4929	0	0	0	0
5	4927	4929	4928	0.005	0.0083	0.0085	0.8503
10	4926	4922	4924	0.025	0.0417	0.0170	1.7007
15	4918	4924	4921	0.04	0.0667	0.0255	2.5510
20	4917	4913	4915	0.07	0.1167	0.0340	3.4014
25	4909	4907	4908	0.105	0.1750	0.0425	4.2517
30	4903	4907	4905	0.12	0.2000	0.0510	5.1020
35	4900	4902	4901	0.14	0.2333	0.0595	5.9524
40	4898	4894	4896	0.165	0.2750	0.0680	6.8027
45	4888	4894	4891	0.19	0.3167	0.0765	7.6531
50	4887	4883	4885	0.22	0.3667	0.0850	8.5034
55	4880	4878	4879	0.25	0.4167	0.0935	9.3537
60	4871	4875	4873	0.28	0.4667	0.1020	10.2041
65	4868	4870	4869	0.3	0.5000	0.1105	11.0544
70	4867	4863	4865	0.32	0.5333	0.1190	11.9048
75	4857	4863	4860	0.345	0.5750	0.1276	12.7551
80	4857	4853	4855	0.37	0.6167	0.1361	13.6054
85	4849	4847	4848	0.405	0.6750	0.1446	14.4558
90	4841	4845	4843	0.43	0.7167	0.1531	15.3061
95	4837	4839	4838	0.455	0.7583	0.1616	16.1565
100	4836	4832	4834	0.475	0.7917	0.1701	17.0068
105	4826	4832	4829	0.5	0.8333	0.1786	17.8571
110	4825	4821	4823	0.53	0.8833	0.1871	18.7075
115	4818	4816	4817	0.56	0.9333	0.1956	19.5578
120	4809	4813	4811	0.59	0.9833	0.2041	20.4082
125	4805	4807	4806	0.615	1.0250	0.2126	21.2585
130	4801	4797	4799	0.65	1.0833	0.2211	22.1088
135	4788	4794	4791	0.69	1.1500	0.2296	22.9592
140	4786	4782	4784	0.725	1.2083	0.2381	23.8095
145	4779	4777	4778	0.755	1.2583	0.2466	24.6599
150	4768	4772	4770	0.795	1.3250	0.2551	25.5102
155	4762	4764	4763	0.8	1.3833	0.2636	26.3605
160	4753	4749	4751	0.89	1.4833	0.2721	27.2109
165	4742	4748	4745	0.92	1.5333	0.2806	28.0612
170	4736	4732	4734	0.975	1.6250	0.2891	28.9116
175	4725	4723	4724	1.025	1.7083	0.2976	29.7619
180	4710	4714	4712	1.085	1.8083	0.3061	30.6122
185	4706	4708	4707	1.11	1.8500	0.3146	31.4626
190	4697	4693	4695	1.17	1.9500	0.3231	32.3129
195	4681	4687	4684	1.225	2.0417	0.3316	33.1633
200	4676	4672	4674	1.275	2.1250	0.3401	34.0136
205	4661	4659	4660	1.345	2.2417	0.3486	34.8639
210	4646	4650	4648	1.405	2.3417	0.3571	35.7143
215	4629	4631	4630	1.495	2.4917	0.3656	36.5646
220	4622	4618	4620	1.545	2.5750	0.3741	37.4150
225	4605	4611	4608	1.605	2.6750	0.3827	38.2653
230	4594	4590	4592	1.685	2.8083	0.3912	39.1156
235	4579	4577	4578	1.755	2.9250	0.3997	39.9660
240	4559	4563	4561	1.84	3.0667	0.4082	40.8163
245	4548	4550	4549	1.9	3.1667	0.4167	41.6667
250	4535	4531	4533	1.98	3.3000	0.4252	42.5170

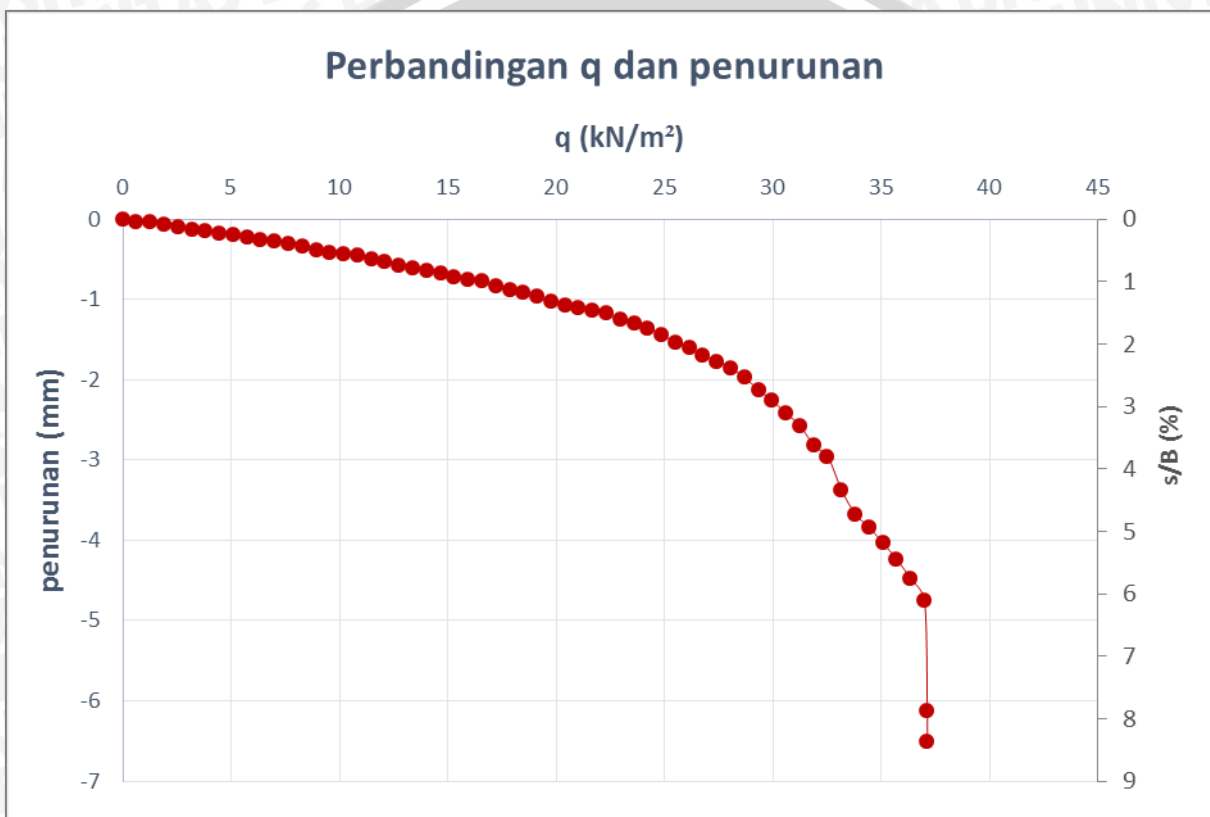
BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
255	4514	4520	4517	2.06	3.4333	0.4337	43.3673
260	4499	4495	4497	2.16	3.6000	0.4422	44.2177
265	4470	4472	4471	2.29	3.8167	0.4507	45.0680
270	4460	4456	4458	2.355	3.9250	0.4592	45.9184
275	4439	4445	4442	2.435	4.0583	0.4677	46.7687
280	4427	4423	4425	2.52	4.2000	0.4762	47.6190
285	4404	4400	4402	2.635	4.3917	0.4847	48.4694
290	4384	4380	4382	2.735	4.5583	0.4932	49.3197
295	4341	4337	4339	2.95	4.9167	0.5017	50.1701
300	4255	4251	4253	3.38	5.6333	0.5102	51.0204
300	4175	4171	4173	3.78	6.3000	0.5102	51.0204
300	3983	3979	3981	4.74	7.9000	0.5102	51.0204



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

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4680	4684	4682	0	0	0	0
5	4675	4677	4676	0.03	0.0375	0.0064	0.6378
10	4675	4671	4673	0.045	0.0563	0.0128	1.2755
15	4665	4671	4668	0.07	0.0875	0.0191	1.9133
20	4665	4661	4663	0.095	0.1188	0.0255	2.5510
25	4656	4654	4655	0.135	0.1688	0.0319	3.1888
30	4650	4654	4652	0.15	0.1875	0.0383	3.8265
35	4646	4648	4647	0.175	0.2188	0.0446	4.4643
40	4643	4639	4641	0.205	0.2563	0.0510	5.1020
45	4632	4638	4635	0.235	0.2938	0.0574	5.7398
50	4632	4628	4630	0.26	0.3250	0.0638	6.3776
55	4627	4625	4626	0.28	0.3500	0.0702	7.0153
60	4618	4622	4620	0.31	0.3875	0.0765	7.6531
65	4612	4614	4613	0.345	0.4313	0.0829	8.2908
70	4607	4603	4605	0.385	0.4813	0.0893	8.9286
75	4596	4602	4599	0.415	0.5188	0.0957	9.5663
80	4596	4592	4594	0.44	0.5500	0.1020	10.2041
85	4591	4589	4590	0.46	0.5750	0.1084	10.8418
90	4581	4585	4583	0.495	0.6188	0.1148	11.4796
95	4575	4577	4576	0.53	0.6625	0.1212	12.1173
100	4568	4564	4566	0.58	0.7250	0.1276	12.7551
105	4555	4561	4558	0.62	0.7750	0.1339	13.3929
110	4554	4550	4552	0.65	0.8125	0.1403	14.0306
115	4547	4545	4546	0.68	0.8500	0.1467	14.6684
120	4536	4540	4538	0.72	0.9000	0.1531	15.3061
125	4530	4532	4531	0.755	0.9438	0.1594	15.9439
130	4528	4524	4526	0.78	0.9750	0.1658	16.5816
135	4510	4516	4513	0.845	1.0563	0.1722	17.2194
140	4508	4504	4506	0.88	1.1000	0.1786	17.8571
145	4499	4497	4498	0.92	1.1500	0.1849	18.4949
150	4486	4490	4488	0.97	1.2125	0.1913	19.1327
155	4475	4477	4476	1.0	1.2875	0.1977	19.7704
160	4468	4464	4466	1.08	1.3500	0.2041	20.4082
165	4457	4463	4460	1.11	1.3875	0.2105	21.0459
170	4456	4452	4454	1.14	1.4250	0.2168	21.6837
175	4448	4446	4447	1.175	1.4688	0.2232	22.3214
180	4428	4432	4430	1.26	1.5750	0.2296	22.9592
185	4420	4422	4421	1.305	1.6313	0.2360	23.5969
190	4412	4408	4410	1.36	1.7000	0.2423	24.2347
195	4391	4397	4394	1.44	1.8000	0.2487	24.8724
200	4377	4373	4375	1.535	1.9188	0.2551	25.5102
205	4362	4360	4361	1.605	2.0063	0.2615	26.1480
210	4339	4343	4341	1.705	2.1313	0.2679	26.7857
215	4326	4328	4327	1.775	2.2188	0.2742	27.4235
220	4313	4309	4311	1.855	2.3188	0.2806	28.0612
225	4283	4289	4286	1.98	2.4750	0.2870	28.6990
230	4259	4255	4257	2.125	2.6563	0.2934	29.3367
235	4231	4229	4230	2.26	2.8250	0.2997	29.9745
240	4196	4200	4198	2.42	3.0250	0.3061	30.6122
245	4166	4168	4167	2.575	3.2188	0.3125	31.2500
250	4120	4116	4118	2.82	3.5250	0.3189	31.8878

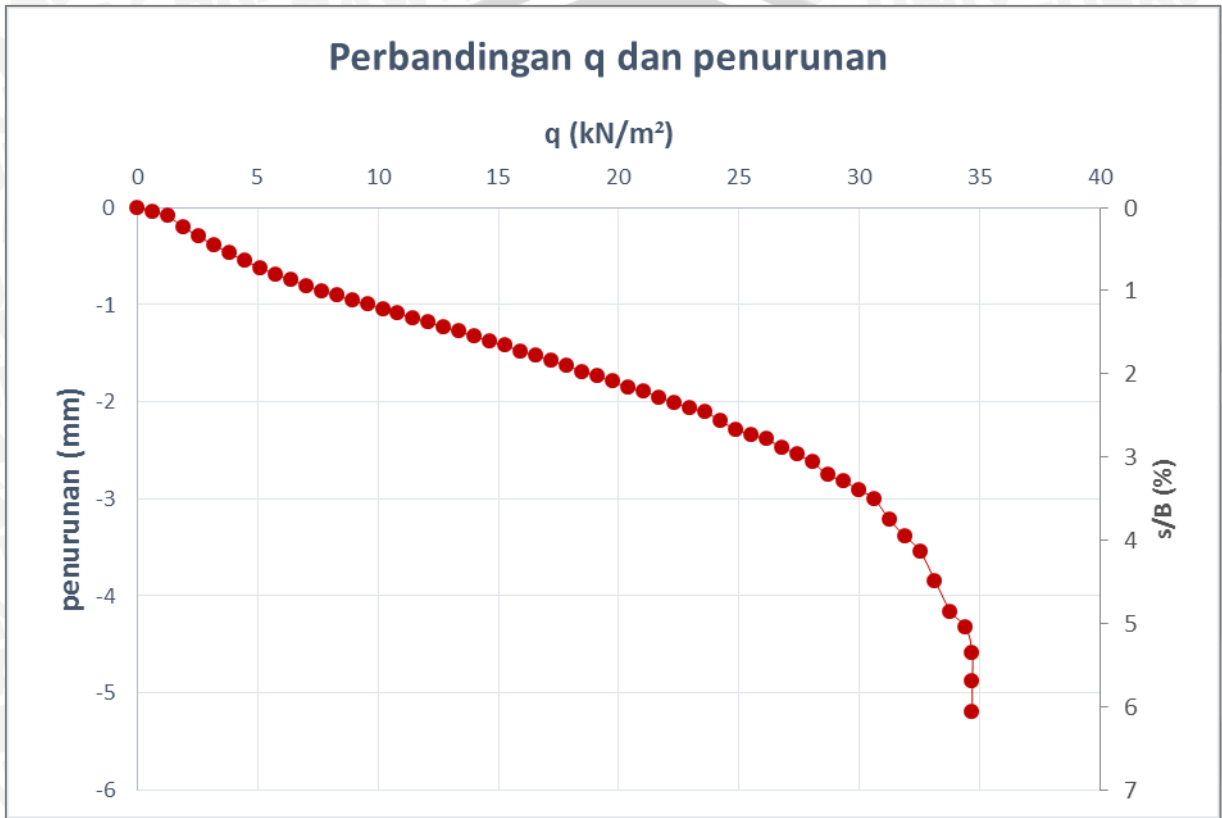
BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
255	4087	4093	4090	2.96	3.7000	0.3253	32.5255
260	4009	4005	4007	3.375	4.2188	0.3316	33.1633
265	3946	3948	3947	3.675	4.5938	0.3380	33.8010
270	3916	3912	3914	3.84	4.8000	0.3444	34.4388
275	3872	3878	3875	4.035	5.0438	0.3508	35.0765
280	3831	3837	3834	4.24	5.3000	0.3571	35.7143
285	3783	3789	3786	4.48	5.6000	0.3635	36.3520
290	3727	3733	3730	4.76	5.9500	0.3699	36.9898
291	3453	3459	3456	6.13	7.6625	0.3712	37.1173
291	3376	3382	3379	6.515	8.1438	0.3712	37.1173



9.  $B = 8 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 56^\circ$ ,  $d/B = 1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4899	4901	4900	0	0	0	0
5	4894	4890	4892	0.04	0.0500	0.0064	0.6378
10	4880	4884	4882	0.09	0.1125	0.0128	1.2755
15	4859	4861	4860	0.2	0.2500	0.0191	1.9133
20	4842	4838	4840	0.3	0.3750	0.0255	2.5510
25	4821	4825	4823	0.385	0.4813	0.0319	3.1888
30	4805	4807	4806	0.47	0.5875	0.0383	3.8265
35	4792	4788	4790	0.55	0.6875	0.0446	4.4643
40	4774	4778	4776	0.62	0.7750	0.0510	5.1020
45	4761	4763	4762	0.69	0.8625	0.0574	5.7398
50	4753	4749	4751	0.745	0.9313	0.0638	6.3776
55	4737	4741	4739	0.805	1.0063	0.0702	7.0153
60	4727	4729	4728	0.86	1.0750	0.0765	7.6531
65	4721	4717	4719	0.905	1.1313	0.0829	8.2908
70	4706	4710	4708	0.96	1.2000	0.0893	8.9286
75	4699	4701	4700	1	1.2500	0.0957	9.5663
80	4692	4688	4690	1.05	1.3125	0.1020	10.2041
85	4680	4684	4682	1.09	1.3625	0.1084	10.8418
90	4671	4673	4672	1.14	1.4250	0.1148	11.4796
95	4665	4661	4663	1.185	1.4813	0.1212	12.1173
100	4651	4655	4653	1.235	1.5438	0.1276	12.7551
105	4643	4645	4644	1.28	1.6000	0.1339	13.3929
110	4636	4632	4634	1.33	1.6625	0.1403	14.0306
115	4622	4626	4624	1.38	1.7250	0.1467	14.6684
120	4614	4616	4615	1.425	1.7813	0.1531	15.3061
125	4606	4602	4604	1.48	1.8500	0.1594	15.9439
130	4592	4596	4594	1.53	1.9125	0.1658	16.5816
135	4583	4585	4584	1.58	1.9750	0.1722	17.2194
140	4576	4572	4574	1.63	2.0375	0.1786	17.8571
145	4560	4564	4562	1.69	2.1125	0.1849	18.4949
150	4551	4553	4552	1.74	2.1750	0.1913	19.1327
155	4543	4539	4541	1.795	2.2438	0.1977	19.7704
160	4527	4531	4529	1.855	2.3188	0.2041	20.4082
165	4520	4522	4521	1.895	2.3688	0.2105	21.0459
170	4511	4507	4509	1.955	2.4438	0.2168	21.6837
175	4496	4500	4498	2.01	2.5125	0.2232	22.3214
180	4485	4487	4486	2.07	2.5875	0.2296	22.9592
185	4481	4477	4479	2.105	2.6313	0.2360	23.5969
190	4458	4462	4460	2.2	2.7500	0.2423	24.2347
195	4442	4444	4443	2.285	2.8563	0.2487	24.8724
200	4434	4430	4432	2.34	2.9250	0.2551	25.5102
205	4420	4424	4422	2.39	2.9875	0.2615	26.1480
210	4405	4407	4406	2.47	3.0875	0.2679	26.7857
215	4393	4389	4391	2.545	3.1813	0.2742	27.4235
220	4373	4377	4375	2.625	3.2813	0.2806	28.0612
225	4348	4350	4349	2.755	3.4438	0.2870	28.6990
230	4339	4335	4337	2.815	3.5188	0.2934	29.3367
235	4316	4320	4318	2.91	3.6375	0.2997	29.9745
240	4299	4301	4300	3	3.7500	0.3061	30.6122
245	4259	4255	4257	3.215	4.0188	0.3125	31.2500
250	4221	4225	4223	3.385	4.2313	0.3189	31.8878

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
255	4191	4193	4192	3.54	4.4250	0.3253	32.5255
260	4131	4127	4129	3.855	4.8188	0.3316	33.1633
265	4065	4069	4067	4.165	5.2063	0.3380	33.8010
270	4033	4035	4034	4.33	5.4125	0.3444	34.4388
272	3984	3980	3982	4.59	5.7375	0.3469	34.6939
272	3923	3927	3925	4.875	6.0938	0.3469	34.6939
272	3860	3862	3861	5.195	6.4938	0.3469	34.6939





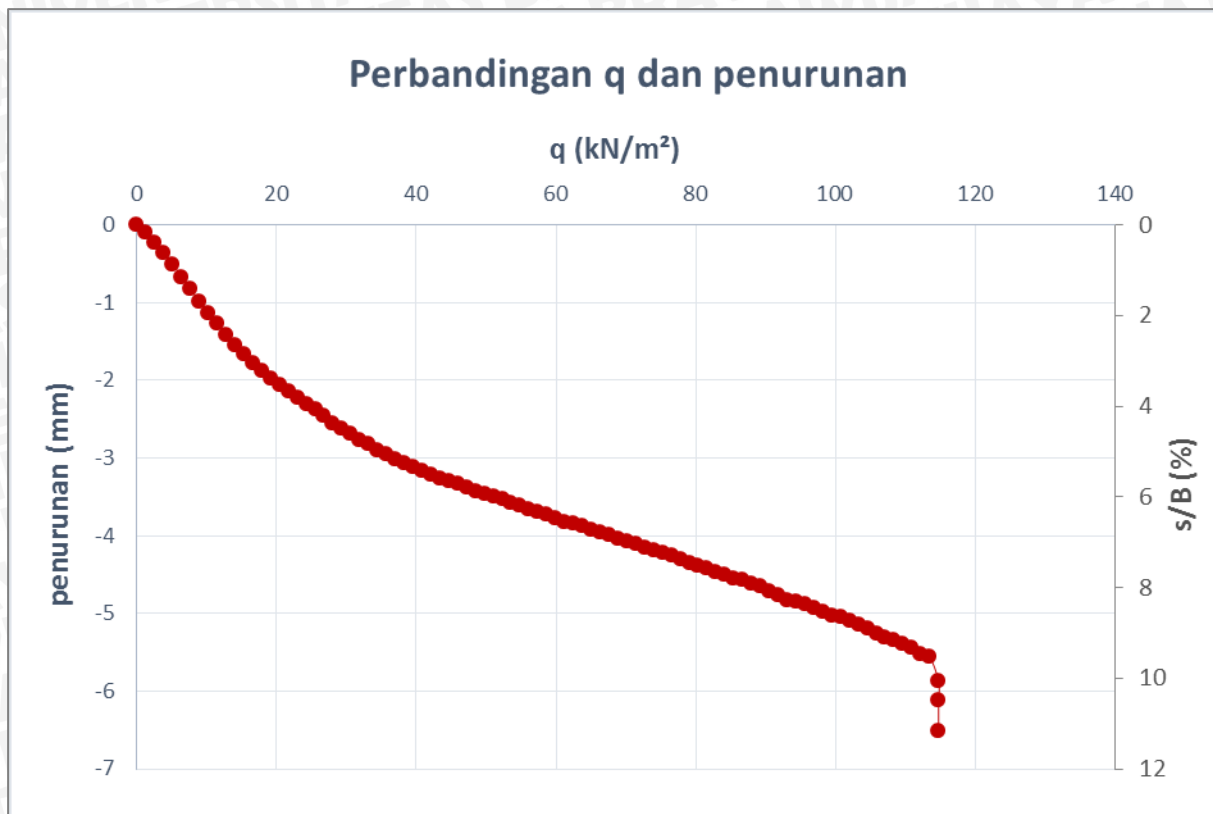
## LERENG DENGAN PERKUATAN

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

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4532	4534	4533	0	0	0	0
5	4517	4513	4515	0.09	0.1500	0.0128	1.2755
10	4492	4486	4489	0.22	0.3667	0.0255	2.5510
15	4463	4459	4461	0.36	0.6000	0.0383	3.8265
20	4429	4435	4432	0.505	0.8417	0.0510	5.1020
25	4399	4401	4400	0.665	1.1083	0.0638	6.3776
30	4367	4369	4368	0.825	1.3750	0.0765	7.6531
35	4337	4333	4335	0.99	1.6500	0.0893	8.9286
40	4309	4303	4306	1.135	1.8917	0.1020	10.2041
45	4281	4277	4279	1.27	2.1167	0.1148	11.4796
50	4247	4253	4250	1.415	2.3583	0.1276	12.7551
55	4224	4226	4225	1.54	2.5667	0.1403	14.0306
60	4198	4200	4199	1.67	2.7833	0.1531	15.3061
65	4180	4176	4178	1.775	2.9583	0.1658	16.5816
70	4162	4156	4159	1.87	3.1167	0.1786	17.8571
75	4140	4136	4138	1.975	3.2917	0.1913	19.1327
80	4119	4125	4122	2.055	3.4250	0.2041	20.4082
85	4104	4106	4105	2.14	3.5667	0.2168	21.6837
90	4087	4089	4088	2.225	3.7083	0.2296	22.9592
95	4075	4071	4073	2.3	3.8333	0.2423	24.2347
100	4061	4055	4058	2.375	3.9583	0.2551	25.5102
105	4043	4039	4041	2.46	4.1000	0.2679	26.7857
110	4021	4027	4024	2.545	4.2417	0.2806	28.0612
115	4009	4011	4010	2.615	4.3583	0.2934	29.3367
120	3995	3997	3996	2.685	4.4750	0.3061	30.6122
125	3980	3976	3978	2.775	4.6250	0.3189	31.8878
130	3972	3966	3969	2.82	4.7000	0.3316	33.1633
135	3956	3952	3954	2.895	4.8250	0.3444	34.4388
140	3940	3946	3943	2.95	4.9167	0.3571	35.7143
145	3930	3932	3931	3.01	5.0167	0.3699	36.9898
150	3920	3922	3921	3.06	5.1000	0.3827	38.2653
155	3911	3907	3909	3.12	5.2000	0.3954	39.5408
160	3902	3896	3899	3.17	5.2833	0.4082	40.8163
165	3893	3889	3891	3.21	5.3500	0.4209	42.0918
170	3879	3885	3882	3.255	5.4250	0.4337	43.3673
175	3872	3874	3873	3.3	5.5000	0.4464	44.6429
180	3865	3867	3866	3.335	5.5583	0.4592	45.9184
185	3861	3857	3859	3.37	5.6167	0.4719	47.1939
190	3852	3846	3849	3.42	5.7000	0.4847	48.4694
195	3844	3840	3842	3.455	5.7583	0.4974	49.7449
200	3830	3836	3833	3.5	5.8333	0.5102	51.0204
205	3826	3828	3827	3.53	5.8833	0.5230	52.2959
210	3817	3819	3818	3.575	5.9583	0.5357	53.5714
215	3812	3808	3810	3.615	6.0250	0.5485	54.8469
220	3805	3799	3802	3.655	6.0917	0.5612	56.1224
225	3798	3794	3796	3.685	6.1417	0.5740	57.3980
230	3785	3791	3788	3.725	6.2083	0.5867	58.6735
235	3778	3780	3779	3.77	6.2833	0.5995	59.9490
240	3768	3770	3769	3.82	6.3667	0.6122	61.2245
245	3767	3763	3765	3.84	6.4000	0.6250	62.5000
250	3762	3756	3759	3.87	6.4500	0.6378	63.7755

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
255	3750	3746	3748	3.925	6.5417	0.6505	65.0510
260	3739	3745	3742	3.955	6.5917	0.6633	66.3265
265	3734	3736	3735	3.99	6.6500	0.6760	67.6020
270	3726	3728	3727	4.03	6.7167	0.6888	68.8776
275	3722	3718	3720	4.065	6.7750	0.7015	70.1531
280	3714	3708	3711	4.11	6.8500	0.7143	71.4286
285	3706	3702	3704	4.145	6.9083	0.7270	72.7041
290	3692	3698	3695	4.19	6.9833	0.7398	73.9796
295	3687	3689	3688	4.225	7.0417	0.7526	75.2551
300	3681	3683	3682	4.255	7.0917	0.7653	76.5306
305	3675	3671	3673	4.3	7.1667	0.7781	77.8061
310	3666	3660	3663	4.35	7.2500	0.7908	79.0816
315	3658	3654	3656	4.385	7.3083	0.8036	80.3571
320	3646	3652	3649	4.42	7.3667	0.8163	81.6327
325	3638	3640	3639	4.47	7.4500	0.8291	82.9082
330	3633	3635	3634	4.495	7.4917	0.8418	84.1837
335	3627	3623	3625	4.54	7.5667	0.8546	85.4592
340	3622	3616	3619	4.57	7.6167	0.8673	86.7347
345	3613	3609	3611	4.61	7.6833	0.8801	88.0102
350	3599	3605	3602	4.655	7.7583	0.8929	89.2857
355	3590	3592	3591	4.71	7.8500	0.9056	90.5612
360	3581	3583	3582	4.755	7.9250	0.9184	91.8367
365	3570	3566	3568	4.825	8.0417	0.9311	93.1122
370	3567	3561	3564	4.845	8.0750	0.9439	94.3878
375	3559	3555	3557	4.88	8.1333	0.9566	95.6633
380	3546	3552	3549	4.92	8.2000	0.9694	96.9388
385	3536	3538	3537	4.98	8.3000	0.9821	98.2143
390	3527	3529	3528	5.025	8.3750	0.9949	99.4898
395	3525	3521	3523	5.05	8.4167	1.0077	100.7653
400	3516	3510	3513	5.1	8.5000	1.0204	102.0408
405	3506	3502	3504	5.145	8.5750	1.0332	103.3163
410	3492	3498	3495	5.19	8.6500	1.0459	104.5918
415	3480	3482	3481	5.26	8.7667	1.0587	105.8673
420	3472	3474	3473	5.3	8.8333	1.0714	107.1429
425	3466	3462	3464	5.345	8.9083	1.0842	108.4184
430	3459	3453	3456	5.385	8.9750	1.0969	109.6939
435	3446	3442	3444	5.445	9.0750	1.1097	110.9694
440	3425	3431	3428	5.525	9.2083	1.1224	112.2449
445	3421	3423	3422	5.555	9.2583	1.1352	113.5204
450	3358	3360	3359	5.87	9.7833	1.1480	114.7959
450	3311	3307	3309	6.12	10.2000	1.1480	114.7959
450	3235	3229	3232	6.505	10.8417	1.1480	114.7959
465	3381	3377	3379	5.77	9.6167	1.1862	118.6224
470	3373	3379	3376	5.785	9.6417	1.1990	119.8980
475	3362	3364	3363	5.85	9.7500	1.2117	121.1735
480	3351	3353	3352	5.905	9.8417	1.2245	122.4490
485	3323	3319	3321	6.06	10.1000	1.2372	123.7245
490	3318	3312	3315	6.09	10.1500	1.2500	125.0000
495	3308	3304	3306	6.135	10.2250	1.2628	126.2755
500	3281	3287	3284	6.245	10.4083	1.2755	127.5510
505	3261	3263	3262	6.355	10.5917	1.2883	128.8265
510	3259	3261	3260	6.365	10.6083	1.3010	130.1020
515	3242	3238	3240	6.465	10.7750	1.3138	131.3776
520	3223	3217	3220	6.565	10.9417	1.3265	132.6531
525	3204	3200	3202	6.655	11.0917	1.3393	133.9286
530	3161	3167	3164	6.845	11.4083	1.3520	135.2041
535	3100	3102	3101	7.16	11.9333	1.3648	136.4796
535	3050	3052	3051	7.41	12.3500	1.3648	136.4796
535	2976	2972	2974	7.795	12.9917	1.3648	136.4796

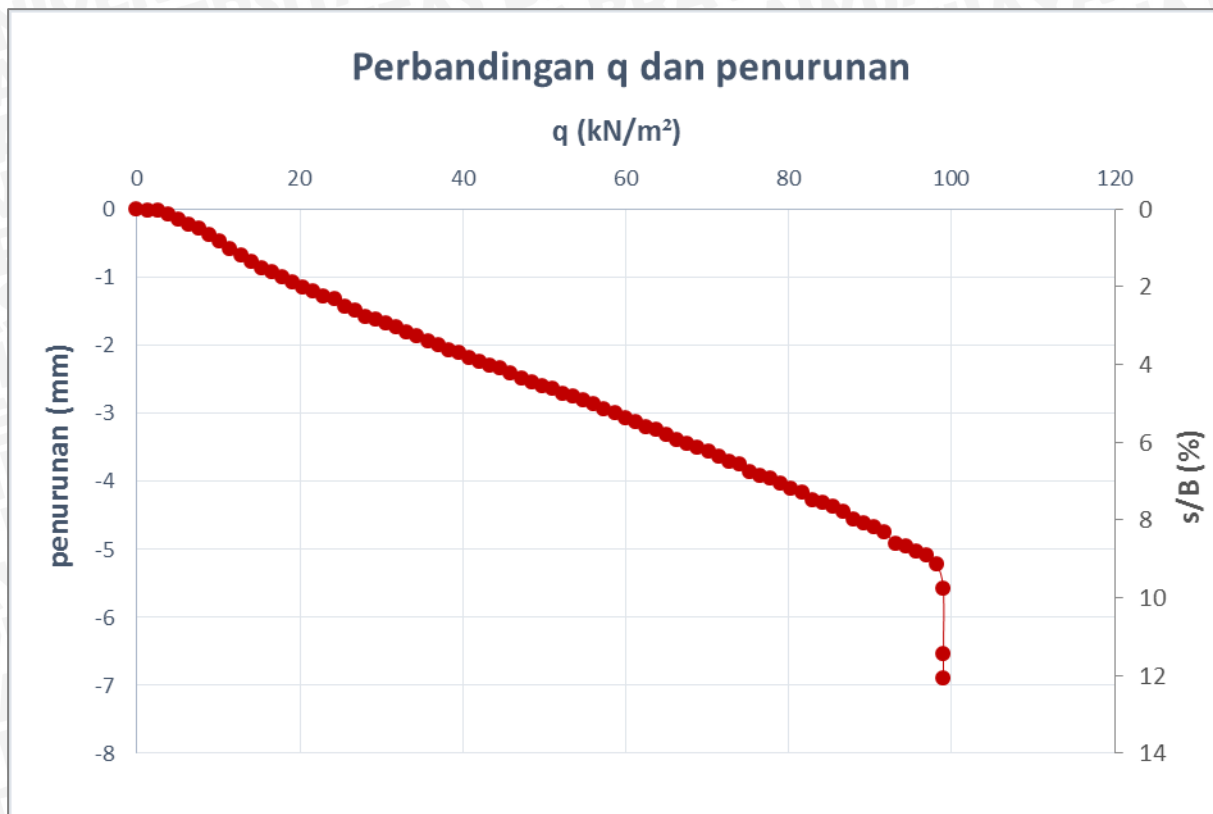




2.  $B = 4 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 51^\circ$ ,  $d/B = 1$ ,  $n = 2$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4988	4990	4989	0	0	0	0
5	4987	4983	4985	0.02	0.0333	0.0128	1.2755
10	4986	4980	4983	0.03	0.0500	0.0255	2.5510
15	4976	4972	4974	0.075	0.1250	0.0383	3.8265
20	4955	4961	4958	0.155	0.2583	0.0510	5.1020
25	4943	4945	4944	0.225	0.3750	0.0638	6.3776
30	4929	4931	4930	0.295	0.4917	0.0765	7.6531
35	4915	4911	4913	0.38	0.6333	0.0893	8.9286
40	4898	4892	4895	0.47	0.7833	0.1020	10.2041
45	4873	4869	4871	0.59	0.9833	0.1148	11.4796
50	4848	4854	4851	0.69	1.1500	0.1276	12.7551
55	4832	4834	4833	0.78	1.3000	0.1403	14.0306
60	4813	4815	4814	0.875	1.4583	0.1531	15.3061
65	4806	4802	4804	0.925	1.5417	0.1658	16.5816
70	4792	4786	4789	1	1.6667	0.1786	17.8571
75	4774	4770	4772	1.085	1.8083	0.1913	19.1327
80	4756	4762	4759	1.15	1.9167	0.2041	20.4082
85	4744	4746	4745	1.22	2.0333	0.2168	21.6837
90	4731	4733	4732	1.285	2.1417	0.2296	22.9592
95	4725	4721	4723	1.33	2.2167	0.2423	24.2347
100	4705	4699	4702	1.435	2.3917	0.2551	25.5102

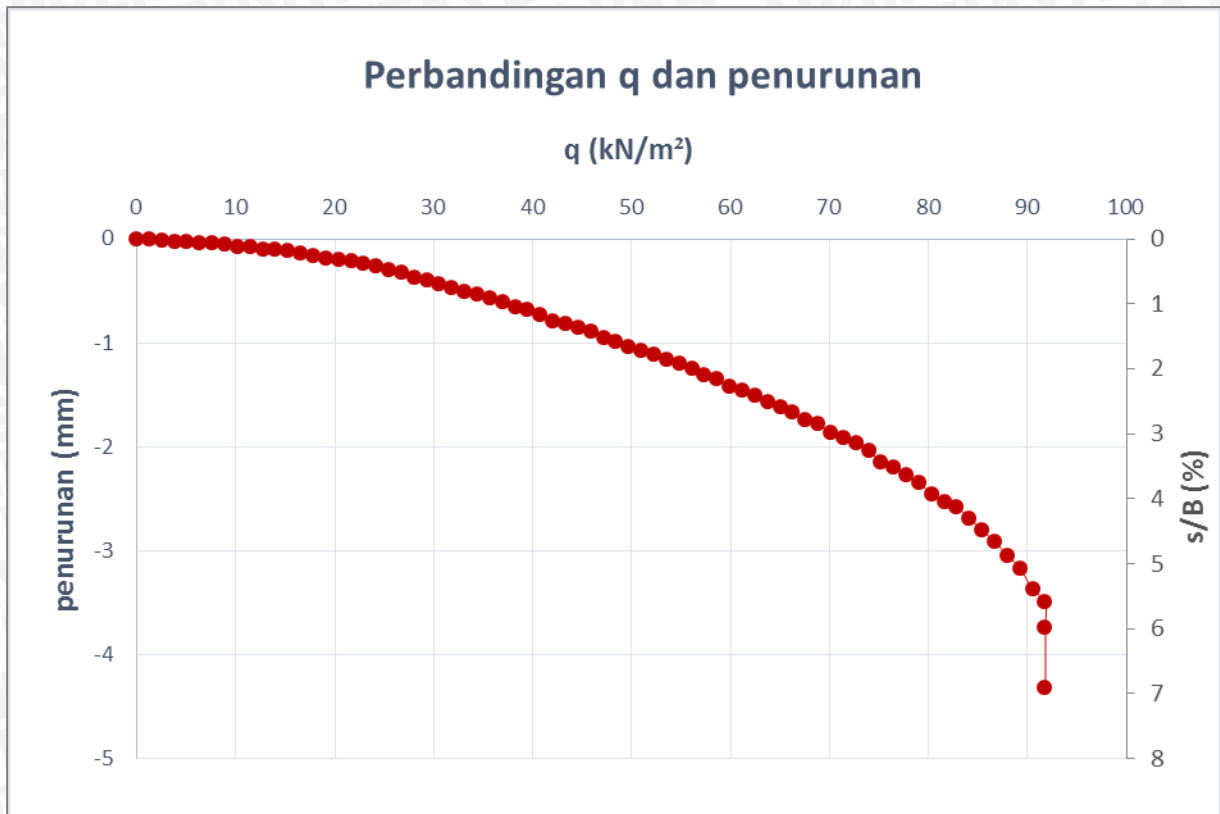
BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
105	4693	4689	4691	1.49	2.4833	0.2679	26.7857
110	4670	4676	4673	1.58	2.6333	0.2806	28.0612
115	4663	4665	4664	1.625	2.7083	0.2934	29.3367
120	4650	4652	4651	1.69	2.8167	0.3061	30.6122
125	4645	4641	4643	1.73	2.8833	0.3189	31.8878
130	4630	4624	4627	1.81	3.0167	0.3316	33.1633
135	4615	4611	4613	1.88	3.1333	0.3444	34.4388
140	4597	4603	4600	1.945	3.2417	0.3571	35.7143
145	4586	4588	4587	2.01	3.3500	0.3699	36.9898
150	4571	4573	4572	2.085	3.4750	0.3827	38.2653
155	4568	4564	4566	2.115	3.5250	0.3954	39.5408
160	4555	4549	4552	2.185	3.6417	0.4082	40.8163
165	4542	4538	4540	2.245	3.7417	0.4209	42.0918
170	4525	4531	4528	2.305	3.8417	0.4337	43.3673
175	4519	4521	4520	2.345	3.9083	0.4464	44.6429
180	4503	4505	4504	2.425	4.0417	0.4592	45.9184
185	4493	4489	4491	2.49	4.1500	0.4719	47.1939
190	4481	4475	4478	2.555	4.2583	0.4847	48.4694
195	4470	4466	4468	2.605	4.3417	0.4974	49.7449
200	4457	4463	4460	2.645	4.4083	0.5102	51.0204
205	4446	4448	4447	2.71	4.5167	0.5230	52.2959
210	4436	4438	4437	2.76	4.6000	0.5357	53.5714
215	4427	4423	4425	2.82	4.7000	0.5485	54.8469
220	4417	4411	4414	2.875	4.7917	0.5612	56.1224
225	4401	4397	4399	2.95	4.9167	0.5740	57.3980
230	4385	4391	4388	3.005	5.0083	0.5867	58.6735
235	4372	4374	4373	3.08	5.1333	0.5995	59.9490
240	4361	4363	4362	3.135	5.2250	0.6122	61.2245
245	4351	4347	4349	3.2	5.3333	0.6250	62.5000
250	4341	4335	4338	3.255	5.4250	0.6378	63.7755
255	4328	4324	4326	3.315	5.5250	0.6505	65.0510
260	4306	4312	4309	3.4	5.6667	0.6633	66.3265
265	4299	4301	4300	3.445	5.7417	0.6760	67.6020
270	4287	4289	4288	3.505	5.8417	0.6888	68.8776
275	4278	4274	4276	3.565	5.9417	0.7015	70.1531
280	4265	4259	4262	3.635	6.0583	0.7143	71.4286
285	4248	4244	4246	3.715	6.1917	0.7270	72.7041
290	4235	4241	4238	3.755	6.2583	0.7398	73.9796
295	4215	4217	4216	3.865	6.4417	0.7526	75.2551
300	4204	4206	4205	3.92	6.5333	0.7653	76.5306
305	4198	4194	4196	3.965	6.6083	0.7781	77.8061
310	4185	4179	4182	4.035	6.7250	0.7908	79.0816
315	4170	4166	4168	4.105	6.8417	0.8036	80.3571
320	4151	4157	4154	4.175	6.9583	0.8163	81.6327
325	4130	4132	4131	4.29	7.1500	0.8291	82.9082
330	4123	4125	4124	4.325	7.2083	0.8418	84.1837
335	4117	4113	4115	4.37	7.2833	0.8546	85.4592
340	4101	4095	4098	4.455	7.4250	0.8673	86.7347
345	4079	4075	4077	4.56	7.6000	0.8801	88.0102
350	4063	4069	4066	4.615	7.6917	0.8929	89.2857
355	4051	4053	4052	4.685	7.8083	0.9056	90.5612
360	4036	4038	4037	4.76	7.9333	0.9184	91.8367
365	4007	4003	4005	4.92	8.2000	0.9311	93.1122
370	4001	3995	3998	4.955	8.2583	0.9439	94.3878
375	3985	3981	3983	5.03	8.3833	0.9566	95.6633
380	3968	3974	3971	5.09	8.4833	0.9694	96.9388
385	3942	3944	3943	5.23	8.7167	0.9821	98.2143
388	3871	3873	3872	5.585	9.3083	0.9898	98.9796
388	3682	3678	3680	6.545	10.9083	0.9898	98.9796
388	3612	3606	3609	6.9	11.5000	0.9898	98.9796



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

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	$s/B$ (%)	$q$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$q$ (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4569	4571	4570	0	0	0.0000	0
5	4570	4566	4568	0.01	0.0167	0.0128	1.2755
10	4570	4564	4567	0.015	0.0250	0.0255	2.5510
15	4567	4563	4565	0.025	0.0417	0.0383	3.8265
20	4560	4566	4563	0.035	0.0583	0.0510	5.1020
25	4561	4563	4562	0.04	0.0667	0.0638	6.3776
30	4560	4562	4561	0.045	0.0750	0.0765	7.6531
35	4560	4556	4558	0.06	0.1000	0.0893	8.9286
40	4558	4552	4555	0.075	0.1250	0.1020	10.2041
45	4555	4551	4553	0.085	0.1417	0.1148	11.4796
50	4547	4553	4550	0.1	0.1667	0.1276	12.7551
55	4548	4550	4549	0.105	0.1750	0.1403	14.0306
60	4545	4547	4546	0.12	0.2000	0.1531	15.3061
65	4544	4540	4542	0.14	0.2333	0.1658	16.5816
70	4541	4535	4538	0.16	0.2667	0.1786	17.8571
75	4535	4531	4533	0.185	0.3083	0.1913	19.1327
80	4527	4533	4530	0.2	0.3333	0.2041	20.4082
85	4525	4527	4526	0.22	0.3667	0.2168	21.6837
90	4520	4522	4521	0.245	0.4083	0.2296	22.9592
95	4518	4514	4516	0.27	0.4500	0.2423	24.2347
100	4513	4507	4510	0.3	0.5000	0.2551	25.5102

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
105	4507	4503	4505	0.325	0.5417	0.2679	26.7857
110	4492	4498	4495	0.375	0.6250	0.2806	28.0612
115	4490	4492	4491	0.395	0.6583	0.2934	29.3367
120	4481	4483	4482	0.44	0.7333	0.3061	30.6122
125	4477	4473	4475	0.475	0.7917	0.3189	31.8878
130	4471	4465	4468	0.51	0.8500	0.3316	33.1633
135	4465	4461	4463	0.535	0.8917	0.3444	34.4388
140	4453	4459	4456	0.57	0.9500	0.3571	35.7143
145	4447	4449	4448	0.61	1.0167	0.3699	36.9898
150	4437	4439	4438	0.66	1.1000	0.3827	38.2653
155	4435	4431	4433	0.685	1.1417	0.3954	39.5408
160	4426	4420	4423	0.735	1.2250	0.4082	40.8163
165	4414	4410	4412	0.79	1.3167	0.4209	42.0918
170	4403	4409	4406	0.82	1.3667	0.4337	43.3673
175	4397	4399	4398	0.86	1.4333	0.4464	44.6429
180	4391	4393	4392	0.89	1.4833	0.4592	45.9184
185	4380	4376	4378	0.96	1.6000	0.4719	47.1939
190	4375	4369	4372	0.99	1.6500	0.4847	48.4694
195	4364	4360	4362	1.04	1.7333	0.4974	49.7449
200	4352	4358	4355	1.075	1.7917	0.5102	51.0204
205	4345	4347	4346	1.12	1.8667	0.5230	52.2959
210	4335	4337	4336	1.17	1.9500	0.5357	53.5714
215	4331	4327	4329	1.205	2.0083	0.5485	54.8469
220	4322	4316	4319	1.255	2.0917	0.5612	56.1224
225	4310	4306	4308	1.31	2.1833	0.5740	57.3980
230	4296	4302	4299	1.355	2.2583	0.5867	58.6735
235	4284	4286	4285	1.425	2.3750	0.5995	59.9490
240	4276	4278	4277	1.465	2.4417	0.6122	61.2245
245	4270	4266	4268	1.51	2.5167	0.6250	62.5000
250	4260	4254	4257	1.565	2.6083	0.6378	63.7755
255	4249	4245	4247	1.615	2.6917	0.6505	65.0510
260	4232	4238	4235	1.675	2.7917	0.6633	66.3265
265	4220	4222	4221	1.745	2.9083	0.6760	67.6020
270	4213	4215	4214	1.78	2.9667	0.6888	68.8776
275	4198	4194	4196	1.87	3.1167	0.7015	70.1531
280	4190	4184	4187	1.915	3.1917	0.7143	71.4286
285	4178	4174	4176	1.97	3.2833	0.7270	72.7041
290	4159	4165	4162	2.04	3.4000	0.7398	73.9796
295	4140	4142	4141	2.145	3.5750	0.7526	75.2551
300	4129	4131	4130	2.2	3.6667	0.7653	76.5306
305	4118	4114	4116	2.27	3.7833	0.7781	77.8061
310	4103	4097	4100	2.35	3.9167	0.7908	79.0816
315	4081	4077	4079	2.455	4.0917	0.8036	80.3571
320	4061	4067	4064	2.53	4.2167	0.8163	81.6327
325	4052	4054	4053	2.585	4.3083	0.8291	82.9082
330	4031	4033	4032	2.69	4.4833	0.8418	84.1837
335	4011	4007	4009	2.805	4.6750	0.8546	85.4592
340	3990	3984	3987	2.915	4.8583	0.8673	86.7347
345	3962	3958	3960	3.05	5.0833	0.8801	88.0102
350	3933	3939	3936	3.17	5.2833	0.8929	89.2857
355	3894	3896	3895	3.375	5.6250	0.9056	90.5612
360	3870	3872	3871	3.495	5.8250	0.9184	91.8367
360	3825	3821	3823	3.735	6.2250	0.9184	91.8367
360	3708	3702	3705	4.325	7.2083	0.9184	91.8367



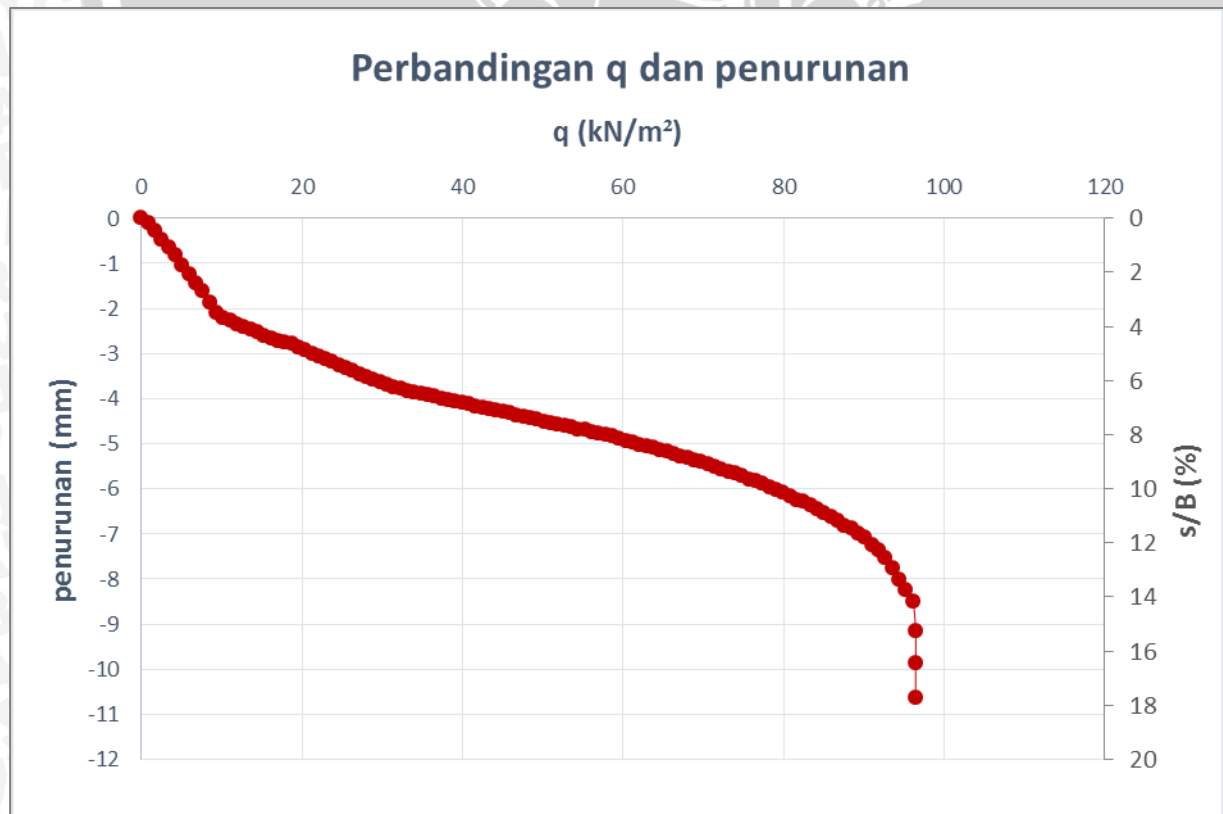
4.  $B = 6 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 46^\circ$ ,  $d/B = 1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	$s/B$ (%)	$q$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$q$ (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4797	4799	4798	0	0	0	0
5	4777	4773	4775	0.115	0.1917	0.0085	0.8503
10	4745	4739	4742	0.28	0.4667	0.0170	1.7007
15	4707	4703	4705	0.465	0.7750	0.0255	2.5510
20	4668	4674	4671	0.635	1.0583	0.0340	3.4014
25	4632	4634	4633	0.825	1.3750	0.0425	4.2517
30	4590	4592	4591	1.035	1.7250	0.0510	5.1020
35	4551	4547	4549	1.245	2.0750	0.0595	5.9524
40	4510	4504	4507	1.455	2.4250	0.0680	6.8027
45	4476	4472	4474	1.62	2.7000	0.0765	7.6531
50	4420	4426	4423	1.875	3.1250	0.0850	8.5034
55	4375	4377	4376	2.11	3.5167	0.0935	9.3537
60	4353	4355	4354	2.22	3.7000	0.1020	10.2041
65	4344	4340	4342	2.28	3.8000	0.1105	11.0544
70	4330	4324	4327	2.355	3.9250	0.1190	11.9048
75	4315	4311	4313	2.425	4.0417	0.1276	12.7551
80	4301	4307	4304	2.47	4.1167	0.1361	13.6054
85	4290	4292	4291	2.535	4.2250	0.1446	14.4558
90	4275	4277	4276	2.61	4.3500	0.1531	15.3061
95	4265	4261	4263	2.675	4.4583	0.1616	16.1565
100	4254	4248	4251	2.735	4.5583	0.1701	17.0068

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
105	4247	4243	4245	2.765	4.6083	0.1786	17.8571
110	4236	4242	4239	2.795	4.6583	0.1871	18.7075
115	4226	4228	4227	2.855	4.7583	0.1956	19.5578
120	4212	4214	4213	2.925	4.8750	0.2041	20.4082
125	4197	4193	4195	3.015	5.0250	0.2126	21.2585
130	4186	4180	4183	3.075	5.1250	0.2211	22.1088
135	4174	4170	4172	3.13	5.2167	0.2296	22.9592
140	4157	4163	4160	3.19	5.3167	0.2381	23.8095
145	4145	4147	4146	3.26	5.4333	0.2466	24.6599
150	4131	4133	4132	3.33	5.5500	0.2551	25.5102
155	4123	4119	4121	3.385	5.6417	0.2636	26.3605
160	4110	4104	4107	3.455	5.7583	0.2721	27.2109
165	4097	4093	4095	3.515	5.8583	0.2806	28.0612
170	4078	4084	4081	3.585	5.9750	0.2891	28.9116
175	4070	4072	4071	3.635	6.0583	0.2976	29.7619
180	4059	4061	4060	3.69	6.1500	0.3061	30.6122
185	4051	4047	4049	3.745	6.2417	0.3146	31.4626
190	4045	4039	4042	3.78	6.3000	0.3231	32.3129
195	4035	4031	4033	3.825	6.3750	0.3316	33.1633
200	4024	4030	4027	3.855	6.4250	0.3401	34.0136
205	4020	4022	4021	3.885	6.4750	0.3486	34.8639
210	4013	4015	4014	3.92	6.5333	0.3571	35.7143
215	4008	4004	4006	3.96	6.6000	0.3656	36.5646
220	4002	3996	3999	3.995	6.6583	0.3741	37.4150
225	3994	3990	3992	4.03	6.7167	0.3827	38.2653
230	3984	3990	3987	4.055	6.7583	0.3912	39.1156
235	3979	3981	3980	4.09	6.8167	0.3997	39.9660
240	3971	3973	3972	4.13	6.8833	0.4082	40.8163
245	3967	3963	3965	4.165	6.9417	0.4167	41.6667
250	3962	3956	3959	4.195	6.9917	0.4252	42.5170
255	3955	3951	3953	4.225	7.0417	0.4337	43.3673
260	3944	3950	3947	4.255	7.0917	0.4422	44.2177
265	3939	3941	3940	4.29	7.1500	0.4507	45.0680
270	3932	3934	3933	4.325	7.2083	0.4592	45.9184
275	3926	3922	3924	4.37	7.2833	0.4677	46.7687
280	3920	3914	3917	4.405	7.3417	0.4762	47.6190
285	3914	3910	3912	4.43	7.3833	0.4847	48.4694
290	3902	3908	3905	4.465	7.4417	0.4932	49.3197
295	3894	3896	3895	4.515	7.5250	0.5017	50.1701
300	3886	3888	3887	4.555	7.5917	0.5102	51.0204
305	3885	3881	3883	4.575	7.6250	0.5187	51.8707
310	3880	3874	3877	4.605	7.6750	0.5272	52.7211
315	3873	3869	3871	4.635	7.7250	0.5357	53.5714
320	3860	3866	3863	4.675	7.7917	0.5442	54.4218
325	3857	3859	3858	4.7	7.8333	0.5527	55.2721
330	3847	3849	3848	4.75	7.9167	0.5612	56.1224
335	3847	3843	3845	4.765	7.9417	0.5697	56.9728
340	3839	3833	3836	4.81	8.0167	0.5782	57.8231
345	3832	3828	3830	4.84	8.0667	0.5867	58.6735
350	3818	3824	3821	4.885	8.1417	0.5952	59.5238
355	3809	3811	3810	4.94	8.2333	0.6037	60.3741
360	3803	3805	3804	4.97	8.2833	0.6122	61.2245
365	3796	3792	3794	5.02	8.3667	0.6207	62.0748
370	3790	3784	3787	5.055	8.4250	0.6293	62.9252
375	3782	3778	3780	5.09	8.4833	0.6378	63.7755
380	3768	3774	3771	5.135	8.5583	0.6463	64.6259
385	3760	3762	3761	5.185	8.6417	0.6548	65.4762
390	3752	3754	3753	5.225	8.7083	0.6633	66.3265
395	3743	3739	3741	5.285	8.8083	0.6718	67.1769
400	3737	3731	3734	5.32	8.8667	0.6803	68.0272



BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
405	3728	3724	3726	5.36	8.9333	0.6888	68.8776
410	3713	3719	3716	5.41	9.0167	0.6973	69.7279
415	3706	3708	3707	5.455	9.0917	0.7058	70.5782
420	3692	3694	3693	5.525	9.2083	0.7143	71.4286
425	3684	3680	3682	5.58	9.3000	0.7228	72.2789
430	3678	3672	3675	5.615	9.3583	0.7313	73.1293
435	3667	3663	3665	5.665	9.4417	0.7398	73.9796
440	3653	3659	3656	5.71	9.5167	0.7483	74.8299
445	3640	3642	3641	5.785	9.6417	0.7568	75.6803
450	3634	3636	3635	5.815	9.6917	0.7653	76.5306
455	3624	3620	3622	5.88	9.8000	0.7738	77.3810
460	3608	3602	3605	5.965	9.9417	0.7823	78.2313
465	3596	3592	3594	6.02	10.0333	0.7908	79.0816
470	3576	3582	3579	6.095	10.1583	0.7993	79.9320
475	3562	3564	3563	6.175	10.2917	0.8078	80.7823
480	3547	3549	3548	6.25	10.4167	0.8163	81.6327
485	3541	3537	3539	6.295	10.4917	0.8248	82.4830
490	3527	3521	3524	6.37	10.6167	0.8333	83.3333
495	3509	3505	3507	6.455	10.7583	0.8418	84.1837
500	3487	3493	3490	6.54	10.9000	0.8503	85.0340
505	3470	3472	3471	6.635	11.0583	0.8588	85.8844
510	3453	3455	3454	6.72	11.2000	0.8673	86.7347
515	3438	3434	3436	6.81	11.3500	0.8759	87.5850
520	3426	3420	3423	6.875	11.4583	0.8844	88.4354
525	3402	3398	3400	6.99	11.6500	0.8929	89.2857
530	3382	3388	3385	7.065	11.7750	0.9014	90.1361
535	3348	3350	3349	7.245	12.0750	0.9099	90.9864
540	3323	3325	3324	7.37	12.2833	0.9184	91.8367
545	3293	3287	3290	7.54	12.5667	0.9269	92.6871
550	3245	3241	3243	7.775	12.9583	0.9354	93.5374
555	3190	3196	3193	8.025	13.3750	0.9439	94.3878
560	3149	3151	3150	8.24	13.7333	0.9524	95.2381
565	3097	3099	3098	8.5	14.1667	0.9609	96.0884
567	2969	2963	2966	9.16	15.2667	0.9643	96.4286
567	2825	2821	2823	9.875	16.4583	0.9643	96.4286
567	2670	2676	2673	10.625	17.7083	0.9643	96.4286

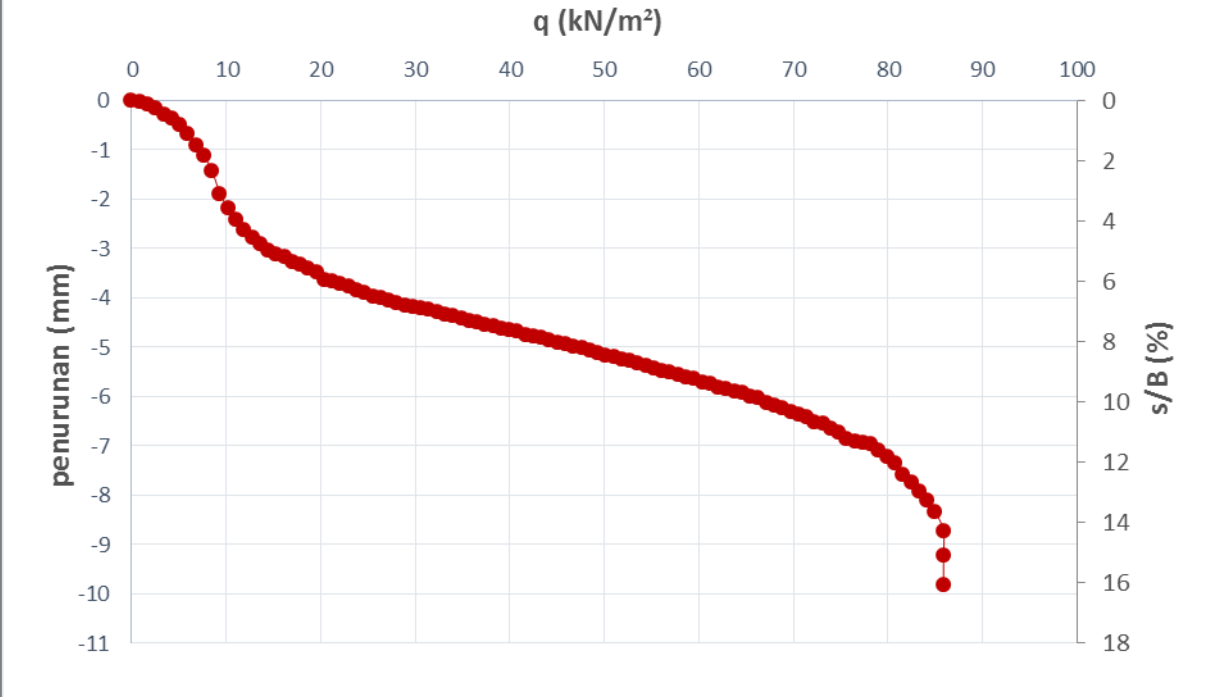


5.  $B = 6 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 51^\circ$ ,  $d/B = 1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4947	4949	4948	0	0	0	0
5	4945	4941	4943	0.025	0.0417	0.0085	0.8503
10	4936	4930	4933	0.075	0.1250	0.0170	1.7007
15	4916	4912	4914	0.17	0.2833	0.0255	2.5510
20	4889	4895	4892	0.28	0.4667	0.0340	3.4014
25	4875	4877	4876	0.36	0.6000	0.0425	4.2517
30	4849	4851	4850	0.49	0.8167	0.0510	5.1020
35	4816	4812	4814	0.67	1.1167	0.0595	5.9524
40	4769	4763	4766	0.91	1.5167	0.0680	6.8027
45	4724	4720	4722	1.13	1.8833	0.0765	7.6531
50	4659	4665	4662	1.43	2.3833	0.0850	8.5034
55	4569	4571	4570	1.89	3.1500	0.0935	9.3537
60	4509	4511	4510	2.19	3.6500	0.1020	10.2041
65	4464	4460	4462	2.43	4.0500	0.1105	11.0544
70	4426	4420	4423	2.625	4.3750	0.1190	11.9048
75	4394	4390	4392	2.78	4.6333	0.1276	12.7551
80	4363	4369	4366	2.91	4.8500	0.1361	13.6054
85	4340	4342	4341	3.035	5.0583	0.1446	14.4558
90	4325	4327	4326	3.11	5.1833	0.1531	15.3061
95	4316	4312	4314	3.17	5.2833	0.1616	16.1565
100	4298	4292	4295	3.265	5.4417	0.1701	17.0068
105	4282	4278	4280	3.34	5.5667	0.1786	17.8571
110	4262	4268	4265	3.415	5.6917	0.1871	18.7075
115	4248	4250	4249	3.495	5.8250	0.1956	19.5578
120	4218	4220	4219	3.645	6.0750	0.2041	20.4082
125	4216	4212	4214	3.67	6.1167	0.2126	21.2585
130	4206	4200	4203	3.725	6.2083	0.2211	22.1088
135	4194	4190	4192	3.78	6.3000	0.2296	22.9592
140	4176	4182	4179	3.845	6.4083	0.2381	23.8095
145	4165	4167	4166	3.91	6.5167	0.2466	24.6599
150	4154	4156	4155	3.965	6.6083	0.2551	25.5102
155	4148	4144	4146	4.01	6.6833	0.2636	26.3605
160	4140	4134	4137	4.055	6.7583	0.2721	27.2109
165	4127	4123	4125	4.115	6.8583	0.2806	28.0612
170	4114	4120	4117	4.155	6.9250	0.2891	28.9116
175	4112	4114	4113	4.175	6.9583	0.2976	29.7619
180	4107	4109	4108	4.2	7.0000	0.3061	30.6122
185	4102	4098	4100	4.24	7.0667	0.3146	31.4626
190	4094	4088	4091	4.285	7.1417	0.3231	32.3129
195	4084	4080	4082	4.33	7.2167	0.3316	33.1633
200	4070	4076	4073	4.375	7.2917	0.3401	34.0136
205	4063	4065	4064	4.42	7.3667	0.3486	34.8639
210	4054	4056	4055	4.465	7.4417	0.3571	35.7143
215	4049	4045	4047	4.505	7.5083	0.3656	36.5646
220	4044	4038	4041	4.535	7.5583	0.3741	37.4150
225	4033	4029	4031	4.585	7.6417	0.3827	38.2653
230	4022	4028	4025	4.615	7.6917	0.3912	39.1156
235	4016	4018	4017	4.655	7.7583	0.3997	39.9660
240	4009	4011	4010	4.69	7.8167	0.4082	40.8163
245	4001	3997	3999	4.745	7.9083	0.4167	41.6667
250	3997	3991	3994	4.77	7.9500	0.4252	42.5170

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
255	3989	3985	3987	4.805	8.0083	0.4337	43.3673
260	3975	3981	3978	4.85	8.0833	0.4422	44.2177
265	3967	3969	3968	4.9	8.1667	0.4507	45.0680
270	3960	3962	3961	4.935	8.2250	0.4592	45.9184
275	3954	3950	3952	4.98	8.3000	0.4677	46.7687
280	3948	3942	3945	5.015	8.3583	0.4762	47.6190
285	3936	3932	3934	5.07	8.4500	0.4847	48.4694
290	3922	3928	3925	5.115	8.5250	0.4932	49.3197
295	3913	3915	3914	5.17	8.6167	0.5017	50.1701
300	3907	3909	3908	5.2	8.6667	0.5102	51.0204
305	3901	3897	3899	5.245	8.7417	0.5187	51.8707
310	3895	3889	3892	5.28	8.8000	0.5272	52.7211
315	3885	3881	3883	5.325	8.8750	0.5357	53.5714
320	3867	3873	3870	5.39	8.9833	0.5442	54.4218
325	3860	3862	3861	5.435	9.0583	0.5527	55.2721
330	3853	3855	3854	5.47	9.1167	0.5612	56.1224
335	3848	3844	3846	5.51	9.1833	0.5697	56.9728
340	3837	3831	3834	5.57	9.2833	0.5782	57.8231
345	3829	3825	3827	5.605	9.3417	0.5867	58.6735
350	3816	3822	3819	5.645	9.4083	0.5952	59.5238
355	3805	3807	3806	5.71	9.5167	0.6037	60.3741
360	3797	3799	3798	5.75	9.5833	0.6122	61.2245
365	3788	3784	3786	5.81	9.6833	0.6207	62.0748
370	3780	3774	3777	5.855	9.7583	0.6293	62.9252
375	3769	3765	3767	5.905	9.8417	0.6378	63.7755
380	3761	3767	3764	5.92	9.8667	0.6463	64.6259
385	3748	3750	3749	5.995	9.9917	0.6548	65.4762
390	3740	3742	3741	6.035	10.0583	0.6633	66.3265
395	3723	3719	3721	6.135	10.2250	0.6718	67.1769
400	3716	3710	3713	6.175	10.2917	0.6803	68.0272
405	3701	3697	3699	6.245	10.4083	0.6888	68.8776
410	3681	3687	3684	6.32	10.5333	0.6973	69.7279
415	3672	3674	3673	6.375	10.6250	0.7058	70.5782
420	3661	3663	3662	6.43	10.7167	0.7143	71.4286
425	3646	3642	3644	6.52	10.8667	0.7228	72.2789
430	3640	3634	3637	6.555	10.9250	0.7313	73.1293
435	3621	3617	3619	6.645	11.0750	0.7398	73.9796
440	3599	3605	3602	6.73	11.2167	0.7483	74.8299
445	3577	3579	3578	6.85	11.4167	0.7568	75.6803
450	3567	3569	3568	6.9	11.5000	0.7653	76.5306
455	3561	3557	3559	6.945	11.5750	0.7738	77.3810
460	3556	3550	3553	6.975	11.6250	0.7823	78.2313
465	3529	3525	3527	7.105	11.8417	0.7908	79.0816
470	3498	3504	3501	7.235	12.0583	0.7993	79.9320
475	3474	3476	3475	7.365	12.2750	0.8078	80.7823
480	3429	3431	3430	7.59	12.6500	0.8163	81.6327
485	3404	3400	3402	7.73	12.8833	0.8248	82.4830
490	3367	3363	3365	7.915	13.1917	0.8333	83.3333
495	3327	3323	3325	8.115	13.5250	0.8418	84.1837
500	3284	3280	3282	8.33	13.8833	0.8503	85.0340
505	3204	3200	3202	8.73	14.5500	0.8588	85.8844
505	3103	3099	3101	9.235	15.3917	0.8588	85.8844
505	2988	2984	2986	9.81	16.3500	0.8588	85.8844

### Perbandingan q dan penurunan



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

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4912	4914	4913	0	0	0	0
5	4906	4902	4904	0.045	0.0750	0.0085	0.8503
10	4893	4887	4890	0.115	0.1917	0.0170	1.7007
15	4872	4868	4870	0.215	0.3583	0.0255	2.5510
20	4849	4855	4852	0.305	0.5083	0.0340	3.4014
25	4831	4833	4832	0.405	0.6750	0.0425	4.2517
30	4811	4813	4812	0.505	0.8417	0.0510	5.1020
35	4786	4782	4784	0.645	1.0750	0.0595	5.9524
40	4761	4755	4758	0.775	1.2917	0.0680	6.8027
45	4735	4731	4733	0.9	1.5000	0.0765	7.6531
50	4699	4705	4702	1.055	1.7583	0.0850	8.5034
55	4671	4673	4672	1.205	2.0083	0.0935	9.3537
60	4642	4644	4643	1.35	2.2500	0.1020	10.2041
65	4609	4605	4607	1.53	2.5500	0.1105	11.0544
70	4574	4568	4571	1.71	2.8500	0.1190	11.9048
75	4534	4530	4532	1.905	3.1750	0.1276	12.7551
80	4486	4492	4489	2.12	3.5333	0.1361	13.6054
85	4453	4455	4454	2.295	3.8250	0.1446	14.4558
90	4417	4419	4418	2.475	4.1250	0.1531	15.3061
95	4387	4383	4385	2.64	4.4000	0.1616	16.1565
100	4353	4347	4350	2.815	4.6917	0.1701	17.0068
105	4317	4313	4315	2.99	4.9833	0.1786	17.8571
110	4281	4287	4284	3.145	5.2417	0.1871	18.7075
115	4249	4251	4250	3.315	5.5250	0.1956	19.5578
120	4217	4219	4218	3.475	5.7917	0.2041	20.4082
125	4188	4184	4186	3.635	6.0583	0.2126	21.2585
130	4165	4159	4162	3.755	6.2583	0.2211	22.1088
135	4127	4123	4125	3.94	6.5667	0.2296	22.9592
140	4100	4106	4103	4.05	6.7500	0.2381	23.8095
145	4078	4080	4079	4.17	6.9500	0.2466	24.6599
150	4057	4059	4058	4.275	7.1250	0.2551	25.5102
155	4040	4036	4038	4.375	7.2917	0.2636	26.3605
160	4033	4027	4030	4.415	7.3583	0.2721	27.2109
165	4024	4020	4022	4.455	7.4250	0.2806	28.0612
170	4011	4017	4014	4.495	7.4917	0.2891	28.9116
175	4004	4006	4005	4.54	7.5667	0.2976	29.7619
180	3998	4000	3999	4.57	7.6167	0.3061	30.6122
185	3993	3989	3991	4.61	7.6833	0.3146	31.4626
190	3990	3984	3987	4.63	7.7167	0.3231	32.3129
195	3983	3979	3981	4.66	7.7667	0.3316	33.1633
200	3972	3978	3975	4.69	7.8167	0.3401	34.0136
205	3967	3969	3968	4.725	7.8750	0.3486	34.8639
210	3959	3961	3960	4.765	7.9417	0.3571	35.7143
215	3956	3952	3954	4.795	7.9917	0.3656	36.5646
220	3950	3944	3947	4.83	8.0500	0.3741	37.4150
225	3941	3937	3939	4.87	8.1167	0.3827	38.2653
230	3928	3934	3931	4.91	8.1833	0.3912	39.1156
235	3921	3923	3922	4.955	8.2583	0.3997	39.9660
240	3914	3916	3915	4.99	8.3167	0.4082	40.8163
245	3910	3906	3908	5.025	8.3750	0.4167	41.6667
250	3903	3897	3900	5.065	8.4417	0.4252	42.5170



BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
255	3894	3890	3892	5.105	8.5083	0.4337	43.3673
260	3882	3888	3885	5.14	8.5667	0.4422	44.2177
265	3876	3878	3877	5.18	8.6333	0.4507	45.0680
270	3867	3869	3868	5.225	8.7083	0.4592	45.9184
275	3860	3856	3858	5.275	8.7917	0.4677	46.7687
280	3853	3847	3850	5.315	8.8583	0.4762	47.6190
285	3842	3838	3840	5.365	8.9417	0.4847	48.4694
290	3830	3836	3833	5.4	9.0000	0.4932	49.3197
295	3821	3823	3822	5.455	9.0917	0.5017	50.1701
300	3813	3815	3814	5.495	9.1583	0.5102	51.0204
305	3805	3801	3803	5.55	9.2500	0.5187	51.8707
310	3797	3791	3794	5.595	9.3250	0.5272	52.7211
315	3787	3783	3785	5.64	9.4000	0.5357	53.5714
320	3769	3775	3772	5.705	9.5083	0.5442	54.4218
325	3765	3767	3766	5.735	9.5583	0.5527	55.2721
330	3756	3758	3757	5.78	9.6333	0.5612	56.1224
335	3744	3740	3742	5.855	9.7583	0.5697	56.9728
340	3735	3729	3732	5.905	9.8417	0.5782	57.8231
345	3725	3721	3723	5.95	9.9167	0.5867	58.6735
350	3710	3716	3713	6	10.0000	0.5952	59.5238
355	3700	3702	3701	6.06	10.1000	0.6037	60.3741
360	3687	3689	3688	6.125	10.2083	0.6122	61.2245
365	3679	3675	3677	6.18	10.3000	0.6207	62.0748
370	3661	3655	3658	6.275	10.4583	0.6293	62.9252
375	3649	3645	3647	6.33	10.5500	0.6378	63.7755
380	3629	3635	3632	6.405	10.6750	0.6463	64.6259
385	3619	3621	3620	6.465	10.7750	0.6548	65.4762
390	3602	3604	3603	6.55	10.9167	0.6633	66.3265
395	3590	3586	3588	6.625	11.0417	0.6718	67.1769
400	3579	3573	3576	6.685	11.1417	0.6803	68.0272
405	3554	3550	3552	6.805	11.3417	0.6888	68.8776
410	3542	3548	3545	6.84	11.4000	0.6973	69.7279
415	3524	3526	3525	6.94	11.5667	0.7058	70.5782
420	3501	3503	3502	7.055	11.7583	0.7143	71.4286
425	3485	3481	3483	7.15	11.9167	0.7228	72.2789
430	3451	3445	3448	7.325	12.2083	0.7313	73.1293
435	3431	3427	3429	7.42	12.3667	0.7398	73.9796
440	3369	3375	3372	7.705	12.8417	0.7483	74.8299
445	3271	3273	3272	8.205	13.6750	0.7568	75.6803
450	3215	3217	3216	8.485	14.1417	0.7653	76.5306
454	3081	3077	3079	9.17	15.2833	0.7721	77.2109
454	2963	2957	2960	9.765	16.2750	0.7721	77.2109
454	2810	2806	2808	10.525	17.5417	0.7721	77.2109



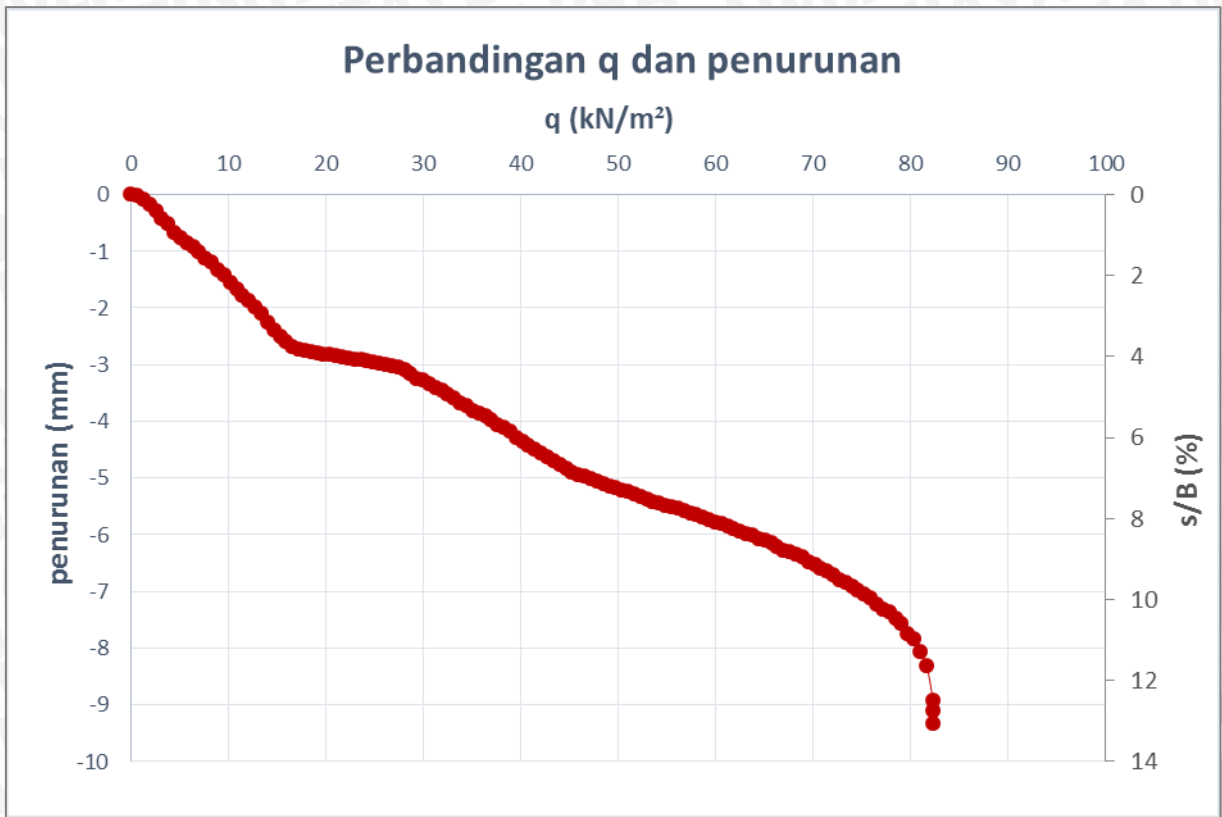
7.  $B = 8 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 46^\circ$ ,  $d/B = 1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4878	4880	4879	0	0	0	0
5	4876	4872	4874	0.025	0.0313	0.0064	0.63776
10	4863	4857	4860	0.095	0.1188	0.0128	1.27551
15	4845	4841	4843	0.18	0.2250	0.0191	1.91327
20	4819	4825	4822	0.285	0.3563	0.0255	2.55102
25	4791	4793	4792	0.435	0.5438	0.0319	3.18878
30	4775	4777	4776	0.515	0.6438	0.0383	3.82653
35	4745	4741	4743	0.68	0.8500	0.0446	4.46429
40	4729	4723	4726	0.765	0.9563	0.0510	5.10204
45	4709	4705	4707	0.86	1.0750	0.0574	5.73980
50	4693	4699	4696	0.915	1.1438	0.0638	6.37755
55	4673	4675	4674	1.025	1.2813	0.0702	7.01531
60	4652	4654	4653	1.13	1.4125	0.0765	7.65306
65	4640	4636	4638	1.205	1.5063	0.0829	8.29082
70	4614	4608	4611	1.34	1.6750	0.0893	8.92857
75	4597	4593	4595	1.42	1.7750	0.0957	9.56633
80	4565	4571	4568	1.555	1.9438	0.1020	10.20408
85	4545	4547	4546	1.665	2.0813	0.1084	10.84184
90	4523	4525	4524	1.775	2.2188	0.1148	11.47959
95	4504	4500	4502	1.885	2.3563	0.1212	12.11735
100	4483	4477	4480	1.995	2.4938	0.1276	12.75510

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
105	4459	4455	4457	2.11	2.6375	0.1339	13.39286
110	4426	4432	4429	2.25	2.8125	0.1403	14.03061
115	4397	4399	4398	2.405	3.0063	0.1467	14.66837
120	4374	4376	4375	2.52	3.1500	0.1531	15.30612
125	4359	4355	4357	2.61	3.2625	0.1594	15.94388
130	4344	4338	4341	2.69	3.3625	0.1658	16.58163
135	4335	4331	4333	2.73	3.4125	0.1722	17.21939
140	4325	4331	4328	2.755	3.4438	0.1786	17.85714
145	4322	4324	4323	2.78	3.4750	0.1849	18.49490
150	4319	4321	4320	2.795	3.4938	0.1913	19.13265
155	4318	4314	4316	2.815	3.5188	0.1977	19.77041
160	4315	4309	4312	2.835	3.5438	0.2041	20.40816
165	4310	4306	4308	2.855	3.5688	0.2105	21.04592
170	4300	4306	4303	2.88	3.6000	0.2168	21.68367
175	4299	4301	4300	2.895	3.6188	0.2232	22.32143
180	4296	4298	4297	2.91	3.6375	0.2296	22.95918
185	4296	4292	4294	2.925	3.6563	0.2360	23.59694
190	4293	4287	4290	2.945	3.6813	0.2423	24.23469
195	4288	4284	4286	2.965	3.7063	0.2487	24.87245
200	4279	4285	4282	2.985	3.7313	0.2551	25.51020
205	4276	4278	4277	3.01	3.7625	0.2615	26.14796
210	4271	4273	4272	3.035	3.7938	0.2679	26.78571
215	4269	4265	4267	3.06	3.8250	0.2742	27.42347
220	4264	4258	4261	3.09	3.8625	0.2806	28.06122
225	4249	4245	4247	3.16	3.9500	0.2870	28.69898
230	4227	4233	4230	3.245	4.0563	0.2934	29.33673
235	4223	4225	4224	3.275	4.0938	0.2997	29.97449
240	4211	4213	4212	3.335	4.1688	0.3061	30.61224
245	4200	4196	4198	3.405	4.2563	0.3125	31.25000
250	4191	4185	4188	3.455	4.3188	0.3189	31.88776
255	4175	4171	4173	3.53	4.4125	0.3253	32.52551
260	4156	4162	4159	3.6	4.5000	0.3316	33.16327
265	4142	4144	4143	3.68	4.6000	0.3380	33.80102
270	4131	4133	4132	3.735	4.6688	0.3444	34.43878
275	4116	4112	4114	3.825	4.7813	0.3508	35.07653
280	4111	4105	4108	3.855	4.8188	0.3571	35.71429
285	4100	4096	4098	3.905	4.8813	0.3635	36.35204
290	4078	4084	4081	3.99	4.9875	0.3699	36.98980
295	4064	4066	4065	4.07	5.0875	0.3763	37.62755
300	4055	4057	4056	4.115	5.1438	0.3827	38.26531
305	4043	4039	4041	4.19	5.2375	0.3890	38.90306
310	4025	4019	4022	4.285	5.3563	0.3954	39.54082
315	4009	4005	4007	4.36	5.4500	0.4018	40.17857
320	3990	3996	3993	4.43	5.5375	0.4082	40.81633
325	3977	3979	3978	4.505	5.6313	0.4145	41.45408
330	3963	3965	3964	4.575	5.7188	0.4209	42.09184
335	3955	3951	3953	4.63	5.7875	0.4273	42.72959
340	3941	3935	3938	4.705	5.8813	0.4337	43.36735
345	3925	3921	3923	4.78	5.9750	0.4401	44.00510
350	3909	3915	3912	4.835	6.0438	0.4464	44.64286
355	3897	3899	3898	4.905	6.1313	0.4528	45.28061
360	3889	3891	3890	4.945	6.1813	0.4592	45.91837
365	3885	3881	3883	4.98	6.2250	0.4656	46.55612
370	3876	3870	3873	5.03	6.2875	0.4719	47.19388
375	3868	3864	3866	5.065	6.3313	0.4783	47.83163
380	3854	3860	3857	5.11	6.3875	0.4847	48.46939
385	3849	3851	3850	5.145	6.4313	0.4911	49.10714
390	3842	3844	3843	5.18	6.4750	0.4974	49.74490
395	3837	3833	3835	5.22	6.5250	0.5038	50.38265
400	3831	3825	3828	5.255	6.5688	0.5102	51.02041



BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
405	3821	3817	3819	5.3	6.6250	0.5166	51.65816
410	3811	3817	3814	5.325	6.6563	0.5230	52.29592
415	3802	3804	3803	5.38	6.7250	0.5293	52.93367
420	3795	3797	3796	5.415	6.7688	0.5357	53.57143
425	3791	3787	3789	5.45	6.8125	0.5421	54.20918
430	3783	3777	3780	5.495	6.8688	0.5485	54.84694
435	3778	3774	3776	5.515	6.8938	0.5548	55.48469
440	3766	3772	3769	5.55	6.9375	0.5612	56.12245
445	3760	3762	3761	5.59	6.9875	0.5676	56.76020
450	3754	3756	3755	5.62	7.0250	0.5740	57.39796
455	3750	3746	3748	5.655	7.0688	0.5804	58.03571
460	3743	3737	3740	5.695	7.1188	0.5867	58.67347
465	3733	3729	3731	5.74	7.1750	0.5931	59.31122
470	3718	3724	3721	5.79	7.2375	0.5995	59.94898
475	3714	3716	3715	5.82	7.2750	0.6059	60.58673
480	3707	3709	3708	5.855	7.3188	0.6122	61.22449
485	3699	3695	3697	5.91	7.3875	0.6186	61.86224
490	3694	3688	3691	5.94	7.4250	0.6250	62.50000
495	3681	3683	3682	5.985	7.4813	0.6314	63.13776
500	3673	3675	3674	6.025	7.5313	0.6378	63.77551
505	3664	3660	3662	6.085	7.6063	0.6441	64.41327
510	3659	3653	3656	6.115	7.6438	0.6505	65.05102
515	3650	3646	3648	6.155	7.6938	0.6569	65.68878
520	3631	3637	3634	6.225	7.7813	0.6633	66.32653
525	3622	3624	3623	6.28	7.8500	0.6696	66.96429
530	3615	3617	3616	6.315	7.8938	0.6760	67.60204
535	3610	3606	3608	6.355	7.9438	0.6824	68.23980
540	3602	3596	3599	6.4	8.0000	0.6888	68.87755
545	3578	3580	3579	6.5	8.1250	0.6952	69.51531
550	3571	3573	3572	6.535	8.1688	0.7015	70.15306
555	3562	3558	3560	6.595	8.2438	0.7079	70.79082
560	3554	3548	3551	6.64	8.3000	0.7143	71.42857
565	3538	3534	3536	6.715	8.3938	0.7207	72.06633
570	3513	3519	3516	6.815	8.5188	0.7270	72.70408
575	3507	3509	3508	6.855	8.5688	0.7334	73.34184
580	3494	3496	3495	6.92	8.6500	0.7398	73.97959
585	3486	3482	3484	6.975	8.7188	0.7462	74.61735
590	3469	3463	3466	7.065	8.8313	0.7526	75.25510
595	3452	3454	3453	7.13	8.9125	0.7589	75.89286
600	3431	3433	3432	7.235	9.0438	0.7653	76.53061
605	3416	3412	3414	7.325	9.1563	0.7717	77.16837
610	3407	3401	3404	7.375	9.2188	0.7781	77.80612
615	3386	3382	3384	7.475	9.3438	0.7844	78.44388
620	3363	3369	3366	7.565	9.4563	0.7908	79.08163
625	3329	3331	3330	7.745	9.6813	0.7972	79.71939
630	3308	3310	3309	7.85	9.8125	0.8036	80.35714
635	3265	3261	3263	8.08	10.1000	0.8099	80.99490
640	3217	3211	3214	8.325	10.4063	0.8163	81.63265
645	3090	3092	3091	8.94	11.1750	0.8227	82.27041
645	3055	3057	3056	9.115	11.3938	0.8227	82.27041
645	3014	3010	3012	9.335	11.6688	0.8227	82.27041



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

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4921	4923	4922	0	0	0	0
5	4918	4914	4916	0.03	0.0375	0.0064	0.6378
10	4917	4911	4914	0.04	0.0500	0.0128	1.2755
15	4915	4911	4913	0.045	0.0563	0.0191	1.9133
20	4906	4912	4909	0.065	0.0813	0.0255	2.5510
25	4904	4906	4905	0.085	0.1063	0.0319	3.1888
30	4899	4901	4900	0.11	0.1375	0.0383	3.8265
35	4897	4893	4895	0.135	0.1688	0.0446	4.4643
40	4891	4885	4888	0.17	0.2125	0.0510	5.1020
45	4883	4879	4881	0.205	0.2563	0.0574	5.7398
50	4871	4877	4874	0.24	0.3000	0.0638	6.3776
55	4866	4868	4867	0.275	0.3438	0.0702	7.0153
60	4856	4858	4857	0.325	0.4063	0.0765	7.6531
65	4853	4849	4851	0.355	0.4438	0.0829	8.2908
70	4848	4842	4845	0.385	0.4813	0.0893	8.9286
75	4842	4838	4840	0.41	0.5125	0.0957	9.5663
80	4830	4836	4833	0.445	0.5563	0.1020	10.2041
85	4827	4829	4828	0.47	0.5875	0.1084	10.8418
90	4823	4825	4824	0.49	0.6125	0.1148	11.4796
95	4820	4816	4818	0.52	0.6500	0.1212	12.1173
100	4815	4809	4812	0.55	0.6875	0.1276	12.7551



BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
105	4809	4805	4807	0.575	0.7188	0.1339	13.3929
110	4799	4805	4802	0.6	0.7500	0.1403	14.0306
115	4795	4797	4796	0.63	0.7875	0.1467	14.6684
120	4789	4791	4790	0.66	0.8250	0.1531	15.3061
125	4787	4783	4785	0.685	0.8563	0.1594	15.9439
130	4782	4776	4779	0.715	0.8938	0.1658	16.5816
135	4775	4771	4773	0.745	0.9313	0.1722	17.2194
140	4763	4769	4766	0.78	0.9750	0.1786	17.8571
145	4758	4760	4759	0.815	1.0188	0.1849	18.4949
150	4753	4755	4754	0.84	1.0500	0.1913	19.1327
155	4748	4744	4746	0.88	1.1000	0.1977	19.7704
160	4741	4735	4738	0.92	1.1500	0.2041	20.4082
165	4732	4728	4730	0.96	1.2000	0.2105	21.0459
170	4720	4726	4723	0.995	1.2438	0.2168	21.6837
175	4715	4717	4716	1.03	1.2875	0.2232	22.3214
180	4706	4708	4707	1.075	1.3438	0.2296	22.9592
185	4699	4695	4697	1.125	1.4063	0.2360	23.5969
190	4696	4690	4693	1.145	1.4313	0.2423	24.2347
195	4688	4684	4686	1.18	1.4750	0.2487	24.8724
200	4676	4682	4679	1.215	1.5188	0.2551	25.5102
205	4670	4672	4671	1.255	1.5688	0.2615	26.1480
210	4664	4666	4665	1.285	1.6063	0.2679	26.7857
215	4658	4654	4656	1.33	1.6625	0.2742	27.4235
220	4650	4644	4647	1.375	1.7188	0.2806	28.0612
225	4641	4637	4639	1.415	1.7688	0.2870	28.6990
230	4627	4633	4630	1.46	1.8250	0.2934	29.3367
235	4622	4624	4623	1.495	1.8688	0.2997	29.9745
240	4614	4616	4615	1.535	1.9188	0.3061	30.6122
245	4609	4605	4607	1.575	1.9688	0.3125	31.2500
250	4603	4597	4600	1.61	2.0125	0.3189	31.8878
255	4594	4590	4592	1.65	2.0625	0.3253	32.5255
260	4581	4587	4584	1.69	2.1125	0.3316	33.1633
265	4577	4579	4578	1.72	2.1500	0.3380	33.8010
270	4566	4568	4567	1.775	2.2188	0.3444	34.4388
275	4561	4557	4559	1.815	2.2688	0.3508	35.0765
280	4554	4548	4551	1.855	2.3188	0.3571	35.7143
285	4546	4542	4544	1.89	2.3625	0.3635	36.3520
290	4533	4539	4536	1.93	2.4125	0.3699	36.9898
295	4523	4525	4524	1.99	2.4875	0.3763	37.6276
300	4512	4514	4513	2.045	2.5563	0.3827	38.2653
305	4504	4500	4502	2.1	2.6250	0.3890	38.9031
310	4500	4494	4497	2.125	2.6563	0.3954	39.5408
315	4491	4487	4489	2.165	2.7063	0.4018	40.1786
320	4473	4479	4476	2.23	2.7875	0.4082	40.8163
325	4466	4468	4467	2.275	2.8438	0.4145	41.4541
330	4459	4461	4460	2.31	2.8875	0.4209	42.0918
335	4455	4451	4453	2.345	2.9313	0.4273	42.7296
340	4450	4444	4447	2.375	2.9688	0.4337	43.3673
345	4435	4431	4433	2.445	3.0563	0.4401	44.0051
350	4421	4427	4424	2.49	3.1125	0.4464	44.6429
355	4416	4418	4417	2.525	3.1563	0.4528	45.2806
360	4409	4411	4410	2.56	3.2000	0.4592	45.9184
365	4400	4396	4398	2.62	3.2750	0.4656	46.5561
370	4393	4387	4390	2.66	3.3250	0.4719	47.1939
375	4385	4379	4382	2.7	3.3750	0.4783	47.8316
380	4375	4369	4372	2.75	3.4375	0.4847	48.4694
385	4362	4356	4359	2.815	3.5188	0.4911	49.1071
390	4353	4347	4350	2.86	3.5750	0.4974	49.7449
395	4344	4338	4341	2.905	3.6313	0.5038	50.3827
400	4331	4325	4328	2.97	3.7125	0.5102	51.0204

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
405	4317	4311	4314	3.04	3.8000	0.5166	51.6582
410	4307	4301	4304	3.09	3.8625	0.5230	52.2959
415	4294	4288	4291	3.155	3.9438	0.5293	52.9337
420	4286	4280	4283	3.195	3.9938	0.5357	53.5714
425	4277	4271	4274	3.24	4.0500	0.5421	54.2092
430	4267	4261	4264	3.29	4.1125	0.5485	54.8469
435	4254	4248	4251	3.355	4.1938	0.5548	55.4847
440	4242	4236	4239	3.415	4.2688	0.5612	56.1224
445	4229	4223	4226	3.48	4.3500	0.5676	56.7602
450	4216	4210	4213	3.545	4.4313	0.5740	57.3980
455	4196	4190	4193	3.645	4.5563	0.5804	58.0357
460	4186	4180	4183	3.695	4.6188	0.5867	58.6735
465	4172	4166	4169	3.765	4.7063	0.5931	59.3112
470	4163	4157	4160	3.81	4.7625	0.5995	59.9490
475	4151	4145	4148	3.87	4.8375	0.6059	60.5867
480	4137	4131	4134	3.94	4.9250	0.6122	61.2245
485	4122	4116	4119	4.015	5.0188	0.6186	61.8622
490	4105	4099	4102	4.1	5.1250	0.6250	62.5000
495	4094	4088	4091	4.155	5.1938	0.6314	63.1378
500	4074	4068	4071	4.255	5.3188	0.6378	63.7755
505	4059	4053	4056	4.33	5.4125	0.6441	64.4133
510	4037	4031	4034	4.44	5.5500	0.6505	65.0510
515	4026	4020	4023	4.495	5.6188	0.6569	65.6888
520	4012	4006	4009	4.565	5.7063	0.6633	66.3265
525	4000	3994	3997	4.625	5.7813	0.6696	66.9643
530	3977	3971	3974	4.74	5.9250	0.6760	67.6020
535	3960	3954	3957	4.825	6.0313	0.6824	68.2398
540	3944	3938	3941	4.905	6.1313	0.6888	68.8776
545	3921	3915	3918	5.02	6.2750	0.6952	69.5153
550	3898	3892	3895	5.135	6.4188	0.7015	70.1531
555	3880	3874	3877	5.225	6.5313	0.7079	70.7908
560	3852	3846	3849	5.365	6.7063	0.7143	71.4286
565	3807	3801	3804	5.59	6.9875	0.7207	72.0663
570	3750	3744	3747	5.875	7.3438	0.7270	72.7041
575	3667	3661	3664	6.29	7.8625	0.7334	73.3418
577	3572	3566	3569	6.765	8.4563	0.7360	73.5969
577	3459	3453	3456	7.33	9.1625	0.7360	73.5969
577	3323	3317	3320	8.01	10.0125	0.7360	73.5969
595	3270	3264	3267	8.275	10.3438	0.7589	75.8929
597	3203	3197	3200	8.61	10.7625	0.7615	76.1480
597	3113	3107	3110	9.06	11.3250	0.7615	76.1480
597	2965	2959	2962	9.8	12.2500	0.7615	76.1480



9.  $B = 8 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 56^\circ$ ,  $d/B = 1$

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm2)	q (kN/m2)
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
0	4715	4717	4716	0	0	0	0
5	4709	4705	4707	0.045	0.0563	0.0064	0.6378
10	4704	4698	4701	0.075	0.0938	0.0128	1.2755
15	4693	4689	4691	0.125	0.1563	0.0191	1.9133
20	4671	4677	4674	0.21	0.2625	0.0255	2.5510
25	4652	4654	4653	0.315	0.3938	0.0319	3.1888
30	4638	4640	4639	0.385	0.4813	0.0383	3.8265
35	4602	4598	4600	0.58	0.7250	0.0446	4.4643
40	4577	4571	4574	0.71	0.8875	0.0510	5.1020
45	4544	4540	4542	0.87	1.0875	0.0574	5.7398
50	4505	4511	4508	1.04	1.3000	0.0638	6.3776
55	4472	4474	4473	1.215	1.5188	0.0702	7.0153
60	4436	4438	4437	1.395	1.7438	0.0765	7.6531
65	4405	4401	4403	1.565	1.9563	0.0829	8.2908
70	4370	4364	4367	1.745	2.1813	0.0893	8.9286
75	4350	4346	4348	1.84	2.3000	0.0957	9.5663
80	4319	4325	4322	1.97	2.4625	0.1020	10.2041
85	4299	4301	4300	2.08	2.6000	0.1084	10.8418
90	4277	4279	4278	2.19	2.7375	0.1148	11.4796
95	4261	4257	4259	2.285	2.8563	0.1212	12.1173
100	4245	4239	4242	2.37	2.9625	0.1276	12.7551
105	4224	4220	4222	2.47	3.0875	0.1339	13.3929
110	4199	4205	4202	2.57	3.2125	0.1403	14.0306
115	4179	4181	4180	2.68	3.3500	0.1467	14.6684
120	4164	4166	4165	2.755	3.4438	0.1531	15.3061

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
125	4153	4149	4151	2.825	3.5313	0.1594	15.9439
130	4138	4132	4135	2.905	3.6313	0.1658	16.5816
135	4123	4119	4121	2.975	3.7188	0.1722	17.2194
140	4102	4108	4105	3.055	3.8188	0.1786	17.8571
145	4089	4091	4090	3.13	3.9125	0.1849	18.4949
150	4074	4076	4075	3.205	4.0063	0.1913	19.1327
155	4065	4061	4063	3.265	4.0813	0.1977	19.7704
160	4055	4049	4052	3.32	4.1500	0.2041	20.4082
165	4045	4041	4043	3.365	4.2063	0.2105	21.0459
170	4031	4037	4034	3.41	4.2625	0.2168	21.6837
175	4022	4024	4023	3.465	4.3313	0.2232	22.3214
180	4011	4013	4012	3.52	4.4000	0.2296	22.9592
185	4008	4004	4006	3.55	4.4375	0.2360	23.5969
190	4002	3996	3999	3.585	4.4813	0.2423	24.2347
195	3992	3988	3990	3.63	4.5375	0.2487	24.8724
200	3979	3985	3982	3.67	4.5875	0.2551	25.5102
205	3973	3975	3974	3.71	4.6375	0.2615	26.1480
210	3965	3967	3966	3.75	4.6875	0.2679	26.7857
215	3962	3958	3960	3.78	4.7250	0.2742	27.4235
220	3955	3949	3952	3.82	4.7750	0.2806	28.0612
225	3946	3942	3944	3.86	4.8250	0.2870	28.6990
230	3934	3940	3937	3.895	4.8688	0.2934	29.3367
235	3930	3932	3931	3.925	4.9063	0.2997	29.9745
240	3922	3924	3923	3.965	4.9563	0.3061	30.6122
245	3918	3914	3916	4	5.0000	0.3125	31.2500
250	3910	3904	3907	4.045	5.0563	0.3189	31.8878
255	3902	3898	3900	4.08	5.1000	0.3253	32.5255
260	3892	3898	3895	4.105	5.1313	0.3316	33.1633
265	3886	3888	3887	4.145	5.1813	0.3380	33.8010
270	3880	3882	3881	4.175	5.2188	0.3444	34.4388
275	3875	3871	3873	4.215	5.2688	0.3508	35.0765
280	3864	3858	3861	4.275	5.3438	0.3571	35.7143
285	3857	3853	3855	4.305	5.3813	0.3635	36.3520
290	3846	3852	3849	4.335	5.4188	0.3699	36.9898
295	3843	3845	3844	4.36	5.4500	0.3763	37.6276
300	3836	3838	3837	4.395	5.4938	0.3827	38.2653
305	3832	3828	3830	4.43	5.5375	0.3890	38.9031
310	3824	3818	3821	4.475	5.5938	0.3954	39.5408
315	3815	3811	3813	4.515	5.6438	0.4018	40.1786
320	3803	3809	3806	4.55	5.6875	0.4082	40.8163
325	3797	3799	3798	4.59	5.7375	0.4145	41.4541
330	3792	3794	3793	4.615	5.7688	0.4209	42.0918
335	3787	3783	3785	4.655	5.8188	0.4273	42.7296
340	3781	3775	3778	4.69	5.8625	0.4337	43.3673
345	3773	3769	3771	4.725	5.9063	0.4401	44.0051
350	3762	3768	3765	4.755	5.9438	0.4464	44.6429
355	3754	3756	3755	4.805	6.0063	0.4528	45.2806
360	3744	3746	3745	4.855	6.0688	0.4592	45.9184
365	3739	3735	3737	4.895	6.1188	0.4656	46.5561
370	3732	3726	3729	4.935	6.1688	0.4719	47.1939
375	3725	3721	3723	4.965	6.2063	0.4783	47.8316
380	3712	3718	3715	5.005	6.2563	0.4847	48.4694
385	3701	3703	3702	5.07	6.3375	0.4911	49.1071
390	3695	3697	3696	5.1	6.3750	0.4974	49.7449
395	3690	3686	3688	5.14	6.4250	0.5038	50.3827
400	3680	3674	3677	5.195	6.4938	0.5102	51.0204

BEBAN (kg)	LVDT			PENURUNAN (mm)	s/B (%)	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )
	pembacaan 1	pembacaan 2	rata-rata				
405	3670	3666	3668	5.24	6.5500	0.5166	51.6582
410	3655	3661	3658	5.29	6.6125	0.5230	52.2959
415	3641	3643	3642	5.37	6.7125	0.5293	52.9337
420	3634	3636	3635	5.405	6.7563	0.5357	53.5714
425	3628	3624	3626	5.45	6.8125	0.5421	54.2092
430	3616	3610	3613	5.515	6.8938	0.5485	54.8469
435	3606	3602	3604	5.56	6.9500	0.5548	55.4847
440	3594	3600	3597	5.595	6.9938	0.5612	56.1224
445	3588	3590	3589	5.635	7.0438	0.5676	56.7602
450	3574	3576	3575	5.705	7.1313	0.5740	57.3980
455	3569	3565	3567	5.745	7.1813	0.5804	58.0357
460	3557	3551	3554	5.81	7.2625	0.5867	58.6735
465	3542	3538	3540	5.88	7.3500	0.5931	59.3112
470	3524	3530	3527	5.945	7.4313	0.5995	59.9490
475	3512	3514	3513	6.015	7.5188	0.6059	60.5867
480	3500	3502	3501	6.075	7.5938	0.6122	61.2245
485	3488	3484	3486	6.15	7.6875	0.6186	61.8622
490	3480	3474	3477	6.195	7.7438	0.6250	62.5000
495	3465	3461	3463	6.265	7.8313	0.6314	63.1378
500	3442	3448	3445	6.355	7.9438	0.6378	63.7755
505	3432	3434	3433	6.415	8.0188	0.6441	64.4133
510	3404	3406	3405	6.555	8.1938	0.6505	65.0510
515	3391	3387	3389	6.635	8.2938	0.6569	65.6888
520	3377	3371	3374	6.71	8.3875	0.6633	66.3265
525	3329	3325	3327	6.945	8.6813	0.6696	66.9643
527	3287	3293	3290	7.13	8.9125	0.6722	67.2194
527	3261	3263	3262	7.27	9.0875	0.6722	67.2194
527	3240	3242	3241	7.375	9.2188	0.6722	67.2194

