

PENGARUH VARIASI JARAK DAN KEDALAMAN PONDASI
TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DI LERENG PADA
PEMODELAN FISIK TANAH PASIR D_r 74%

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

YASINTA YATI NUR ANBYA'

0910610022

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2013

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil 'alamin puji syukur selalu dipanjatkan kepada Allah S.W.T. yang senantiasa memberikan hidayah, kekuatan, dan kemudahan kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul " Pengaruh Variasi Jarak Dan Kedalaman Pondasi Terhadap Daya Dukung Pondasi Di Lereng Pada Pemodelan Fisik Tanah Pasir Dr 74%" ini. Shalawat dan salam tidak lupa pula saya tujukan kepada junjungan umat islam Muhammad S.A.W. yang telah memberikan jalan pencerahan bagi umat manusia.

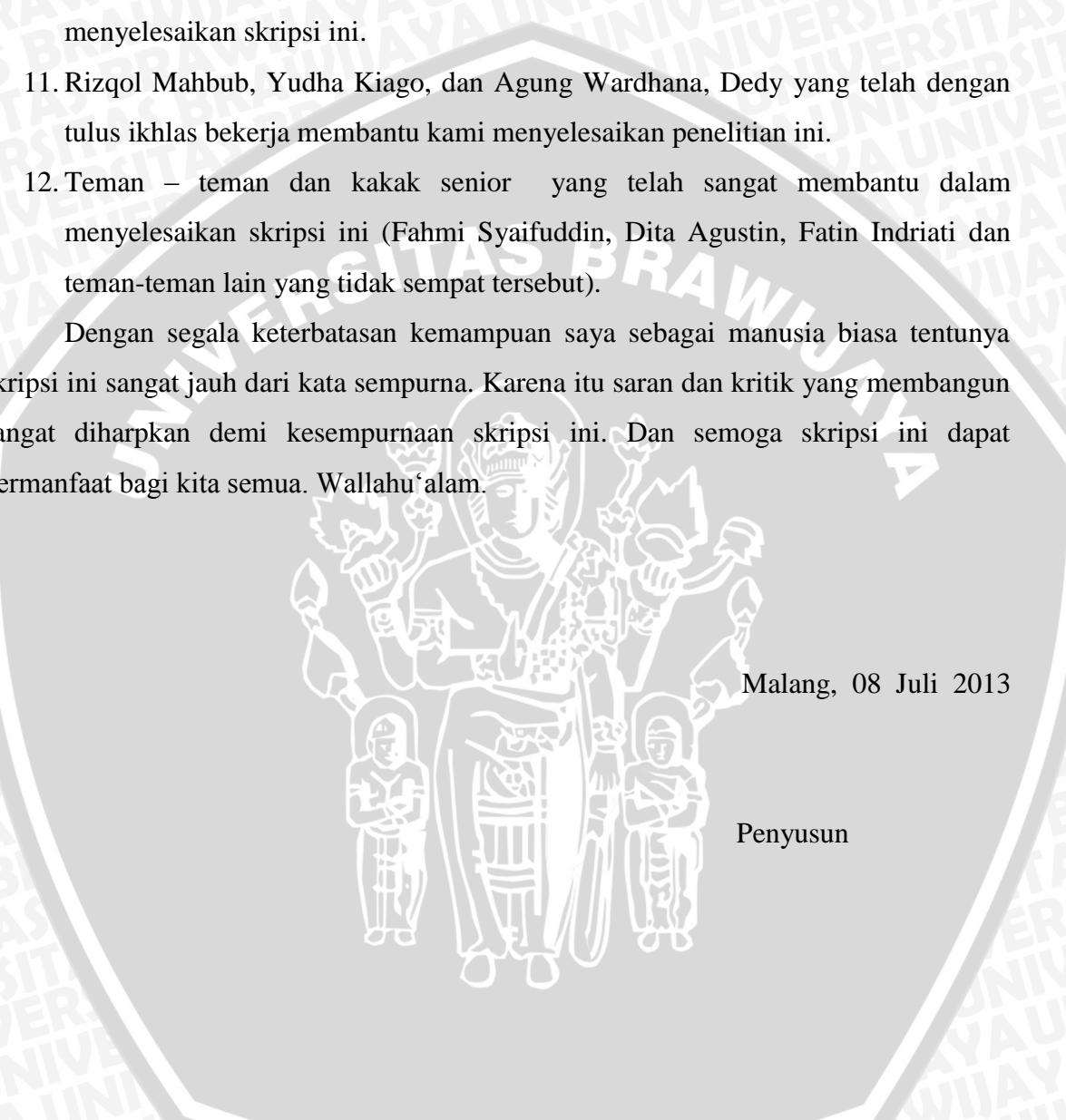
Skripsi yang disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik ini, diharapkan dapat menjadi sumbangsih bagi ilmu pengetahuan khususnya pengembangan dalam bidang Mekanika Tanah dan Geoteknik. Selain itu, pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Sugeng P. Budio, MS. dan Ir. Siti Nurlina, MT. selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan yang membantu kelancaran skripsi ini.
2. Ir. As'ad Munawir, MT., dan Ir. Harimurti, MT., sebagai dosen pembimbing atas segala arahan, masukan dan bimbingan yang telah diberikan.
3. Dr. Ir. Arief Rachmansyah, Ir. Widodo Suyadi, M.Eng., Ir. Suroso, Dipl. HE., M. Eng., Dr. Eng. Yulvi Zaika, MT, dan Ir. Herlien Indrawahyuni sebagai dosen Geoteknik yang telah memberikan saran dan masukan pada skripsi ini.
4. Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS. sebagai Kepala Laboratorium Struktur dan Konstruksi Bahan.
5. Ayah, ibu, dan segenap keluarga atas bantuan moral serta materi yang membantu saya dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Ricky Dimas Sagita yang telah memberikan semangat dan dukungan sehingga saya dapat tetap semangat menyelesaikan skripsi ini.
7. Sahabat-sahabatku, Indah Ria Riskiyah, Shinta Retno, Dwi Anita, Melisa Siagian, Royhan Rizky, dan Giovanni yang selalu memberi semangat dalam pengerjaan praktikum hingga selesai.
8. Pak Sugeng, Pak Hadi , Mas Budi, Mas Rudi dan Mas Dino sebagai pihak Laboratorium Konstruksi Bahan yang telah meminjamkan dan membantu alat-alat untuk penelitian.



9. Pak Ketut sebagai Wakalab Mekanika Tanah yang telah membantu pada penelitian ini.
10. Teman seperjuangan skripsi: Rizal Azhar, Widya Nasarita, Eddy Nashrullah, Vivi Rosalia, Achmad Nuryunanto, dan Lingga Fadya. yang merupakan teman seperjuangan penelitian yang telah bekerja keras tidak kenal lelah dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Rizqol Mahbub, Yudha Kiago, dan Agung Wardhana, Dedy yang telah dengan tulus ikhlas bekerja membantu kami menyelesaikan penelitian ini.
12. Teman – teman dan kakak senior yang telah sangat membantu dalam menyelesaikan skripsi ini (Fahmi Syaifuddin, Dita Agustin, Fatin Indriati dan teman-teman lain yang tidak sempat tersebut).

Dengan segala keterbatasan kemampuan saya sebagai manusia biasa tentunya skripsi ini sangat jauh dari kata sempurna. Karena itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Wallahu‘alam.



Malang, 08 Juli 2013

Penyusun



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
PERNYATAAN	xii
ORISINALITAS SKRIPSI	xii
RINGKASAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 IDENTIFIKASI MASALAH.....	3
1.3 RUMUSAN MASALAH	3
1.4 LINGKUP PENELITIAN.....	4
1.5 TUJUAN PENELITIAN	4
1.6 MANFAAT PENELITIAN.....	5
BAB II KAJIAN TEORI.....	6
2.1 TANAH PASIR	6
2.1.1 Pengertian tanah pasir	6
2.1.2 Klasifikasi tanah pasir berdasarkan <i>Unified (U.S.C.S.)</i>	6
2.1.3 Kepadatan tanah pasir	8
2.2 LERENG.....	9
2.2.1 Pengertian lereng.....	9
2.3 PONDASI (<i>FOUNDATION</i>).....	10
2.3.1 Pengertian dan jenis pondasi	10
2.4 DENSITY RELATIVE (DR).....	11
2.5 DAYA DUKUNG TANAH (<i>BEARING CAPACITY</i>)	13
2.5.1 Daya dukung tanah pasir	13
2.6 ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH DATAR	14
2.6.1 Metode Terzaghi	14
2.6.2 Metode Mayerhof	17
2.6.3 Metode Hansen.....	20
2.6.4 Metode Vesic.....	22
2.6.5 Kelebihan Masing-masing rumus daya dukung	24



2.7 ANALISIS DAYA DUKUNG PADA LERENG TANPA PERKUATAN.....	24
2.7.1 Metode Shields	24
2.7.2 Metode GEO	28
2.7.3 Metode Mayerhof	30
2.7.4 Metode Hansen.....	33
2.7.5 Metode Vesic.....	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1 WAKTU DAN TEMPAT.....	36
3.2 ALAT DAN BAHAN PENELITIAN.....	36
3.3 JUMLAH DAN PERLAKUAN BENDA UJI	39
3.4 METODE PENELITIAN.....	39
3.4.1 Pengujian dasar	39
3.4.2 Persiapan benda uji.....	39
3.4.3 <i>Model test</i>	39
3.4.4 Pengujian pembebahan.....	41
3.5 METODE PENGAMBILAN DATA	42
3.6 VARIABEL PENELITIAN	42
3.7 BAGAN ALIR TAHAPAN PENELITIAN	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 ANALISIS BAHAN	46
4.1.1 Analisis Saringan.....	46
4.1.2 Analisis Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>).....	47
4.1.3 Analisis Pemeriksaan Kepadatan Tanah (<i>Compaction</i>).....	47
4.1.4 Analisis Pengujian Geser Langsung (<i>Direct shear</i>)	48
4.2 PENGUJIAN MODEL	51
4.3 HASIL PENGUJIAN	53
4.3.1 Pembebahan Tanpa Lereng	53
4.3.2 Lereng dengan Perkuatan Pondasi 8 cm.....	55
4.3.3 Pemeriksaan Kadar Air dan Kepadatan.....	59
4.4 ANALISIS TANAH LERENG DENGAN VARIASI JARAK PONDASI TERHADAP KEDALAMAN PONDASI	60
4.4.1 Tanah Datar	60
4.4.2 Lereng dengan Variasi Jarak Pondasi Terhadap Kedalaman Pondasi	61
4.5 ANALISIS TANAH LERENG DENGAN VARIASI KEDALAMAN PONDASI TERHADAP JARAK PONDASI	68
4.5.1 Tanah Datar	68
4.5.2 Lereng dengan Variasi Kedalaman Pondasi Terhadap Jarak Pondasi	70
4.6 ANALISIS FAKTOR <i>RELATIVE BEARING CAPACITY IMPROVEMENT (RBC)</i>	77

4.6.1	RBC Berdasarkan Daya Dukung Ultimit (RBC_U) pada Variasi Jarak Pondasi ke Tepi Lereng Terhadap Kedalaman Pondasi	77
4.6.2	RBC Berdasarkan Daya Dukung Ultimit (RBC_U) pada Variasi Kedalaman Pondasi Terhadap Jarak Pondasi ke Tepi Lereng.....	78
BAB V PENUTUP		80
5.1	KESIMPULAN	80
5.2	SARAN.....	80
DAFTAR PUSTAKA.....		82
LAMPIRAN		84



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
	Gambar 1.1 Longsornya dinding penahan pada lereng bangunan ruko	2
	Gambar 2.1 Bentuk Pondasi Telapak	11
	Gambar 2.2 Bentuk Pondasi rakit	11
	Gambar 2.3 Pengaruh Kadar Air Dan Daya Pemadatan Terhadap Kepadatan tanah ...	12
	Gambar 2.4 Zona Geser Berdasarkan Teori Terzaghi.....	15
	Gambar 2.5 Notasi Rumus Hansen	22
	Gambar 2.6 Grafik Prosentase Daya Dukung Tanah Datar Untuk Lereng Dengan Kemiringan 2:1	25
	Gambar 2.7 Grafik Prosentase Daya Dukung Tanah Datar Untuk Lereng Dengan kemiringan 1,5 : 1	26
	Gambar 2.8 pembebanan pada pondasi.....	27
	Gambar 2.9 Dimensi efektif pada dasar pondasi.....	27
	Gambar 2.10 Prosedur Interpolasi Linear untuk Menentukan Daya Dukung Ultimit Pondasi yang Terletak di Dekat Puncak Lereng.....	29
	Gambar 2.11 Pola Keruntuhan Pondasi di atas lereng menurut Mayerhof.....	30
	Gambar 2.12 Grafik Nilai N_{cq}	31
	Gambar 2.13 Grafik Nilai $N_{\gamma q}$	31
	Gambar 3.1 Peralatan untuk analisa saringan	37
	Gambar 3.2 Peralatan untuk analisa berat jenis tanah.....	37
	Gambar 3.3 Peralatan uji geser langsung	37
	Gambar 3.4 <i>Density ring</i>	38
	Gambar 3.5 Peralatan pemedatan.....	38
	Gambar 3.6 Peralatan uji pembebanan.....	38
	Gambar 3.7 Model Lereng Percobaan.....	40
	Gambar 3.8 Model Box Pengujian	41
	Gambar 3.9 Contoh susunan pembebanan	41
	Gambar 3.10 Bagan alir percobaan	45
	Gambar 4.1 Pembagian ukuran butir tanah	46
	Gambar 4.2 Grafik pemedatan tanah standar di laboratorium	48
	Gambar 4.3 Grafik hubungan tegangan geser dan regangan geser	49
	Gambar 4.4 Grafik hubungan tegangan geser dan tegangan normal	49

Gambar 4.5 Grafik hubungan perpindahan vertikal dan perpindahan horizontal pada	50
Gambar 4.6 Grafik hubungan berat isi kering dan jumlah tumbukan	52
Gambar 4.7 Penggambaran Variabel pada Model	52
Gambar 4.8 Model lereng 2D tanpa lereng dengan variasi lebar pondasi, dari kiri ke kanan, atas ke bawah.	53
Gambar 4.9 Proses Keruntuhan Tanah Datar.....	54
Gambar 4.10 Variasi Kedalaman Pondasi. Dari kiri ke kanan, atas ke bawah,	55
Gambar 4.11 Perbandingan nilai beban maksimum Qu dengan variasi jarak pondasi terhadap kedalaman pondasi.....	56
Gambar 4.12 Variasi Jarak Pondasi. Dari kiri ke kanan, atas ke bawah,.....	57
Gambar 4.13 Perbandingan nilai beban maksimum Qu dengan variasi kedalaman pondasi terhadap jarak pondasi.....	58
Gambar 4.14 Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar berdasarkan eksperimen	60
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan nilai daya dukung berbagai metode pada tanah datar	61
Gambar 4.16 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.....	63
Gambar 4.17 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.....	63
Gambar 4.18 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.....	64
Gambar 4.19 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.....	64
Gambar 4.20 Grafik perbandingan daya dukung	65
Gambar 4.21 Grafik perbandingan daya dukung	66
Gambar 4.22 Grafik perbandingan daya dukung	67
Gambar 4.23 Grafik perbandingan daya dukung	68
Gambar 4.24 Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar berdasarkan eksperimen	69
Gambar 4.25 Grafik Perbandingan nilai daya dukung berbagai metode pada tanah datar	69
Gambar 4.26 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.....	71
Gambar 4.27 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.....	72

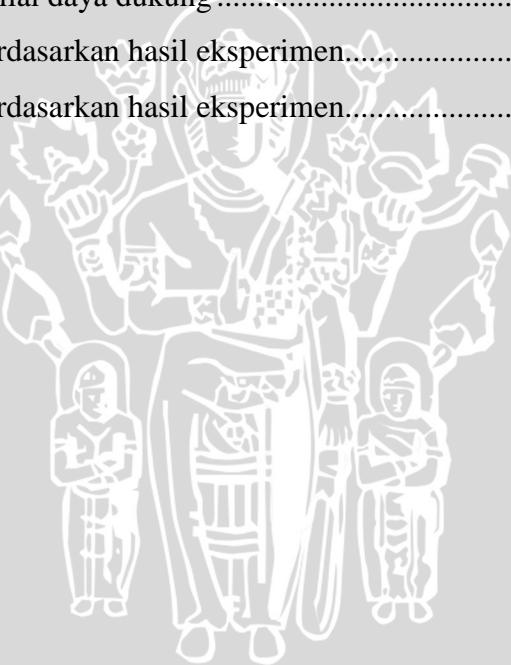
Gambar 4.28 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.....	72
Gambar 4.29 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.....	73
Gambar 4.30 Grafik perbandingan daya dukung	74
Gambar 4.31 Grafik perbandingan daya dukung	75
Gambar 4.32 Grafik perbandingan daya dukung	76
Gambar 4.33 Grafik perbandingan daya dukung	77
Gambar 4.34 Grafik perbandingan daya dukung eksperimen	78
Gambar 4.35 Grafik perbandingan daya dukung eksperimen	79



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
	Tabel 2.1 Sistem klasifikasi unified untuk pasir	8
	Tabel 2.2 Istilah dan Identifikasi lapangan untuk kerapatan relatif	9
	Tabel 2.3 Estimasi nilai daya dukung tanah yang diijinkan untuk tanah non kohesif.....	14
	Tabel 2.4 <i>Terzaghi Factor Value</i>	15
	Tabel 2.5 Perbandingan Nilai Faktor Meyerhof	18
	Tabel 2.6 Faktor bentuk, kedalaman, dan krmiringan beban	19
	Tabel 2.7 Faktor Kedalaman dan bentuk yang digunakan oleh Hansen	20
	Tabel 2.8 Faktor Kemiringan dan dasar tanah Rumus Hansen	21
	Tabel 2.9 Faktor Kedalaman Bentuk Rumus Vesic	23
	Tabel 2.10 Kelebihan masing-masing rumus daya dukung	24
	Tabel 2.11 Faktor Daya Dukung GEO 1993.....	28
	Tabel 2.12 Tabel nilai Ncq.....	32
	Tabel 2.13 Tabel nilai $N\gamma q$	33
	Tabel 2.14 Rumus Vesic	35
	Tabel 3.1 Variasi perlakuan pondasi	43
	Tabel 4.1 Berat Jenis Tanah Rata-Rata	47
	Tabel 4.2 Nilai-Nilai Sudut Dilatansi.....	51
	Tabel 4.3 Nilai-Nilai Sudut Geser Dalam	51
	Tabel 4.4 Penyebutan Variabel Jarak Pondasi ke Tepi Lereng	53
	Tabel 4.5 Penyebutan Variabel Kedalaman Pondasi ke Tepi Lereng	53
	Tabel 4.6 Beban Maksimum dan Penurunan tanah datar lebar pondasi 8cm	54
	Tabel 4.7 Beban Maksimum Untuk Setiap Variasi Jarak Pondasi.....	56
	Tabel 4.8 Beban Maksimum Untuk Setiap Variasi Kedalaman Pondasi	58
	Tabel 4.9 Pemerikasaan Kadar Air dan Kepadatan Tanah Datar.....	59
	Tabel 4.10 Nilai Kadar Air Untuk Berbagai Variasi Perkuatan Pondasi	59
	Tabel 4.11 Nilai daya dukung secara Analitik	60
	Tabel 4.12 Nilai daya dukung secara analitik pada jarak pondasi 0 cm	61
	Tabel 4.13 Nilai daya dukung secara analitik pada jarak pondasi 3 cm	62
	Tabel 4.14 Nilai daya dukung secara analitik pada jarak pondasi 6 cm	62
	Tabel 4.15 Nilai daya dukung secara analitik pada jarak pondasi 9 cm	62

Tabel 4.16 Perbandingan nilai daya dukung	65
Tabel 4.17 Perbandingan nilai daya dukung	66
Tabel 4.18 Perbandingan nilai daya dukung	66
Tabel 4.19 Perbandingan nilai daya dukung	67
Tabel 4.20 Nilai daya dukung secara Analitik	68
Tabel 4.21 Nilai daya dukung secara analitik pada kedalaman pondasi 0 cm.....	70
Tabel 4.22 Nilai daya dukung secara analitik pada kedalaman pondasi 3 cm.....	70
Tabel 4.23 Nilai daya dukung secara analitik pada kedalaman pondasi 6 cm.....	70
Tabel 4.24 Nilai daya dukung secara analitik pada kedalaman pondasi 9 cm.....	71
Tabel 4.25 Perbandingan nilai daya dukung	73
Tabel 4.26 Perbandingan nilai daya dukung	74
Tabel 4.27 Perbandingan nilai daya dukung	75
Tabel 4.28 Perbandingan nilai daya dukung	76
Tabel 4.29 Nilau RBC _U berdasarkan hasil eksperimen.....	77
Tabel 4.30 Nilau RBC _U berdasarkan hasil eksperimen.....	78



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Analisa Saringan.....	85
Lampiran 2	Perhitungan Berat Jenis (<i>Spesific Gravity</i>).....	86
Lampiran 3	Tes Kepadatan Standart di Laboratorium.....	88
Lampiran 4	Data Hasil Trial Error Jumlah Tumbukan Dr = 74%	90
Lampiran 5	Uji Geser Langsung (<i>Direct Shear</i>) Dr 74%	92
Lampiran 6	Data Kadar Air	106
Lampiran 7	Data Kepadatan	111
Lampiran 8	Data Penurunan Tanah	119
Lampiran 9	Analisa Daya Dukung Tanah Datar	130
Lampiran 10	Analisa Daya Dukung pada Tanah Lereng Metode Hansen	132



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya, di dalam naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA TEKNIK) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003 Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70)

Malang, 08 Juli 2013

Mahasiswa,

Nama : YASINTA Y. N. A.
NIM : 0910610022
Jurusan : TEKNIK SIPIL



RINGKASAN

Yasinta Yati Nur Anbya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2013, *Pengaruh Variasi Jarak Dan Kedalaman Pondasi Terhadap Daya Dukung Pondasi Di Lereng Pada Pemodelan Fisik Tanah Pasir Dr 74%*, Dosen Pembimbing : As'ad Munawir dan Haraimurti.

Keterbatasan lahan pada daerah tanah datar di Indonesia menjadikan tanah lereng yang memiliki kecuraman tinggi menjadi pilihan lahan pembangunan pada daerah-daerah padat penduduk. Dalam pembangunan gedung di dekat lereng, perlu diketahui rasio jarak dan kedalaman pondasi yang tepat terhadap tepi lereng agar tidak terjadi kelongsoran pada pembangunan dekat lereng. Fungsi dari pondasi yang menahan bangunan adalah menyebarkan gaya dari bangunan kepada tanah dibawahnya, bila tanah yang ditempati oleh bangunan tersebut tidak memiliki rasio jarak yang aman, sudah pasti lereng akan runtuh.

Pada penelitian ini dipakai model test dengan ukuran panjang 1,50 m, lebar 1,0 m dan tinggi 1,0 m. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui lokasi dan kedalaman perkuatan optimum, dimana perkuatan dipasang dengan empat variasi berbeda. Serta dengan melakukan variasi jarak pondasi dan variasi kedalaman dengan empat variasi berbeda pula. Proses pematatan yang dipakai dalam penelitian ini adalah dengan cara membagi lereng model sebanyak tujuh lapisan dan dipadatkan dengan *proctor standart* dengan jumlah tumbukan berdasarkan hasil *trial* dan *error* kepadatan. Pembebaan dilakukan dengan menambahkan beban secara bertahap hingga mencapai beban runtuh pada pemodelan lereng. Beban dimodelkan sebagai *strip footing* yang menyalurkan beban dari *load cell*.

Hasil dari variasi jarak dan kedalaman dalam penelitian ini menunjukkan bahwa model lereng mengalami peningkatan daya dukung secara signifikan. Dimana lokasi terbaik perkuatan pondasi adalah pada 9 cm dengan kedalaman 9cm. Berdasarkan pengujian ini dapat disimpulkan bahwa semakin lebar jarak pondasi terhadap tepi lereng dan semakin dalam pondasi terhadap permukaan datar, maka daya dukung akan semakin meningkat.

Kata-kata kunci: perkuatan lereng, daya dukung lereng, pondasi.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ilmu yang mengkaji gejala-gejala alam semesta, salah satunya adalah geoteknik yang mengulas secara lengkap tentang bagaimana tanah memiliki sifat-sifat yang khas bila diberikan beban dan gaya tertentu saat sebuah bangunan didirikan diatasnya. Perkembangan ilmu geoteknik juga memberikan pengaruh besar terhadap teknologi pembangunan diatas tanah yang memiliki kondisi yang kurang baik seperti di tepi lereng atau di tanah yang memiliki kemampuan daya dukung yang lemah. Maka beberapa masalah yang berhubungan dengan pembangunan diatas tanah yang memiliki kondisi yang ekstrim akan menjadi bahasan yang akan terus dikembangkan sesuai dengan penelitian kali ini.

Beberapa cara untuk memperkuat tanah yang diberikan beban pada lereng yaitu adalah dengan memberikan pondasi pada bangunan yang akan dibangun dengan kedalaman dan jarak tertentu dari tepi lereng. Dengan mengetahui pengaruhnya dengan cara permodelan di laboratorium, maka bisa didapatkan gambaran bagaimana sebaiknya pemasangan pondasi yang ideal dan hemat terhadap sisi ekonominya. Analisa terhadap daya dukung pada lereng ini dapat diketahui dengan variasi nilai yang didapatkan dari analisa percobaan hubungan antara sudut kemiringan lereng, jenis pondasi dan jarak pondasi ke tepi lereng serta kedalaman pondasi. Jika dihubungkan dengan gejala-gejala alam semesta di Indonesia tidak sedikit masalah-masalah bencana alam yang terjadi. Seperti yang kita lihat baru-baru ini sering terjadinya tanah longsor pada daerah lereng apalagi ketika musim hujan. Peristiwa tanah longsor atau dikenal sebagai gerakan massa tanah, batuan atau kombinasinya akibat beban-beban gravitasi luar seperti bangunan-bangunan rumah, sering terjadi pada lereng-lereng alam atau batuan. Peristiwa ini merupakan fenomena alam yaitu alam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan atau faktor yang mempengaruhinya dan menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta



tegangan geser tanah. Untuk mencegah terjadinya bahaya kelongsoran dan memperoleh solusi yang aman, maka perlu diadakan investigasi yang cermat terhadap kondisi kestabilan lereng dari suatu jenis tanah. Dalam hal ini simulasi model lereng dari suatu jenis tanah diperlukan untuk mengetahui bentuk bidang longsoran yang terjadi pada lereng tersebut. Pengamatan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi keruntuhan lereng seperti sudut kemiringan lereng, ketinggian lereng atau jenis tanah, kepadatan dan sifat-sifat fisik tanah lainnya juga perlu dilakukan, untuk mengetahui seberapa besar pengaruh faktor-faktor tersebut terhadap tipe keruntuhan bidang longsor yang terjadi. Keadaan tanah yang kurang baik dan posisi dari pondasi dan bangunan yang jaraknya terlalu dekat dengan lereng juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi longsornya lereng seperti ditunjukkan pada **Gambar 1.1** yang merupakan salah satu kasus longsornya lereng pada bangunan ruko kota Kepanjen, Malang.



Gambar 1.1 Longsor dinding penahan pada lereng bangunan ruko

Penelitian ini dilakukan dengan membuat model lereng tanah pasir dengan menambahkan perkuatan pondasi pada lereng dengan berbagai macam kedalaman tertentu dan jarak pondasi tertentu terhadap ujung lereng. Selanjutnya dapat diamati bagaimana pola kelongsoran lereng dan didapatkan nilai faktor keamanan tanah dan besarnya daya dukung pondasi setelah diberi perkuatan maupun sebelum diberi perkuatan. Dengan demikian, peneliti dapat menemukan kedalaman dan jarak pemasangan pondasi yang optimum dengan membandingkan tiap benda uji.

1.2 Identifikasi Masalah

Perlunya analisa dan pengidentifikasiyan daya dukung lereng dan jarak pondasi terhadap lereng dengan diperlukan untuk mencegah terjadinya pergerakan tanah pada lereng yang berbahaya seperti keruntuhan serta kegagalan bangunan akibat keruntuhan. Berikut identifikasi masalah, antara lain:

1. Pergerakan yang terjadi pada tanah yang disebabkan oleh faktor alam maupun faktor lainnya akan sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng, dan tentunya akan sangat berpengaruh pada daya dukung pondasi yang digunakan
2. Perubahan beban yang dinamis akan menimbulkan deformasi terhadap tanah sehingga memperbesar resiko longsor
3. Perubahan kadar air didalam tanah akibat hujan atau hal lainnya, yang menimbulkan kemungkinan longsor pada lereng semakin besar dan kekuatan geser pada tanah akan semakin menurun sebagai akibat dari meningkatnya kadar air didalam tanah.
4. Kekuatan geser pada tanah dapat dipengaruhi akibat adanya getaran yang terjadi pada tanah, seperti gempa atau akibat hal lainnya seperti getaran.
5. Adanya pengaruh rasio kedalaman dan lebar pondasi serta jarak pondasi ke tepi lereng memberikan pengaruh terhadap tegangan didalam tanah sehingga juga berpengaruh terhadap keruntuhan pondasi saat menahan beban pada tanah dengan kemiringan tertentu.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, dapat dirumuskan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana daya dukung pondasi dan tanah pada lereng akibat adanya variasi jarak pondasi terhadap tepi lereng ?
2. Bagaimana daya dukung pondasi pada lereng akibat rasio jarak dan kedalaman pondasi terhadap lereng tanpa perkuatan jika dibandingkan dengan daya dukung pondasi pada tanah horizontal?
3. Bagaimana pengaruh variasi jarak pondasi serta kedalaman nya pada lereng tanpa perkuatan terhadap penurunan tanah yang terjadi ?
4. Berapa kedalaman dan jarak pondasi ke tepi lereng yang optimum untuk mengetahui daya dukung tanah pada lereng tanpa perkuatan dan daya dukung pondasi yang digunakan ?

5. Bagaimana reaksi – reaksi pada lereng dan pondasi akibat penambahan beban yang dilakukan secara terus menerus ?

1.4 Lingkup Penelitian

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

1. Pengujian dasar seperti : uji berat jenis, uji geser langsung tanah yang diuji, uji kadar air tanah hanya dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Universitas Brawijaya.
2. Pengujian model lereng dilakukan di Laboratorium Struktur dan Konstruksi Jurusan Sipil Universitas Brawijaya.
3. Penelitian dilakukan pada suhu kamar 25°
4. Tanah yang digunakan adalah tanah homogen isotropis, berupa tanah urugan dengan jenis tanah pasir dengan simbol SP menurut sistem *unified*.
5. Kepadatan tanah model lereng pasir atau DR adalah 74%.
6. Penelitian tidak termasuk rembesan air dalam tanah yang diuji cobakan.
7. Sudut kemiringan lereng yaitu 54°
8. Lebar pondasi yang digunakan 8cm
9. Ketinggian model lereng 70 cm.

1.5 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh jarak pemasangan pondasi dan kedalaman pondasi ke tepi lereng terhadap daya dukung pondasi dan pondasi yang digunakan untuk pentransferan beban.
2. Untuk mengetahui pengaruh jarak pemasangan pondasi dan kedalaman pondasi ke tepi lereng serta kedalaman pondasi terhadap daya dukung lereng dan pondasi pada lereng tanpa perkuatan dibandingkan dengan tanah horizontal.
3. Untuk mengetahui pengaruh kedalaman serta jarak pondasi ke tepi lereng terhadap penurunan yang terjadi pada lereng.
4. Untuk mengetahui jarak pondasi ke tepi lereng, serta kedalaman pondasi yang optimum untuk mengetahui daya dukung pondasi dan pondasi yang digunakan
5. Untuk mengetahui reaksi-reaksi pada lereng akibat pembebanan yang dilakukan secara terus menerus pada pondasi.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui variasi sudut kemiringan lereng, jarak pondasi ke tepi lereng, dan kedalaman pondasi terhadap daya dukung lereng dan pondasi yang digunakan
2. Membantu pada aplikasi dilapangan untuk menganalisis secara cepat kemampuan daya dukung lereng dan pondasi terhadap pergerakan tanah yang akan terjadi
3. Membantu dalam memperkirakan bidang keruntuhan tanah dan pondasi yang akan terjadi
4. Sebagai pertimbangan dalam penentuan alternatif pembangunan struktur bangunan di atas lahan yang miring



BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Tanah Pasir

2.1.1 Pengertian tanah pasir

Tanah pasir merupakan tanah yang dibentuk dari batuan beku serta batuan sedimen. Tanah jenis ini memiliki butir kasar dan berkerikil. "Pasir dan kerikil merupakan agregat tak berkohesi yang tersusun dari fragmen-fragmen sub-angular dan angular yang berasal dari batuan atau mineral yang belum mengalami perubahan" (Terzaghi&Peck, 1993). Tanah pasir merupakan tanah yang memiliki butiran tanah yang terpisah-pisah ketika kering dan melekat hanya apabila berada dalam keadaan basah akibat gaya tarik permukaan didalam air. Tanah pasir merupakan tanah non-kohesif yang tidak memiliki garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air. Tetapi dalam beberapa kondisi tertentu, tanah non-kohesif dengan kadar air cukup tinggi dapat bersifat sebagai suatu cairan kental. Tarikan permukaan memberikan tanah non-kohesif suatu kohesi semu (*apparent cohesion*) yang disebut demikian karena kohesi tersebut akan hilang apabila tanah itu benar-benar kering atau benar-benar jenuh. (Bowles, 1996)

2.1.2 Klasifikasi tanah pasir berdasarkan *Unified* (U.S.C.S)

Sistem klasifikasi tanah *unified* (U.S.C.S) pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942. Dan secara internasional telah diakui serta dipakai untuk berbagai macam pekerjaan teknik pondasi, seperti: bendungan, bangunan dan konstruksi yang hampir sama. Seiring dengan perkembangan zaman, maka teori ini juga dipakai sebagai dasar dalam mendesain lapangan udara dan spesifikasi pekerjaan tanah bagi jalan. Sistem *unified* ini merupakan analisis yang mutlak didasarkan pada hasil pengujian laboratorium. Pengujian yang digunakan antara lain yaitu analisa butir, dan batas-batas atterberg. Tabel klasifikasi tanah berdasarkan sistem *unified* (U.S.C.S.) secara lengkap dapat ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.

Sistem klasifikasi tanah *unified* (U.S.C.S) ini mengelompokkan berbagai jenis tanah kedalam tiga kelompok besar, yaitu:

- a. Tanah berbutir kasar : apabila kurang dari 50% berat total contoh tanah ayakan lolos ayakan No. 200.
- b. Tanah berbutir halus : apabila lebih dari 50% berat total contoh tanah ayakan lolos ayakan No. 200.
- c. Tanah organik.

Untuk tanah berbutir kasar menggunakan huruf penunjuk sebagai berikut:

Huruf pertama	Huruf kedua
G – Kerikil (<i>Gravel</i>)	W – Bergradasi baik (<i>Well Graded</i>)
S - Pasir (<i>Sand</i>)	P - Bergradasi jelek (<i>Poor Graded</i>)
M – Lanau (<i>Silt / Moam</i>)	
C – Lempung (<i>Clay</i>)	



Tabel 2.1 Sistem klasifikasi unified untuk pasir

PROSEDUR KLASIFIKASI	SYMBOL	NAMA JENIS	IDENTIFIKASI LAB
Kerikil (lebih dari 50 % lolos pada ayakan no. 4 ($\Phi 4,75$ mm)) Pasir berbutir halus Pasir bersih	GW	Kerikil bergradasi baik, kerikil bercampur sedikit pasir tanpa ada butiran halus	$CU = D60/D10 = 1-4$ $CC = D30^2/D10 = 1-3$
		Kerikil bergradasi buruk, kerikil bercampur pasir mengandung sedikit butiran halus	Tidak memenuhi syarat CU maupun CC untuk GW
	GM	Kerikil berlanau, kerikil mengandung pasir-lanau bergradasi buruk	$IP < 7$
		Kerikil berlempung, kerikil mengandung pasir dan lempung bergradasi buruk	$IP > 7$
	SW	Pasir bergradasi baik, pasir dengan sedikit pasir tanpa butiran halus	$CU = D60/D10 \geq 6$ $CC = D30^2/D10 = 1-3$
		Pasir bergradasi buruk, dengan sedikit butiran halus	Tidak memenuhi syarat CU maupun CC untuk SW
	SM	Pasir berlanau, pasir bercampur lanau lanau bergradasi buruk	$IP > 7$ serta $PI, LL < 2,25$
	SC	Pasir berlempung, pasir bercampur lempung bergradasi buruk	$IP > 7$, $PI, LL > 2,25$

2.1.3 Kepadatan tanah pasir

Tanah tak kohesif cenderung membentuk suatu struktur berbutir tunggal yang dapat dalam keadaan lepas atau padat. Tanah yang benar-benar tidak kohesif hanya dapat dijumpai dalam deposit tanah yang diangkut, dimana angin atau air telah memisahkan kontaminan koloidal dan atau mineral lempung. Contoh deposit yang tidak kohesif diantaranya adalah kerikil di sungai. Deposit dalam kondisi tertentu dapat menghasilkan tanah yang sangat lepas (metastabil). Dimana struktur yang seperti ini mungkin mampu mendukung beban statis yang cukup besar tetapi dapat runtuh akibat beban dinamis atau getaran yang relatif kecil. (Bowles, 1996)

Dalam operasi pemasangan di lapangan dimana penambahan air tidak akan merusak tanah disekitarnya, pasir yang dilimpahi air (untuk memberikan keadaan Sr=100%) akan sangat membantu dalam menambah berat isi tanah. Kepadatan optimum dari tanah berbutir akan menghasilkan berat isi yang terbesar dan angka pori yang minimum. Sebaliknya, kepadatan minimum akan menghasilkan keadaan yang paling lepas, berat isi minimum, dan angka pori (e) maksimum. Kepadatan relatif dapat juga dinyatakan sebagai perbandingan antara γ_d lap yang dihasilkan dari sand cone test dengan γ_d lab yang dihasilkan dari uji proctor standar pada uji laboratorium (ASTM D1556-90). Berikut adalah **Tabel 2.2** yang menjelaskan identifikasi lapangan untuk kerapatan relatif.

Tabel 2.2 Istilah dan Identifikasi lapangan untuk kerapatan relatif

Keadaan Tanah	Dr (%)	Identifikasi Lapangan
Sangat Lepas	0-20	Mudah ditandai dengan jari
Lepas	20-40	Mudah disekop
Agak padat (kompak)	40-70	cukup sukar untuk disekop
Padat	70-90	Membutuhkan garpu untuk memisahkan tanah sehingga dapat disekop
Sangat padat	90-100	Memerlukan ledakan atau alat berat untuk memisahkan

2.2 Lereng

2.2.1 Pengertian lereng

Lereng adalah permukaan tanah yang miring dengan sudut tertentu terhadap bidang horizontal dan tidak dilindungi (*unrestrained slope*). Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak kearah bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor. Adapun jenis lereng yang sering dijumpai antara lain:

- ❖ Lereng alami, yaitu lereng yang terdapat pada bukit dan tebing sungai.
- ❖ Lereng buatan ada 2 tipe:
 - Lereng akibat penggalian, baik itu berupa saluran maupun pemotongan lahan biasa disebut *cut slopes*.
 - Lereng akibat timbunan, misalnya untuk urugan ataupun sebagai bendungan, biasa disebut *fill slopes*.

Sedangkan menurut metode analisis yang dipakai, maka macam lereng dapat

dibedakan menjadi sebagai berikut:

- ❖ Lereng tak berhingga (*infinite slopes*), atau lereng yang dapat dianggap tidak terhingga ketinggiannya.
- ❖ Lereng berhingga (*finite slopes*) atau lereng dengan tinggi yang terbatas.

2.3 Pondasi (*Foundation*)

2.3.1 Pengertian dan jenis pondasi

Didalam semua konstruksi bangunan, pondasi merupakan bagian dari struktur yang memegang peranan yang sangat penting. Hal ini disebabkan semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu diatas tanah harus didukung oleh suatu pondasi. Berdasarkan penjelasan diatas, dapat disimpulkan pondasi adalah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan kedalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya.

Bergantung pada jenis struktur dan tanah, beberapa jenis pondasi dapat digunakan untuk menopang struktur bangunan tersebut. Jenis pondasi dapat dikelompokkan dalam dua kelompok besar sebagai berikut :

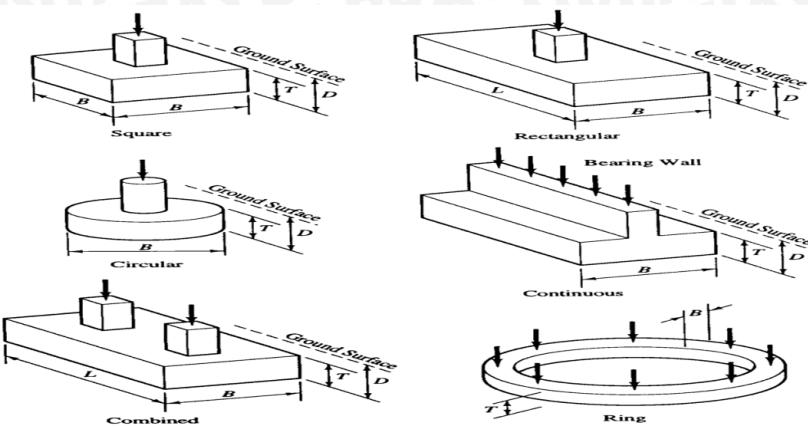
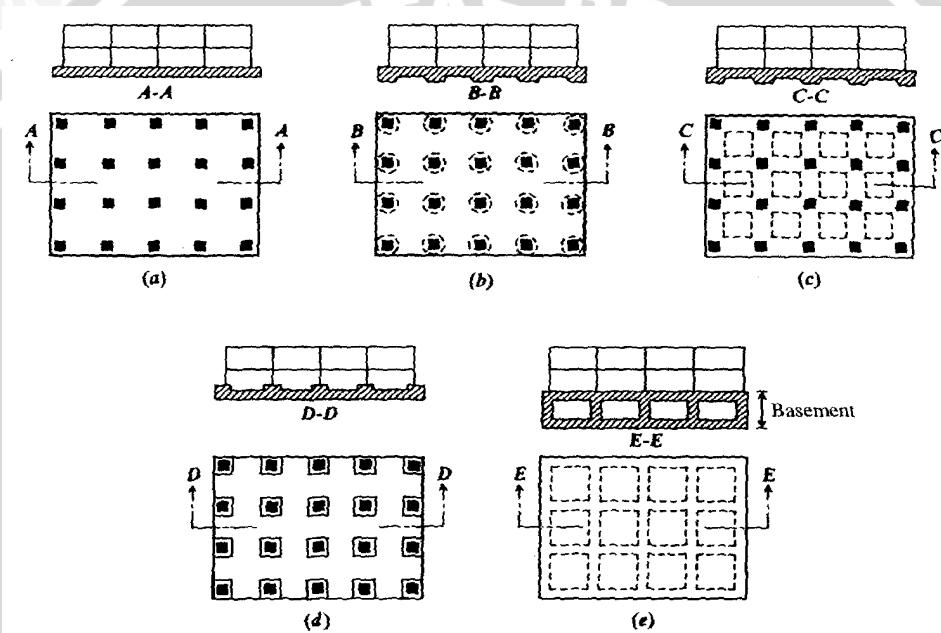
1. Pondasi dangkal (*Shallow Foundation*)

Pondasi dangkal melimpahkan beban struktur pada lapisan tanah dekat permukaan. Pondasi dangkal terdiri atas :

- a. Pondasi telapak (*Spread footing*), dibedakan sebagai berikut :
 - *Isolated footing* (bujur sangkar, lingkaran, empat persegi)
 - *Combined footing*
 - *Continous/Strip footing* (Pondasi menerus)

Jenis pondasi menerus ini banyak digunakan karena selain ekonomis juga pelaksanaannya mudah dan tidak memerlukan peralatan khusus. Kedalaman dan lebar pondasi menerus tergantung beban bangunan dan sifat asli tanah



**Gambar 2.1** Bentuk Pondasi Telapakb. Pondasi rakit (*Raft/mat foundation*)**Gambar 2.2** Bentuk Pondasi rakit2. Pondasi Dalam (*Deep Foundation*), antara lain :

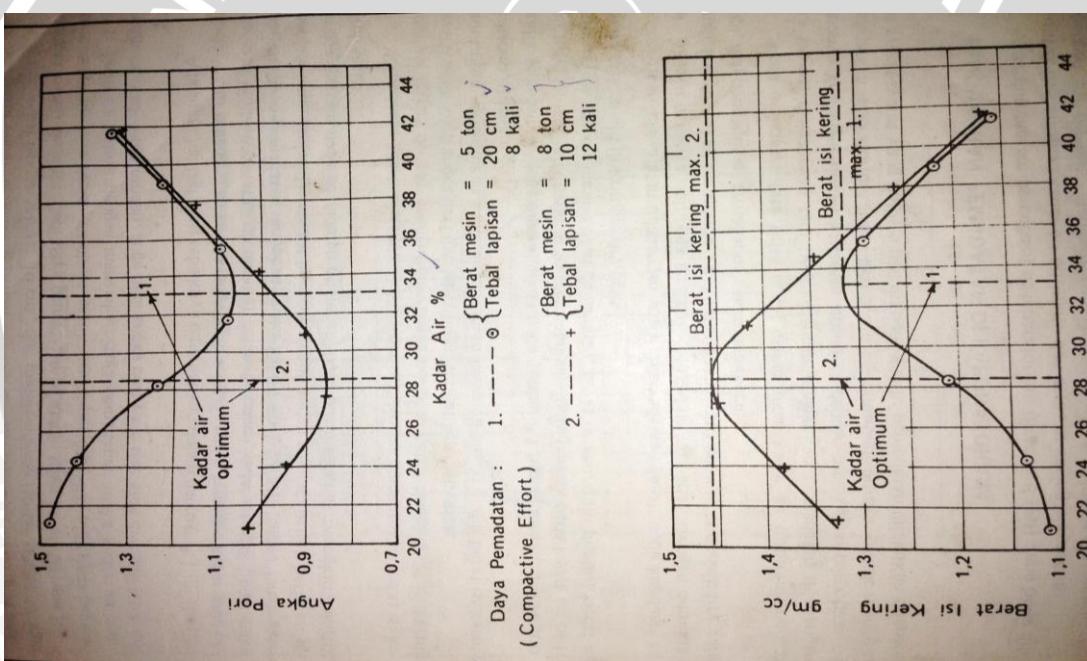
- Pondasi tiang (*pile foundation*)
- Pondasi sumuran (*well foundation*)
- Pondasi kaison (*caisson foundation*)
-

2.4 Density Relative (Dr)

Tanah yang akan digunakan untuk penelitian ini harus dipadatkan untuk:

- Menaikan kekuatannya
- Memperkecil *compressibility*-nya dan daya rembesan air
- Memperkecil pengaruh air terhadap tanah tersebut

Pemadatan adalah suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan salah satu cara mekanis. Proses pemadatan berlainan sama sekali dengan proses *consolidasi* dan kedua istilah ini tidak boleh dicampur baur. Cara mekanis yang dipakai untuk memadatkan tanah boleh bermacam-macam. Di lapangan biasanya dipakai cara menggilas, sedangkan di laboratorium dipakai cara menumbuk menggunakan alat, contoh proktor. Untuk setiap daya pemadatan tertentu (*Certain compactive effort*) kepadatan yang tercapai tergantung kepada banyaknya air didalam tanah tersebut, yaitu kepada kadar airnya. Dari setiap kali usaha pemadatan yang kita lakukan, kita dapat satu nilai kadar air dan satu kepadatan (angka pori). Angka-angka ini dapat kita pakai untuk membuat grafik angka pori terhadap kadar air, seperti terlihat pada gambar di bawah. Jelaslah dari ini bahwa pada suatu nilai kadar air tertentu, angka pori menjadi paling rendah, yaitu tanah menjadi paling padat. Kadar air ini ialah kadar air yang paling cocok untuk daya pemadatan tersebut



Gambar 2.3 Pengaruh Kadar Air Dan Daya Pemadatan Terhadap Kepadatan tanah
 Tujuan dari ini ialah untuk memadatkan tanah pada keadaan kadar air optimumnya, sehingga tercapai keadaan paling padat. Dengan demikian tanah tersebut akan mempunyai kekuatan yang relatif besar, compressibilitas yang kecil dan pengaruh air terhadapnya akan diperkecil.

2.5 Daya Dukung Tanah (*Bearing Capacity*)

Apabila tanah mengalami pembebahan seperti beban pondasi, tanah akan mengalami distorsi dan penurunan. Apabila beban ini berangsur-angsur ditambah, penurunan pun akan bertambah hingga terjadi kondisi dimana pada beban yang tetap pondasi mengalami penurunan yang sangat besar. Kondisi inilah yang menunjukkan bahwa keruntuhan daya dukung telah terjadi.

Daya dukung pondasi menyatakan kuat geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebahan, yaitu kuat geser yang dapat dibangkitkan oleh tanah sepanjang bidang gesernya. Sehingga dalam perencanaan pondasi harus memperhitungkan adanya keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan. Dalam teori daya dukung (*Bearing Capacity*) dikenal istilah daya dukung ijin (q_{all}) yang merupakan tekanan maksimum yang dapat dibebankan pada tanah. Sedangkan daya dukung ultimit (*ultimit bearing capacity atau q_u*) disefinisikan sebagai beban maksimum persatu luas dimana tanah masih dapat mendukung beban dengan tanpa mengalami keruntuhan . Dan bila dinyatakan dalam sebuah persamaan, maka dapat dinyatakan :

$$\boxed{q_u = \frac{P_u}{A}}$$

$$\boxed{q_{all} = \frac{q_u}{FS}}$$

Rumus 2.1

Rumus 2.2

dengan :

q_u = daya dukung ultimit (kN/m^2)

P_u = beban ultimit (kN)

A = luas beban (m^2)

Q_{all} = daya dukung ijin (Kn/m^2)

FS = Faktor Keamanan

2.5.1 Daya dukung tanah pasir

Jenis-jenis tanah granuler tidak mempunyai kohesi (c), atau mempunyai kohesi yang sangat kecil, sehingga dalam hitungan daya dukung sering diabaikan. Tanah-tanahdemikian biasanya adalah tanah kerikil dan tanah pasir. Daya dukung tanah granuler dipengaruhi terutama oleh kerapatan relatif D_r , posisi muka air tanah terhadap kedudukan pondasi, tekanan keliling (*confining pressure*), dan ukuran pondasinya. Bentuk butiran dan ukuran distribusi butiran juga mempengaruhi besarnya daya

dukungnya. Kebanyakan tanah pasir tidak homogen dan nilai daya dukung yang diijinkan, biasanya lebih ditentukan dari pertimbangan penurunan, terutama penurunan tidak seragam (*differential settlement*). Untuk tanah granular, karena kohesi $c = 0$, persamaan daya dukung tanah akan menjadi sebagai berikut :

Untuk pondasi memanjang
$$q_u = p_o N_q + 0,5 B_\gamma N_\gamma \quad \text{Rumus 2.3}$$

Untuk pondasi bujur sangkar
$$q_u = p_o N_q + 0,4 B_\gamma N_\gamma \quad \text{Rumus 2.4}$$

Untuk pondasi lingkaran
$$q_u = p_o N_q + 0,3 B_\gamma N_\gamma \quad \text{Rumus 2.5}$$

Dimana B adalah lebar atau diameter pondasi, p_o adalah tekanan *overburden* efektif dan N_q, N_γ adalah faktor-faktor daya dukung. Nilai nilai perkiraan daya dukung yang diijinkan untuk tanah non kohesif yang diberikan pada **Tabel 2.3**. Nilai nilai dalam Tabel tersebut harus dibagi dua, jika muka air tanah terletak kurang dari B (lebar pondasi) diukur dari dasar pondasi dan lebar pondasi lebih dari 1 meter.

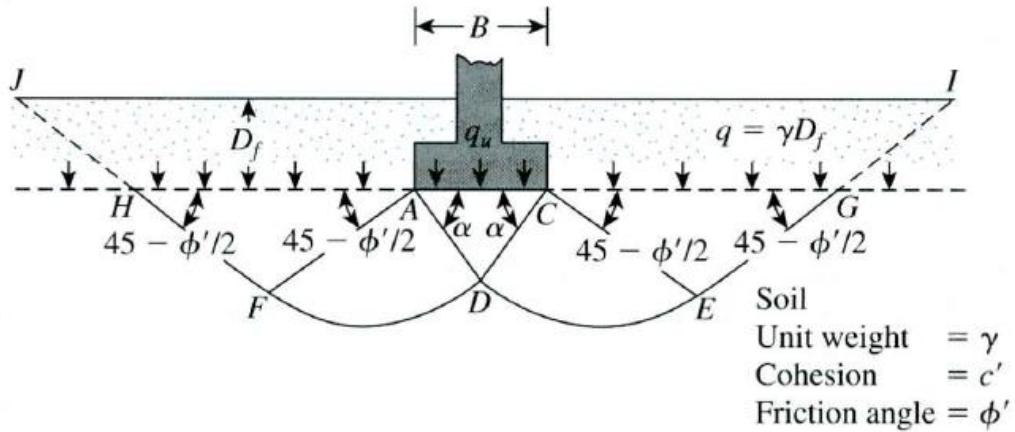
Macam tanah	Daya dukung ijin (kg/m^2)	Keterangan
Kerikil padat/pasir bercampur kerikil padat	$> 6,0$	
Kerikil kepadatan sedang/pasir berkerikil kepadatan sedang	2-6	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Lebar pondasi $B > 1\text{m}$
Kerikil tak padat/pasir berkerikil tak padat	< 2	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Muka air tanah $> B$ dibawah dasar pondasi
Pasir padat	> 3	
Pasir kepadatan sedang	1-3	
Pasir tak padat	> 1	

Tabel 2.3 Estimasi nilai daya dukung tanah yang diijinkan untuk tanah non kohesif

2.6 Analisis Daya Dukung Tanah Datar

2.6.1 Metode Terzaghi

Metode Terzaghi (1943) merupakan teori awal yang ditemukan untuk menentukan daya dukung pondasi. Persamaan –persamaan yang dibuat dalam metode ini dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhannya. Persamaan – persamaan daya dukung Terzaghi dimaksudkan untuk pondasi-pondasi dangkal dimana $Df/B \leq 1$ dan berupa pondasi menerus dengan panjang tak hingga. Menurut Terzaghi, ketika pondasi dibebani, pada tanah tepat di bawah dasar pondasi terbentuk tiga zona geser sperti yang terlihat pada **Gambar 2.10** berikut :



Gambar 2.4 Zona Geser Berdasarkan Teori Terzaghi

Dimana ketiga zona itu terdiri atas :

1. Zona Triangular ACD yang berada tepat dibawah pondasi
2. Radial Shear Zone ADF dan CDE
3. Dua triangular Rankine Passive Zone AFH dan CEG

Persamaan daya dukung ultimit Terzaghi sebagai berikut :

$$q_u = cN_c + D_f \gamma Nq + 0.5 \gamma BN\gamma$$

Rumus 2.6

Keterangan :

C = Kohesi (kN/m^2)

D_f = Kedalam Pondasi (m)

γ = Berat Volume Tanah (kN/m^2)

B = Lebar Pondasi (m)

$N\gamma$ = Faktor daya dukung yang disebabkan oleh berat tanah yang merupakan fungsi dari sudut geser dalam tanah (ϕ)

N_c, N_q = Faktor daya dukung akibat pengaruh kohesi dan beban terbagi rata yang keduanya merupakan fungsi dari sudut geser dalam (ϕ)

Tabel 2.4 Terzaghi Factor Value



ϕ'	N_c	N_q	N_γ^*	ϕ'	N_c	N_q	N_γ^*
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

*From Kumbhojkar (1993)

(Cole, 2009) Menyebutkan bila Terzaghi membuat asumsi-asumsi saat membuat teorinya, yaitu :

- Pondasi yang digunakan adalah pondasi menerus
- Massa tanah dibawah pondasi telah digantikan oleh beban ekuivalen
- Kekuatan geser tanah diatas pondasi diabaikan
- Tebal tanah yang bergeser mengikuti pondasi adalah gerakan elastis
- Bagian bawah pondasi adalah kasar sehingga membuat pondasi tidak bergerak secara horizontal.



2.6.2 Metode Mayerhof

Analisis daya dukung berdasarkan teori mayerhof merupakan salah satu analisis tentang daya dukung yang sedikit berbeda dengan teori lainnya. Mayerhof (1963) memberikan persamaan untuk daya dukung pondasi dengan mempertimbangkan bentuk pondasi, eksentrisitas beban, kemiringan beban, dan kuat geser tanah diatas dasar pondasinya yang dijelaskan dalam rumus persamaan daya dukung ultimit Mayerhof sebagai berikut :

$$q_u = cN_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + D_f \cdot \gamma \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_g \cdot F_{ys} \cdot F_{yd} \cdot F_{yi}$$

(2-4)

dengan :

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| F_{cs}, F_{qs}, F_{ys} | = Faktor bentuk pondasi |
| F_{cd}, F_{qd}, F_{yd} | = Faktor kedalaman pondasi |
| F_{ci}, F_{qi}, F_{yi} | = Faktor kemiringan beban |

Selain kedua metode yang sudah dijelaskan diatas, masih ada teori daya dukung pondasi pada tanah datar juga dikembangkan oleh peneliti – peneliti lain seperti Skempton (1951), Hansen (1961) dan Vesic (1973).



Tabel 2.5 Perbandingan Nilai Faktor Meyerhof

ϕ'	N_c	N_q	N_γ	ϕ'	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1.00	0.00	26	22.25	11.85	12.54
1	5.38	1.09	0.07	27	23.94	13.20	14.47
2	5.63	1.20	0.15	28	25.80	14.72	16.72
3	5.90	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.40	22.40
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.99
6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22
7	7.16	1.88	0.71	33	38.64	26.09	35.19
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.30	48.03
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31
11	8.80	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19
12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03
13	9.81	3.26	1.97	39	67.87	55.96	92.25
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.20	109.41
15	10.98	3.94	2.65	41	83.86	73.90	130.22
16	11.63	4.34	3.06	42	93.71	85.38	155.55
17	12.34	4.77	3.53	43	105.11	99.02	186.54
18	13.10	5.26	4.07	44	118.37	115.31	224.64
19	13.93	5.80	4.68	45	133.88	134.88	271.76
20	14.83	6.40	5.39	46	152.10	158.51	330.35
21	15.82	7.07	6.20	47	173.64	187.21	403.67
22	16.88	7.82	7.13	48	199.26	222.31	496.01
23	18.05	8.66	8.20	49	229.93	265.51	613.16
24	19.32	9.60	9.44	50	266.89	319.07	762.89
25	20.72	10.66	10.88				



2.6.2.1 Faktor bentuk, kedalaman, dan kemiringan beban

Tabel 2.6 Faktor bentuk, kedalaman, dan krmiringan beban

Shape, Depth and Inclination Factors (DeBeer (1970); Hansen (1970); Meyerhof (1963); Meyerhof and Hanna (1981))

Factor	Relationship	Reference
Shape	$F_{cr} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \left(\frac{N_g}{N_c}\right)$ $F_{qr} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi'$ $F_{\gamma d} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L}\right)$	DeBeer (1970)
Depth	$\frac{D_f}{B} \leq 1$ <p>For $\phi = 0$:</p> $F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B}\right)$ $F_{qd} = 1$ $F_{\gamma d} = 1$ <p>For $\phi' > 0$:</p> $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \left(\frac{D_f}{B}\right)$ $F_{\gamma d} = 1$ $\frac{D_f}{B} > 1$ <p>For $\phi = 0$:</p> $F_{cd} = 1 + 0.4 \underbrace{\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)}_{\text{radius}}$ $F_{qd} = 1$ $F_{\gamma d} = 1$ <p>For $\phi' > 0$:</p> $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \underbrace{\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)}_{\text{radius}}$ $F_{\gamma d} = 1$	Hansen (1970)
Inclination	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ}\right)^2$ $F_{ri} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi}\right)$ <p>β – inclination of the load on the foundation with respect to the vertical</p>	Meyerhof (1963); Hanna and Meyerhof (1981)

2.6.3 Metode Hansen

Hansen (1940) merumuskan kasus daya dukung umum dan factor N yang ditunjukkan pada table 2.7. Rumus yang digunakan oleh Hansen mirip dengan yang telah dirumuskan oleh Meyerhof. Rumus Hansen memperbolehkan segala rasio D/B dan dapat digunakan untuk kedua jenis pondasi dalam atau dangkal.

Tabel 2.7 Faktor Kedalaman dan bentuk yang digunakan oleh Hansen

$d_c = 1 + 0.4 \frac{D}{B}$ $d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D}{B}$	$\left. \begin{array}{l} d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{D}{B} \\ d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \frac{D}{B} \end{array} \right\} \frac{D}{B} \leq 1$
	$\left. \begin{array}{l} d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{D}{B} \\ d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \frac{D}{B} \end{array} \right\} \frac{D}{B} > 1$

Shape and depth factors for use in either the Hansen (1970) or Vesić (1973, 1975b) bearing-capacity equations of Table 4-1. Use s'_c , d'_c when $\phi = 0$ only for Hansen equations. Subscripts H, V for Hansen, Vesić, respectively.

Shape factors	Depth factors
$s'_{c(H)} = 0.2 \frac{B'}{L'} \quad (\phi = 0^\circ)$	$d'_c = 0.4k \quad (\phi = 0^\circ)$
$s_c(H) = 1.0 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$	$d_c = 1.0 + 0.4k$ $k = D/B$ for $D/B \leq 1$
$s_c(V) = 1.0 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B}{L}$	$k = \tan^{-1}(D/B)$ for $D/B > 1$ k in radians
$s_c = 1.0$ for strip	
$s_{q(H)} = 1.0 + \frac{B'}{L'} \sin \phi$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$
$s_{q(V)} = 1.0 + \frac{B}{L} \tan \phi$	k defined above for all ϕ
$s_{\gamma(H)} = 1.0 - 0.4 \frac{B'}{L'} \geq 0.6$	$d_\gamma = 1.00 \quad$ for all ϕ
$s_{\gamma(V)} = 1.0 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6$	

Notes:

1. Note use of "effective" base dimensions B' , L' by Hansen but not by Vesić.
2. The values above are consistent with either a vertical load or a vertical load accompanied by a horizontal load H_B .
3. With a vertical load and a load H_L (and either $H_B = 0$ or $H_B > 0$) you may have to compute two sets of shape s_i and d_i as $s_{i,H}$, $s_{i,V}$ and $d_{i,H}$, $d_{i,V}$. For i , L subscripts of Eq. (4-2), presented in Sec. 4-6, use ratio L'/B' or D/L' .



Tabel 2.8 Faktor Kemiringan dan dasar tanah Rumus Hansen

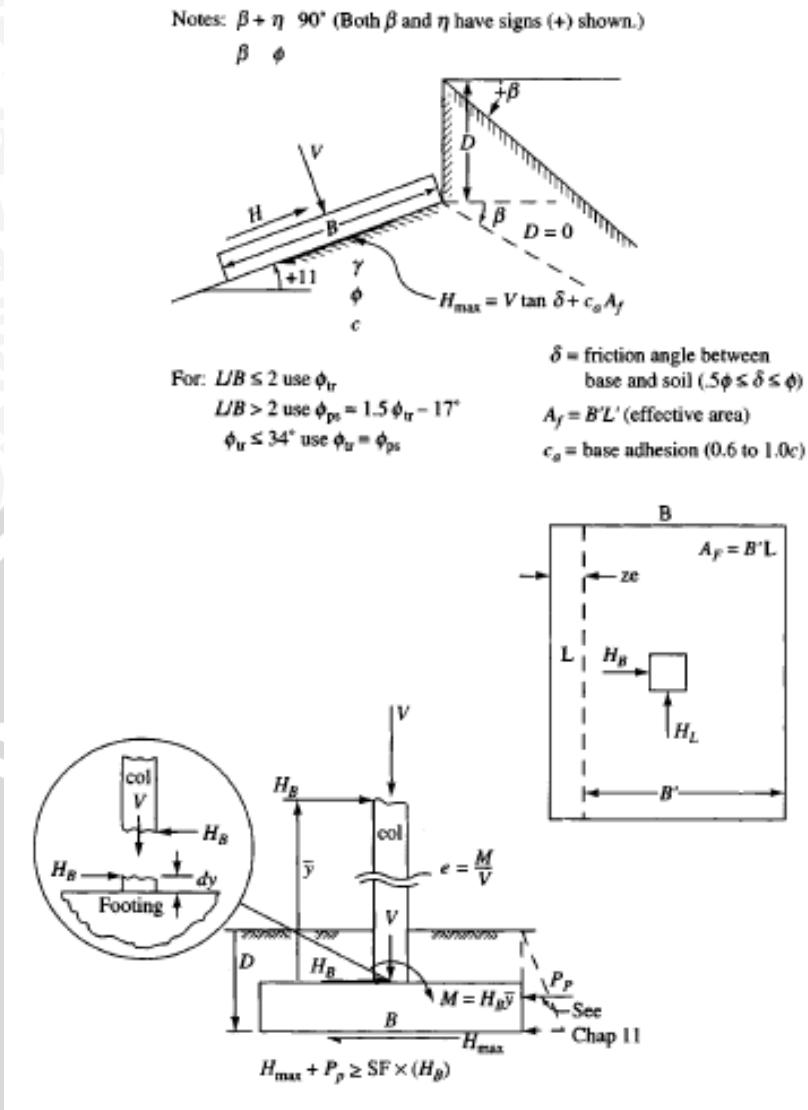
Table of inclination, ground, and base factors for the Hansen (1970) equations. See Table 4-5c for equivalent Vesic equations.

Inclination factors	Ground factors (base on slope)
$i'_c = 0.5 - \sqrt{1 - \frac{H_i}{A_f C_a}}$	$g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	$g_c = 1.0 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$i_q = \left[1 - \frac{0.5 H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_1}$ $2 \leq \alpha_1 \leq 5$	$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$
Base factors (tilted base)	
$i_\gamma = \left[1 - \frac{0.7 H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_2}$ $2 \leq \alpha_2 \leq 5$	$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi = 0)$ $b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi > 0)$ $b_q = \exp(-2\eta \tan \phi)$ $b_\gamma = \exp(-2.7\eta \tan \phi)$ η in radians

Notes:

1. Use H_i as either H_B or H_L , or both if $H_L > 0$.
2. Hansen (1970) did not give an i_c for $\phi > 0$. The value above is from Hansen (1961) and also used by Vesic.
3. Variable c_a = base adhesion, on the order of 0.6 to 1.0 \times base cohesion.
4. Refer to sketch for identification of angles η and β , footing depth D , location of H_i (parallel and at top of base slab; usually also produces eccentricity). Especially note V = force *normal* to base and is not the resultant R from combining V and H_i .





Gambar 2.5 Notasi Rumus Hansen

2.6.4 Metode Vesic

Rumus dari Vesic dasarnya sama seperti rumus dari Hansen dengan beberapa perubahan. Faktor N_c dan N_q dipakai sama dengan Hansen, namun N_γ adalah berbeda, ada perbedaan dalam i_i , b_i , dan g_i seperti ditunjukkan pada table 2.8. Rumus Vesic lebih sederhana dan lebih mudah dipakai daripada rumus Hansen karen Hansen menggunakan faktor i dalam menghitung faktor bentuk, dimana Vesic tidak menggunakannya.

Tabel 2.9 Faktor Kedalaman Bentuk Rumus Vesic

Table of inclination, ground, and base factors for the Vesic (1973, 1975b) bearing-capacity equations. See notes below and refer to sketch for identification of terms.

Inclination factors	Ground factors (base on slope)
$i_c' = 1 - \frac{mH_i}{A_f c_s N_c} \quad (\phi = 0)$	$g_c' = \frac{\beta}{5.14} \quad \beta \text{ in radians}$
$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1} \quad (\phi > 0)$	$g_c = i_q - \frac{1 - i_q}{5.14 \tan \phi} \quad \phi > 0$
i_q , and m defined below	i_q defined with i_c
$i_q = \left[1.0 - \frac{H_i}{V + A_f c_s \cot \phi} \right]^n$	$g_q = g_\gamma = (1.0 - \tan \beta)^2$
Base factors (tilted base)	
$i_\gamma = \left[1.0 - \frac{H_i}{V + A_f c_s \cot \phi} \right]^{n+1}$	$b_c' = g_c' \quad (\phi = 0)$
$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$	$b_c = 1 - \frac{2\beta}{5.14 \tan \phi}$
$m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B}$	$b_q = b_\gamma = (1.0 - \eta \tan \phi)^2$

Notes:

1. When $\phi = 0$ (and $\beta \neq 0$) use $N_\gamma = -2 \sin(\pm \beta)$ in N_γ term.
2. Compute $m = m_B$ when $H_i = H_B$ (H parallel to B) and $m = m_L$ when $H_i = H_L$ (H parallel to L). If you have both H_B and H_L use $m = \sqrt{m_B^2 + m_L^2}$. Note use of B and L , not B' , L' .
3. Refer to Table sketch and Tables 4-5a,b for term identification.
4. Terms N_c , N_q , and N_γ are identified in Table 4-1.
5. Vesic always uses the bearing-capacity equation given in Table 4-1 (uses B' in the N_γ term even when $H_i = H_L$).
6. H_i term ≈ 1.0 for computing i_q , i_γ (always).



2.6.5 Kelebihan Masing-masing rumus daya dukung

Tabel 2.10 Kelebihan masing-masing rumus daya dukung

Perumusan	Cocok Untuk
Terzaghi	Pondasi dengan $D/B \leq 1.0$ yg menumpu pada lempung sangat kohesif. Daya dukung dapat dihitung relatif lebih cepat dibanding metode yang lain.
Hansen, Meyerhof, Vesic	Pondasi secara umum, tergantung kebiasaan dan preferensi pengguna karena memperhitungkan semua faktor koreksi (bentuk, eksentriskitas, kedalaman, dan kemiringan).
Hansen, Vesic	Pondasi yang dasarnya di letakkan miring; Pondasi yang diletakkan di lereng (<i>slope</i>). Pondasi dengan $D/B > 1.0$.

2.7 Analisis Daya Dukung pada Lereng Tanpa Perkuatan

Banyak penemuan yang dilakukan oleh para peneliti untuk menganalisis daya dukung dari sebuah lereng tanpa perkuatan dengan menggunakan metode analitik seperti yang digunakan oleh F.Castelli et al (2010), Zongyuan Ma, Kunitomo Narita et al (1990), Osamu Kusakabe et al (1981) dan Ching-Chuan Huang (2008). Metode analitik tersebut memasukkan faktor reduksi akibat adanya lereng pada rumus daya dukung dan menggambarkan bidang keruntuhan. Pada penelitian yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung pondasi pada lereng tanpa perkuatan atas pengaruh variasi sudut dan faktor bentuk dan jarak pondasi ini digunakan metode Hansen, Vesic, Mayerhof (1957) dan metode Shields (1990) yang lebih mudah untuk diterapkan.

2.7.1 Metode Shields

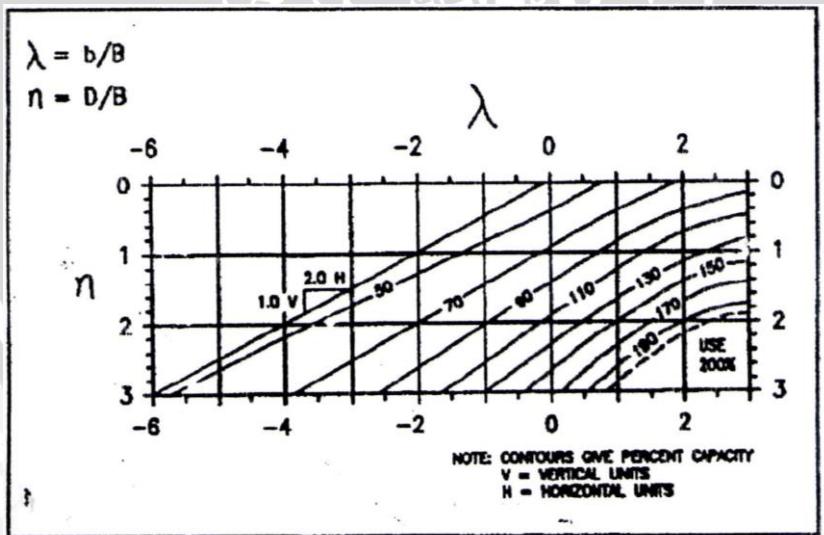
Shield bersama dengan peneliti lainnya telah mencoba melakukan penelitian terhadap faktor daya dukung N_yq untuk sebuah pondasi pada lereng yang memiliki sudut geser yang rendah. Pada penelitian yang dilakukan oleh Shields ia menggunakan pemodelan box pasir berukuran besar dengan panjang 15 m dan lebar 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 Shield melaporkan prosentase daya dukung tanah datar yang ia temukan dengan menggunakan persamaan Gemperline untuk menghitung nilai N_yq dan menggunakan persamaan daya dukung Mayerhof untuk tanah datar. Adapun persamaan Gemperline adalah sebagai berikut :

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

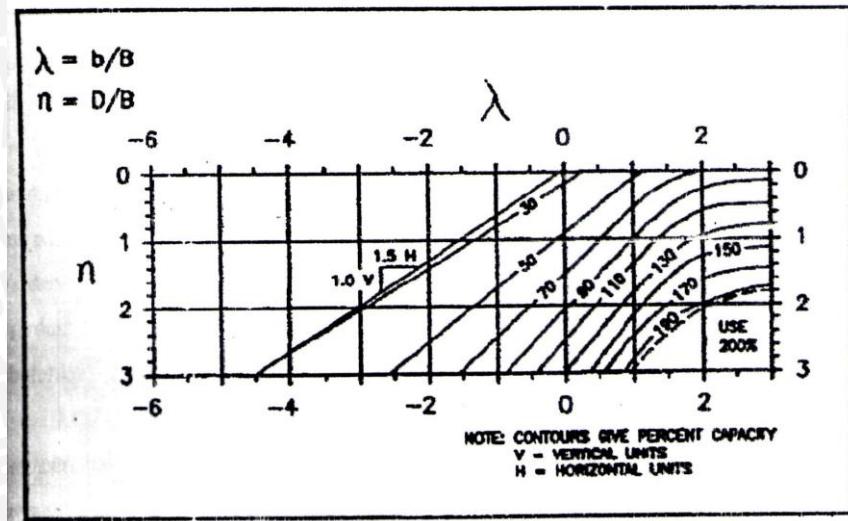
Dengan :

- Φ = sudut geser dalam tanah ($^{\circ}$)
- β = sudut kemiringan lereng ($^{\circ}$)
- B = lebar pondasi (inchi)
- D = kedalaman pondasi (inchi)
- L = panjang pondasi (inchi)
- b = jarak pondasi kepuncak lereng (inchi)
- f_{Φ} = $10^{(0,1159\Phi - 2,386)}$
- f_B = $10^{(0,34 - 0,2 \log B)}$
- $f_{D/B}$ = $1 + 0,65(D/B)$
- $f_{B/L}$ = $1 - 0,27(B/L)$
- $f_{D/B, B/L}$ = $1 + 0,39(D/L)$
- $f_{\beta, b/B}$ = $1 - 0,8[1 - (1 - \tan \beta)^2]\{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$
- $f_{\beta, b/D, D/B}$ = $1 + 0,6(B/L)[1 - (1 - \tan \beta)^2]\{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$
- $f_{\beta, b/B, B/L}$ = $1 + 0,33(D/B) \tan \beta \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\}$

Prosentase daya dukung tanah yang diperoleh oleh Shield terdapat dalam **Gambar berikut :**



Gambar 2.6 Grafik Prosentase Daya Dukung Tanah Datar Untuk Lereng Dengan Kemiringan 2:1



Gambar 2.7 Grafik Prosentase Daya Dukung Tanah Datar Untuk Lereng Dengan kemiringan 1,5 : 1

$$q_u = Q_u / B_f' L_f' = c' N_c \zeta_{cs} \zeta_{ci} \zeta_{ct} \zeta_{cg} + 0.5 B_f' \gamma_s' N_\gamma \zeta_{ys} \zeta_{yi} \zeta_{yt} \zeta_{yg} + q N_q \zeta_{qs} \zeta_{qi} \zeta_{qt} \zeta_{qg}$$

Dengan :

N_c, N_γ, N_q = faktor daya dukung Q_u = beban ultimit

q = tekanan overburden B_f = lebar pondasi

c' = kohesi efektif

γ_s' = berat isi efektif tanah

L_f = panjang pondasi

$B_f' = B_f - 2eB$

$L_f' = L_f - 2eL$

eL = beban eksentris pada panjang pondasi

eB = beban eksentris pada lebar pondasi

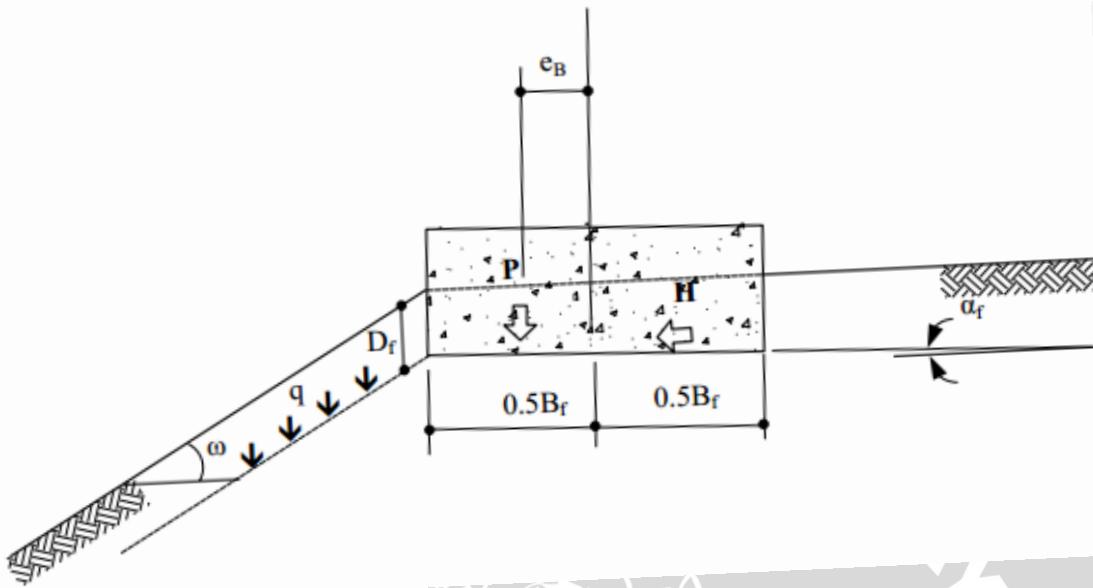
$\zeta_{cs}, \zeta_{ys}, \zeta_{qs}$ = faktor bentuk pondasi

$\zeta_{ci}, \zeta_{yi}, \zeta_{qi}$ = faktor kemiringan pondasi

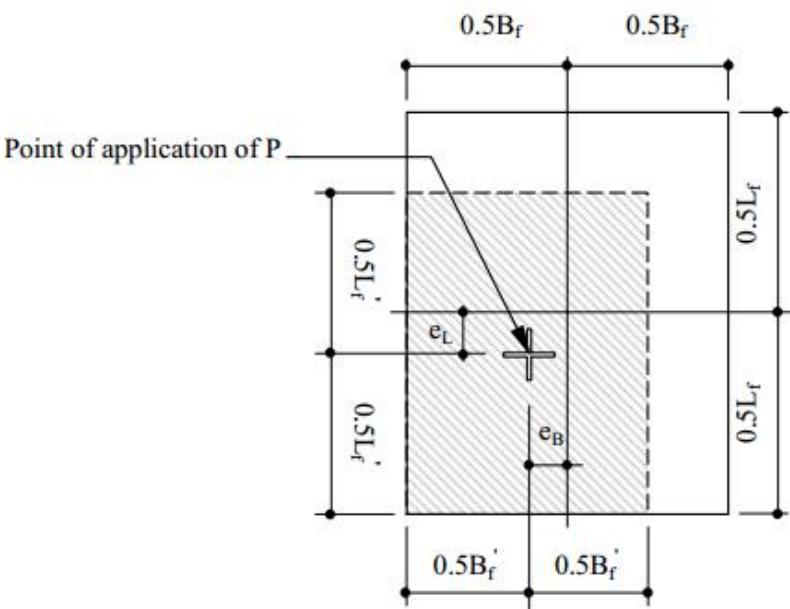
$\zeta_{cg}, \zeta_{yg}, \zeta_{qg}$ = faktor kemiringan permukaan tanah

$\zeta_{ct}, \zeta_{yt}, \zeta_{qt}$ = faktor kemiringan alas

Berikut pembebatan pada pondasi dan dimensi efektif pada dasar pondasi



Gambar 2.8 pembebangan pada pondasi



Gambar 2.9 Dimensi efektif pada dasar pondasi

2.7.2 Metode GEO

Adapun nilai faktor daya dukung dapat diperoleh dengan menggunakan rumus-rumus yang terdapat pada table berikut:

Parameters	$c' - \phi'$ soil	For undrained condition ($\phi = 0$)
Bearing capacity factors	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$ $N_q = 2(N_q + 1) \tan \phi'$ $N_q = e^{z \tan \phi'} \tan^2(45^\circ + \frac{\phi'}{2})$	$N_c = 2 + \pi$ $N_q = 0$ $N_q = 1$
Shape factors	$\zeta_{ax} = 1 + \frac{B_f N_a}{L_f N_c}$ $\zeta_{ap} = 1 - 0.4 \frac{B_f}{L_f}$ $\zeta_{af} = 1 + \frac{B_f}{L_f} \tan \phi'$	$\zeta_{ax} = 1 + 0.2 \frac{B_f}{L_f}$ $\zeta_{ap} = 1$
Inclination factors	$\zeta_{ai} = \zeta_{af} = \frac{1 + \zeta_{af}}{N_c \tan \phi'}$ $\zeta_{qi} = \left(1 - \frac{H}{P + B_f L_f c' \cot \phi'}\right)^{m_i+1}$ $\zeta_{qi} = \left(1 - \frac{H}{P + B_f L_f c' \cot \phi'}\right)^m$	$\zeta_{ai} = 0.5 + 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{c' B_f / L_f}}$ $\zeta_{af} = 1$
Tilt factors	$\zeta_{at} = \zeta_{af} = \frac{1 + \zeta_{af}}{N_c \tan \phi'}$ $\zeta_{pt} = (1 - \alpha_t \tan \phi')^2 \text{ for } \alpha_t < 45^\circ$ $\zeta_{pt} \approx \zeta_{qi}$	$\zeta_{at} = 1 - \frac{2\alpha_t}{\pi + 2}$ $\zeta_{pt} = 1$
Ground sloping factors	$\zeta_{sg} = e^{-2\omega \tan \phi'}$ $\zeta_{sg} \approx \zeta_{qi}$ $\zeta_{sg} = (1 - \tan \omega)^2 \text{ for } \omega \leq 45^\circ$ $\zeta_{sg} = 0 \text{ for } \omega > 45^\circ$	$\zeta_{sg} = 1 - \frac{2\omega}{\pi + 2}$ $\zeta_{sg} = 1$

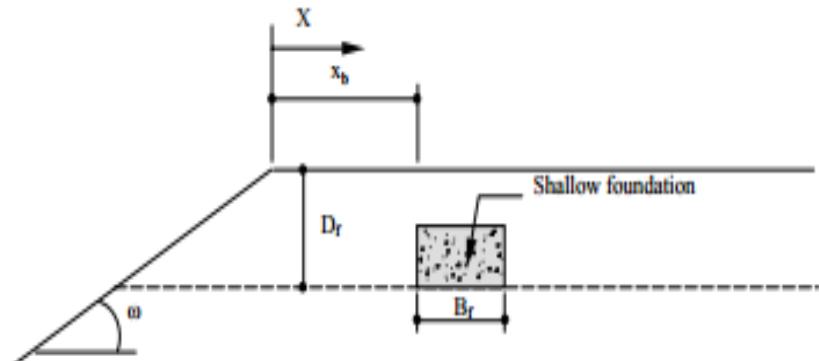
where B_f and L_f = dimensions of the footing
 B'_f and L'_f = effective dimensions of the footing
 P and H = vertical and horizontal component of the applied load
 ϕ' = angle of shearing resistance
 D_f = depth from ground surface to the base of shallow foundation
 α_t = inclination of the base of the footing
 ω = sloping inclination in front of the footing

$$m_i = \frac{2 + \frac{B_f}{L_f}}{1 + \frac{B_f}{L_f}} \quad \text{load inclination along dimension } B'_f; \quad m_i = \frac{2 + \frac{L_f}{B'_f}}{1 + \frac{L_f}{B'_f}} \quad \text{load inclination along dimension } L'_f$$

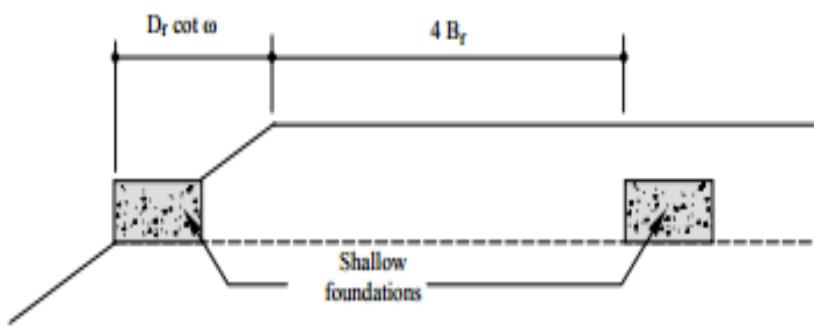
Tabel 2.11 Faktor Daya Dukung GEO 1993

Untuk menentukan nilai daya dukung pondasi yang terletak di dekat puncak lereng dapat digunakan cara interpolasi linear antara nilai daya dukung pondasi yang terletak di puncak lereng ($b = 0$) dengan nilai daya dukung pondasi yang terletak pada jarak lebih besar atau sama dengan empat kali lebar pondasi ($b \geq 4B$) dari puncak

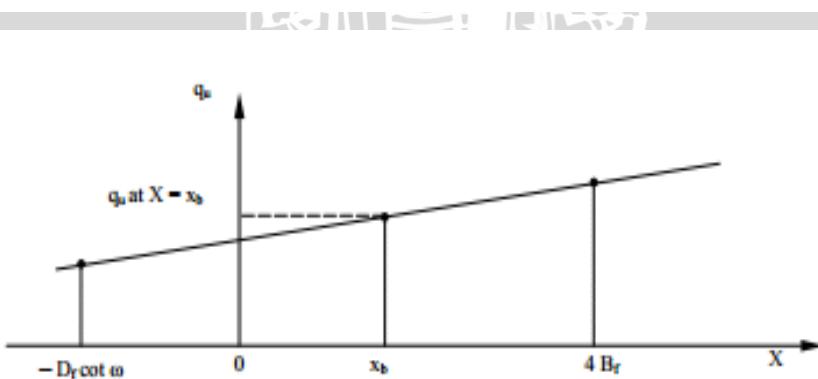
lereng. Apabila jarak pondasi dari permukaan yang miring lebih besar atau sama dengan empat kali lebar pondasi ($b \geq 4B_f$), maka menggunakan analisis daya dukung di tanah datar.



(a) Foundation at a Distance of x_b from Slope Crest



(b) Foundations at the Edge of Slope and at a Distance of $4B_f$ from Slope Crest



(c) Linear Interpolation of Ultimate Bearing Capacity of Foundation Near a Slope Crest

Gambar 2.10 Prosedur Interpolasi Linear untuk Menentukan Daya Dukung Ultimit Pondasi yang Terletak di Dekat Puncak Lereng

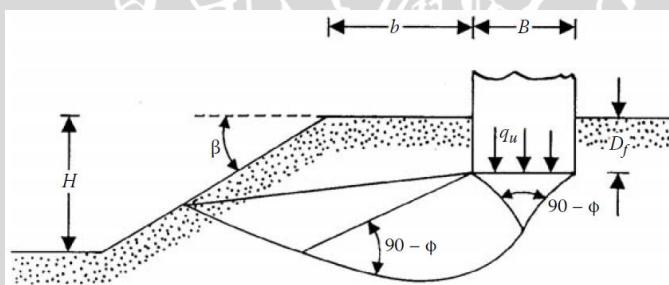
Berikut persamaan interpolasi linier :

$$\frac{g(x) - g(x_{n-1})}{g(x_n) - g(x_{n-1})} = \frac{x - x_{n-1}}{x_n - x_{n-1}}$$

2.7.3 Metode Mayerhof

Dalam teori nya Mayerhof menyarankan persamaan daya dukung dengan mempertimbangkan bentuk pondasi, kemiringan beban dan kuat geser tanah di atas dasar pondasi. Apa yg disarankan oleh Mayerhof ini cukup bermanfaat dalam menjawab tantangan dalam permasalahan geoteknik saat ini, yaitu masalah penempatan pondasi yang berada dekat atau bahkan berada diatas sebuah lereng.

Teori dan metode yang disampaikan oleh Mayerhof ini mengkombinasikan daya dukung dengan teori stabilitas lereng untuk mencari nilai daya dukung tanah dibawah pondasi yang berlokasi diatas lereng. Berkaitan dengan metode yang dikembangkan oleh Mayerhof, dia mengembangkan sebuah teori dengan variasi N_{cq} untuk tanah kohesif ($\phi = 0$) dan $N_{\gamma q}$ untuk tanah berpasir ($c=0$). Pola keruntuhan pondasi pada lereng menurut Mayerhof dapat dilihat pada **Gambar** berikut :



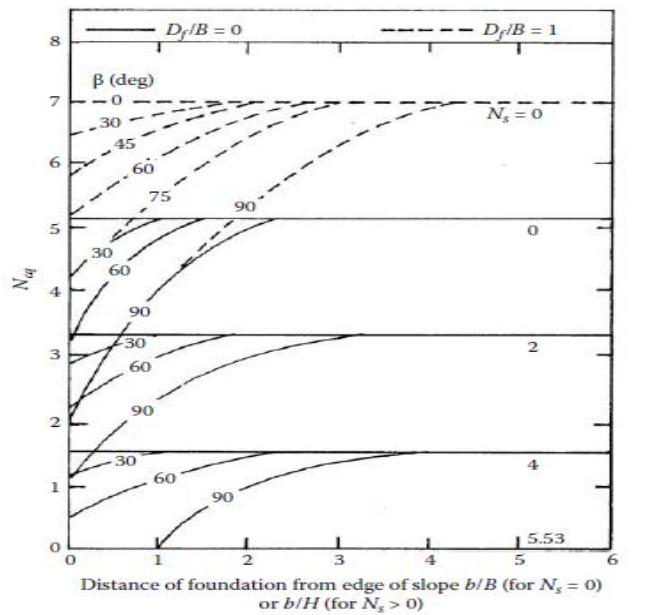
Gambar 2.11 Pola Keruntuhan Pondasi di atas lereng menurut Mayerhof

Berdasarkan pada **Gambar** diatas dapat diterangkan bahwa ketika pondasi diletakkan di atas lereng dan dibebani hingga mengalami keruntuhan , zona plastis tanah di bagian lereng menjadi lebih kecil jika dibandingkan dengan pondasi yang diletakkan pada tanah datar (*plain ground*) dan daya dukung ultimit akan menurun.

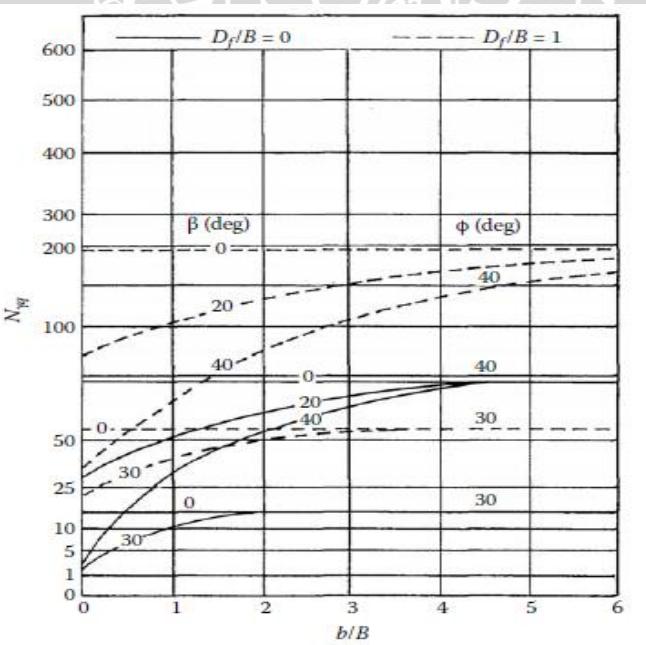
Rumus daya dukung pondasi pada lereng yang diperkenalkan oleh Mayerhof adalah sebagai berikut :

$$q_u = cN_{cq} + 0,5 \cdot \gamma B \cdot N_{\gamma q}$$

Dengan N_{cq} dan $N_{\gamma q}$ adalah faktor daya dukung yang tergantung pada β (sudut kemiringan lereng), ϕ (sudut geser dalam) dan D_f/B (ratio kedalaman dan lebar pondasi). Nilai dari N_{cq} dan $N_{\gamma q}$ dapat diperoleh dari **Gambar** berikut :



Gambar 2.12 Grafik Nilai N_{cq}



Gambar 2.13 Grafik Nilai $N_{\gamma q}$

Selain dari grafik, nilai-nilai tersebut juga dapat dicari dari Tabel nilai N_{cq} dan $N_{\gamma q}$ berikut ini :

Tabel 2.12 Tabel nilai Ncq

Meyerhof meth A—cohesive soils ($\phi = 0$)			Bearing capacity factors near slopes										
DB	N _c	Z, deg	Z	N _q									b/B or b/H
				0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	
0	0	0	18.4	3H-IV	4.55	4.90	5.12	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
			21.8	2.5H-IV	4.44	4.80	5.12	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
			26.6	2H-IV	4.29	4.79	5.11	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
			30		4.18	4.75	5.11	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
			33.7	1.5H-IV	4.04	4.60	5.07	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
			45		3.98	4.66	4.82	5.12	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
			60		3.93	4.60	4.82	5.12	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
			90		1.93	3.00	3.90	4.58	5.00	5.14	5.14	5.14	5.14
2	0	0	18.4	3H-IV	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
			21.8	2.5H-IV	3.03	3.21	3.32	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
			26.6	2H-IV	2.97	3.18	3.32	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
			30		2.92	3.10	3.32	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
			33.7	1.5H-IV	2.83	3.09	3.28	3.32	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
			45		2.16	2.62	3.00	3.22	3.32	3.33	3.33	3.33	3.33
			60		1.04	1.71	2.23	2.65	2.97	3.14	3.27	3.33	3.33
			90		0.52	0.83	1.10	1.30	1.42	1.50	1.50	1.50	1.50
4	0	0	18.4	3H-IV	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
			21.8	2.5H-IV	1.32	1.43	1.49	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
			26.6	2H-IV	1.29	1.42	1.49	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
			30		1.20	1.39	1.48	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
			33.7	1.5H-IV	1.12	1.32	1.43	1.48	1.49	1.50	1.50	1.50	1.50
			45		0.52	0.83	1.10	1.30	1.42	1.50	1.50	1.50	1.50
			60		0.32	0.48	0.63	0.70	0.78	1.21	1.33	1.41	1.48
			90		0.15	0.20	0.30	0.36	0.40	1.21	1.33	1.41	1.48
1	0	0	18.4	3H-IV	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
			21.8	2.5H-IV	6.50	6.68	6.82	6.94	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
			26.6	2H-IV	6.35	6.57	6.75	6.90	6.98	7.00	7.00	7.00	7.00
			30		6.21	6.46	6.68	6.86	6.96	7.00	7.00	7.00	7.00
			33.7	1.5H-IV	6.01	6.31	6.50	6.81	6.94	7.00	7.00	7.00	7.00
			45		5.86	6.20	6.32	6.77	6.92	7.00	7.00	7.00	7.00
			60		5.68	6.04	6.40	6.60	6.87	6.98	7.00	7.00	7.00
			90		4.11	4.80	5.44	5.96	6.41	6.74	6.98	7.00	7.00

Tabel 2.13 Tabel nilai $N_{\gamma q}$

Meyerhof method—cohesionless soils				Bearing capacity factors near slopes							
β , deg	D/B	β , deg	Z	N_q							
				b/B							
				0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00
30	0	0		15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
	18.4	3H:17		7.0	8.3	9.8	11.3	12.2	13.8	14.1	15.0
	21.8	2.5H:1V		5.6	7.0	8.8	10.6	11.7	13.5	14.3	15.0
	26.6	2H:17		3.5	5.2	7.5	9.7	11.0	13.2	14.1	15.0
	30			2.0	4.0	6.5	9.0	10.5	13.0	14.0	15.0
1	0	0		57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
	18.4	3H:17		36.1	39.2	41.7	43.5	46.0	49.0	52.1	54.5
	21.8	2.5H:1V		32.3	35.9	38.8	41.0	43.9	47.6	51.2	54.1
	26.6	2H:17		26.9	31.3	34.8	37.5	41.0	45.5	49.9	53.5
	30			23.0	28.0	32.0	35.0	39.0	44.0	49.0	53.0
40	0	0		92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0
	18.4	3H:17		36.8	41.4	46.0	51.5	56.1	64.4	71.8	82.8
	21.8	2.5H:1V		32.0	37.0	42.0	48.0	53.0	62.0	70.0	82.0
	26.6	2H:17		22.4	28.4	34.4	40.7	46.4	57.1	65.7	79.7
	33.7	1.5H:1V		12.0	19.2	26.2	32.9	39.3	51.7	61.1	77.2
	40			2.8	11.0	19.0	26.0	33.0	47.0	57.0	75.0
1	0	0		240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0
	18.4	3H:17		133.3	140.6	148.0	154.4	159.0	171.9	182.0	200.4
	21.8	2.5H:1V		124.0	132.0	140.0	147.0	152.0	166.0	177.0	197.0
	26.6	2H:17		95.3	104.3	113.3	121.6	128.9	145.9	159.5	183.8
	33.7	1.5H:1V		64.4	74.5	84.5	94.3	104.1	124.2	140.7	169.6
	40			37.0	48.0	59.0	70.0	82.0	105.0	124.0	157.0

2.7.4 Metode Hansen

Persamaan yang dikembangkan oleh Hansen (1970) menunjukkan hasil temuan teoritis maupun eksperimental baik yang didapatkan maupun kontribusi dari penelitian sebelumnya seperti yang dilakukan Terzaghi. Dalam persamaan yang dikembangkan oleh Hansen memperhatikan pengaruh-pengaruh bentuk pondasi, kedalaman, kemiringan beban, kemiringan dasar dan kemiringan permukaan tanah.

$$q_u = c N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_g \cdot s_g \cdot d_g \cdot i_g \cdot g_g \cdot b_g$$



Keterangan :

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 (45 + \frac{\phi}{2})$$

s_c, s_q, s_γ = faktor bentuk pondasi

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

d_c, d_q, d_γ = faktor kedalaman

$$N_\gamma = 1.5 (N_q - 1) \tan \phi$$

i_c, i_q, i_γ = faktor kemiringan beban

g_c, g_q, g_γ = faktor kemiringan permukaan tanah

b_c, b_q, b_γ = faktor kemiringan alas

Teori Hansen menjelaskan bahwa untuk kasus pondasi yang terletak diatas lereng, maka faktor yang sangat berpengaruh adalah faktor kemiringan permukaan tanah. Penentuan nilai daya dukung pondasi yang terletak didekat puncak lereng dapat digunakan cara interpolasi linier.

2.7.5 Metode Vesic

Vesic (1975) menyarankan persamaan daya dukung pada prinsipnya sama dengan Terzaghi, hanya persamaan faktor daya dukung yang berbeda. Persamaan Vesic secara umum sama dengan Hansen yaitu memberikan pengaruh – pengaruh kedalaman, bentuk pondasi, kemiringan dan eksentrisitas beban, kemiringan dasar dan kemiringan muka tanah. Namun perbedaan antara metode Vesic dan Hansen adalah pada faktor N_γ yang didapat dari rumus berikut :

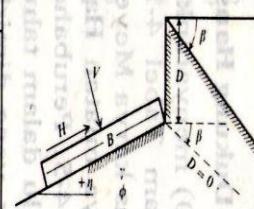
$$N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan \phi$$

Nilai faktor bentuk pondasi, kedalaman,kemiringan dan eksentrisitas beban , kemiringan dasar dan kemiringan permukaan tanah juga dapat diperoleh dengan menggunakan rumus-rumus yang terdapat pada **Tabel 2.4** berikut :

Tabel 2.14 Rumus Vesic

Faktor-faktor bentuk, kedalaman, kemiringan, tanah dan alas untuk dipakai baik pada persamaan daya-dukung Hansen (1970) atau Vesic (1973) dari Tabel 4-1. Faktor-faktor itu diharapkan kepada metode manapun kecuali bila subskrip dengan (H) atau (V). Gunakanlah faktor-faktor primer pada waktu $\phi = 0$.

Faktor bentuk	Faktor kedalaman	Faktor kemiringan	Faktor tanah (alas pada lereng)
$s_c = 0,2 \cdot \frac{B}{L}$	$d'_c = 0,4k$	$i'_{c(H)} = 0,5 - 0,5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$	$g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$ untuk Vesic pakailah $N_\gamma = -2 \sin \beta$ 0 untuk $\phi = 0$.
$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B}{L}$	$d_c = 1 + 0,4k$	$i'_{q(V)} = 1 - \frac{mH}{A_f c_a N_c}$	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$s_c = 1$ untuk lajur.		$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$ (Hansen dan Vesic)	$g_{q(H)} = g_{\gamma(H)} = (1 - 0,5 \tan \beta)^5$
$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) k$	$i'_{q(H)} = \left(1 - \frac{0,5H}{V + A_f c_a \cot \phi}\right)^5$	$g_{q(V)} = g_{\gamma(V)} = (1 - \tan \beta)^2$
$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot \frac{B}{L}$	$d_\gamma = 1,00$ untuk semua ϕ	$i'_{q(V)} = \left(1 - \frac{H}{V + A_f c_a \cot \phi}\right)^m$	Faktor alas (alas miring)
	$k = \frac{D}{B}$ for $\frac{D}{B} \leq 1$		$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$
	$k = \tan^{-1} \frac{D}{B}$ for $\frac{D}{B} > 1$ (rad)		$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$
<p>Di mana A_f = luas telapak efektif $B' \times L'$ (lihat Gambar 4-4). c_a = perlekatan pada alas = kohesi atau suatu nilai yang menurun. D = kedalaman telapak dalam tanah (dipakai dengan B dan tidak dipakai pada B'). e_B, e_L = eksentrisitas beban terkait pada pusat dari daerah telapak. H = komponen horizontal pada beban telapak dengan $H \leq V \tan \delta + c_a A_f$ V = total beban vertikal pada telapak. β = kemiringan tanah yang menjauh dari alas dengan penurunan = (+). δ = sudut gesekan antara alas dan tanah—biasanya $\delta = \phi$ untuk beton pada tanah. η = sudut miring alas terhadap horizontal dengan (+) menaik sebagai kasus yang biasa.</p>			
<p>Umum:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Jangan memakai s_q terkombinasi dengan i_q 2. Dapat memakai s_q terkombinasi dengan d'_q, g_q dan b'_q 3. Untuk $L/B < 2$ pakailah ϕ_{ps} Untuk $L/B > 2$ pakailah $\phi_{ps} = 1,5 \phi_q - 17$ Untuk $\phi \leq 34^\circ$ pakailah $\phi_{ps} = \phi_q$ 			
<p>Note: $i_q, i_\gamma > 0$</p>			



$$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L} H \text{ sejajar terhadap } B$$

$$m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B} H \text{ sejajar terhadap } L$$

Catatan: $\beta + \eta \leq 90^\circ$
 $\beta \leq \phi$

3.1 Waktu dan Tempat

- Waktu : November 2012 sampai dengan Mei 2013
Tempat : Laboratorium Struktur dan Konstruksi Jurusan Sipil
Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah model lereng yang terbentuk dari tanah pasir. Tanah tersebut diberi symbol SP (*Poorly Graded Sand*) berdasarkan sistem *unified* (U.S.C.S.). Peralatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah:

- a. Peralatan untuk analisis saringan
 - ayakan saringan No.4,10, 20, 40, 60, 100 dan 200
 - timbangan digital
- b. Peralatan untuk analisis berat jenis tanah
 - labu ukur
 - kompor listrik
 - timbangan digital
- c. Peralatan uji geser langsung
 - alat uji geser langsung
 - ring untuk pengambilan sampel
- d. Peralatan uji elastisitas bahan
 - *proving ring* kapasitas 5 ton
 - *dial gauge*
- e. Pemeriksaan kepadatan dan pemeriksaan kadar air
 - *density ring*
 - timbangan digital



- cawan
- f. Peralatan pemedatan
- Proktor standar
- g. Peralatan uji pembebanan
- dongkrak hidrolik
- balok pembebangan
- proving ring kapasitas 5 ton
- *dial gauge*



(a) Saringan

(b) Timbangan digital

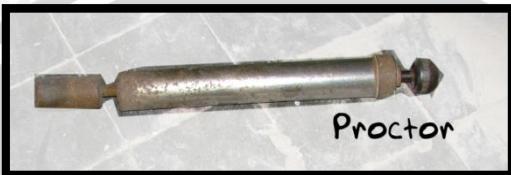
Gambar 3.1 Peralatan untuk analisa saringan

(a) Labu ukur

Gambar 3.2 Peralatan untuk analisa berat jenis tanah**Gambar 3.3** Peralatan uji geser langsung



Gambar 3.4 Density ring



Gambar 3.5 Peralatan pemedatan



(a) *Proving ring 5 ton* (b) *Dial gauge*



(c) *Hydraulic Jack*

Gambar 3.6 Peralatan uji pembebanan

3.3 Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

Pada percobaan ini dibuat 16 buah benda uji dengan 4 variasi jarak pondasi ke tepi lereng dan 4 variasi kedalaman pondasi dengan kepadatan tertentu. Pengulangan dilakukan dengan perlakuan yang sama apabila hasil dari pengujian benda uji terdapat penyimpangan.

3.4 Metode penelitian

3.4.1 Pengujian dasar

Uji dasar yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain :

- Pemeriksaan analisis saringan menurut ASTM C-136-46
- Pemeriksaan berat jenis butiran tanah mengikuti ASTM D-854-58
- Kepadatan standart (*Compaction*) mengikuti ASTM D-698-70
- Pemeriksaan kekuatan geser langsung (*Direct Shear*) menurut ASTM D-3080-72
- Pengujian modulus elastisitas

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 boks uji dengan volume $100 \times 100 \times 70 \text{ cm} = 700000 \text{ cm}^3 = 24,7 \text{ ft}^3$ yang dibagi dalam 7 lapisan dengan tinggi masing-masing lapisan 10 cm. pemasatan tersebut digunakan alat penumbuk *Standart Compaction* dengan spesifikasi berat 5,5 lb dan tinggi jatuh 1 ft. Jumlah tumbukan yang dilakukan sebanyak 160 kali. Jumlah tumbukan diambil berdasarkan hasil pengujian awal yang mencapai kepadatan tanah yang akan digunakan.

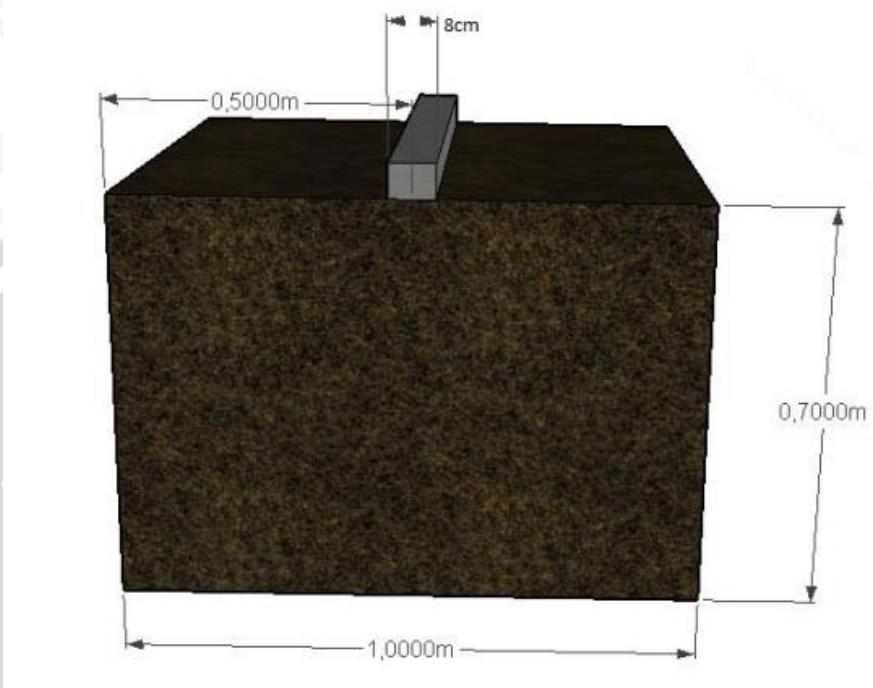
3.4.3 Model test

Pemodelan lereng yang dibuat di laboratorium dirancang menyerupai kondisi yang terdapat 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 model test :

- Mempersiapkan tanah pasir dengan gradasi halus sampai sedang
- Memasukkan perlapisan tanah ke dalam box dipadatkan setiap lapisan setinggi 10 cm dengan menggunakan alat *proctor*

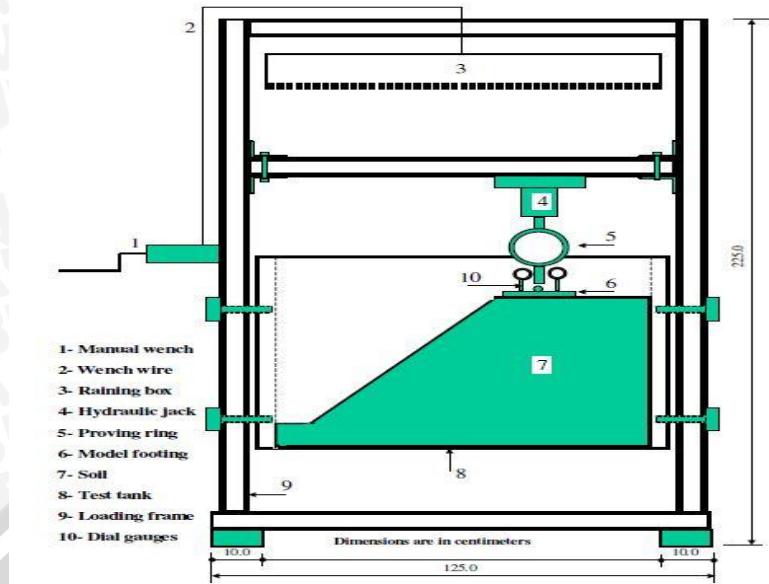
3. Memberikan beban pada bagian atas pondasi
4. Memberikan beban pada permukaan atas tanah datar secara bertahap
5. Melakukan pembacaan alat-alat uji pembebanan terhadap model test
6. Pengamatan dilakukan sampai model test sudah tidak dapat dibebani lagi

Adapun model benda uji yang akan di buat adalah sebagai berikut :



Gambar 3.7 Model Lereng Percobaan

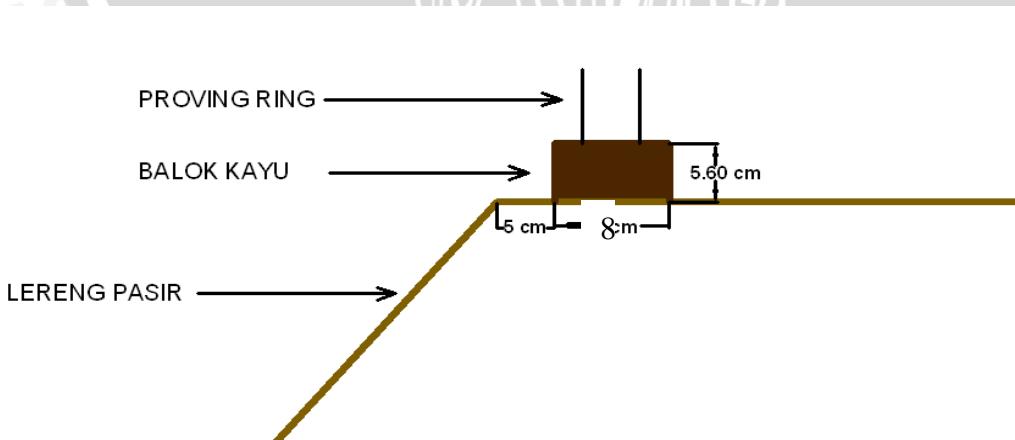
Elemen utama yang digunakan antara lain box, terbuat dari *fiber glass* dengan ukuran panjang 1,50 m, lebar 1,0 m dan tinggi box 1,00 m. Dasar box menggunakan pelat baja tebal 1,2 cm. Box dibuat cukup kaku dengan harapan agar dapat mempertahankan kondisi regangan bidang dengan memberikan perkuatan di sekeliling bagian tengah ke empat sisi fiberglass dengan menggunakan pelat siku baja 40.40.4. Penggunaan *fiber glass* diharapkan dapat digunakan supaya dapat diamati dan dilihat saat pelaksanaan. **Gambar** box terlihat di **Gambar 3.8.**



Gambar 3.8 Model Box Pengujian

3.4.4 Pengujian pembebanan

Pembebanan dilakukan dengan menggunakan dongkrak hidrolik. Sebagai pengukur besarnya beban yang terjadi, digunakan *manometer* yang berkapasitas 250 kg/cm^2 . Pembebanan dilakukan dengan menggunakan balok kayu yang dilapisi baja pada seluruh permukaannya. Baja profil yang dipasang di bagian bawah balok kayu berfungsi untuk meratakan beban yang dihasilkan pompa hidrolik ke tanah. Balok kayu yang digunakan memiliki dimensi sebesar $9 \times 5,5 \times 47,5 \text{ cm}^3$. Beban yang diberikan diusahakan dapat berupa beban merata pada permukaan atas model lereng, dengan ukuran luasan beban $9 \times 47,5 \text{ cm}^2$. Tampak samping susunan pembebanan dapat dilihat pada **Gambar 3.9** berikut ini.



Gambar 3.9 Contoh susunan pembebanan

3.5 Metode Pengambilan Data

Setelah tahapan pembuatan model lereng selesai dikerjakan, selanjutnya adalah pengambilan data dengan perlakuan pondasi yang bervariasi. Pengambilan data pada penelitian ini minimal dikerjakan lima orang. Adapun langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan *hydraulic jack* dan *proving ring*
2. Pembuatan lereng sesuai dengan data pemodelan dengan pematatan dan kadar air yang sudah ditetapkan
3. Pengujian dengan menambahkan beban tiap 20kg pembacaan pada *proving ring*.
4. Pengecekan arah pergerakan pondasi

3.6 Variabel Penelitian

Dalam hubungan antara dua variabel, misalnya antara variabel Y dan X. Jika variabel Y disebabkan oleh variabel X, maka variabel Y adalah variabel *dependent* (konsekuensi) dan variabel X adalah variabel bebas (*antecedent*). Variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variabel bebas dalam penelitian ini antara lain:
 - Jarak pondasi ke tepi lereng (0 cm; 3 cm; 6 cm dan 9 cm),
 - Kedalaman pondasi (0 cm; 3 cm; 6 cm dan 9 cm),
 - Jenis tanah pasir dengan kepadatan relative (Dr)= 74% dan kadar air sebesar 12%
2. Variabel *dependent* dalam penelitian ini antara lain:
 - Pola keruntuhan yang terjadi
 - Beban maksimum yang mampu ditahan oleh lereng
 - Daya dukung Lereng menahan beban diatasnya

Untuk penelitian ini variasi kedalaman dan jarak pondasi kelereng yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 3.1** :



Tabel 3.1 Variasi perlakuan pondasi

		Kedalaman Pondasi 8cm			
		0 cm	3 cm	6 cm	9 cm
Jarak Pondasi 8cm ke temali lereng	0 cm	1. 0cm, 0cm	2. 0cm, 3cm	3. 0cm, 6cm	4. 0cm, 9cm
	3cm	5. 3cm, 0cm	6. 3cm, 3cm	7. 3cm, 6cm	8. 3cm, 9cm
	6 cm	9. 6cm, 0cm	10. 6cm, 3cm	11. 6cm, 6cm	12. 6cm, 9cm
	9cm	13. 9cm, 0cm	14. 9cm, 3cm	15. 9cm, 6cm	16. 9cm, 9cm

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

1. Pemadatan

Karena tanah yang dipakai merupakan tanah dengan jenis pasir, maka cara mekanis pemadatan yang dipakai adalah dengan cara tumbukan menggunakan proctor standar. Jenis pemadatan seperti ini lebih memungkinkan pemadatan yang lebih merata pada setiap lapisan. Pemadatan dilakukan per lapis sebanyak 7 lapis. Adapun jumlah tumbukan yang diberikan setiap lapis adalah 160 kali tumbukan. Jumlah tumbukan didasarkan pada penelitian pendahuluan untuk mengukur kepadatan tanah berdasarkan jumlah tumbukan.

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 model lereng 70 cm. Setelah ditambah susunan pembebanan, maka ketinggian tersebut sudah menempatkan ujung atas susunan beban pada *reaction beam*.

3. Sudut kemiringan lereng

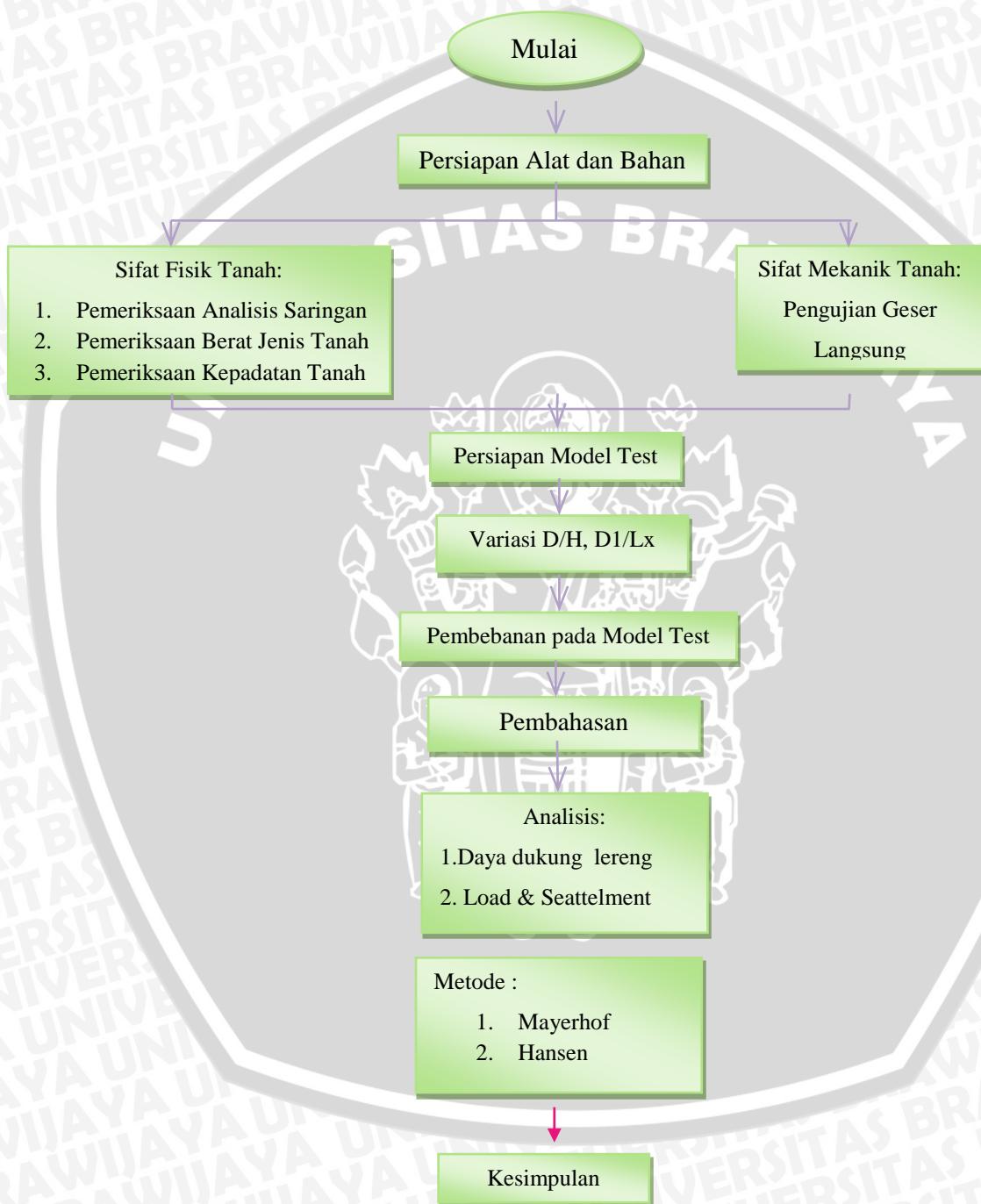
Berdasarkan percobaan yang pernah dilakukan, lereng yang dibentuk pada sudut kemiringan lereng 54 derajat rawan mengalami keruntuhan sebelum terbebani.. Penggunaan sudut lereng yang merupakan batas curam juga mempermudah memperoleh data hasil keruntuhan setelah dibebani. Tebing yang rawan longsor dan

mempunyai sudut kemiringan lebih besar dari sudut geser dalam dari tanahnya dapat dilandaikan dengan sudut lereng yang cukup aman. Sehingga variasi kemiringan lereng menjadi parameter penting dalam pengujian



3.7 Bagan Alir Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan pelaksanaan ini dapat dilihat pada diagram alir yang disajikan dalam **Gambar 3.10**



Gambar 3.10 Bagan alir percobaan

BAB IV

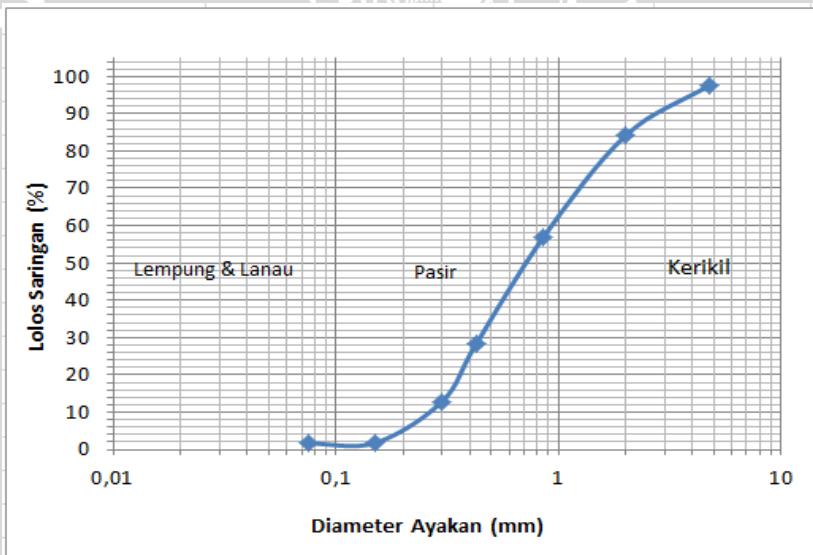
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Bahan

Pada penelitian ini, pasir yang digunakan adalah pasir lepas seragam yang berasal dari sungai Brantas, Malang. Sedangkan bahan yang dipakai untuk perkuatan adalah kayu yang dilapisi oleh baja dengan lebar 8cm dan tinggi 6cm.

4.1.1 Analisis Saringan

Sebelum dilakukan pengujian lereng dengan menggunakan pasir, maka sebelum itu dibutuhkan beberapa pengujian diantaranya adalah analisis saringan. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui gradasi dari butiran tanah yang dipakai selama penelitian berlangsung. **Gambar 4.1** berikut merupakan grafik hasil pengujian analisis saringan di laboratorium.



Gambar 4.1 Pembagian ukuran butir tanah

Berdasarkan pengujian yang telah dilaksanakan didapatkan data tanah yang lolos saringan no. 200 sebesar 1,165% dimana berdasarkan klasifikasi dengan sistem U.S.C.S maka tanah tersebut digolongkan sebagai tanah berbutir kasar berjenis SP (*Poorly Graded Sand*) dengan prosentase tanah yang lolos saringan no. 200 kurang dari 5%.

4.1.2 Analisis Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis (*Spesific Gravity*) adalah perbandingan antara berat kering udara suatu sampel tanah dengan berat air dimana berat dan volumenya sama dengan volume sampel tanah pada suhu dan temperatur yang sama. Pemeriksaan berat jenis ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis butiran tanah yang lewat saringan no.4 dengan menggunakan labu ukur (*picnometer*). Data yang diperoleh di laboratorium selanjutnya dimasukkan kedalam persamaan (4-1) berikut.

$$Gs = \frac{Gt \times Ws}{Ws - W1 + W2} \quad (4-1)$$

Dimana:

Gs = berat jenis tanah

Gt = berat jenis air

Ws = berat tanah kering

$W1$ = berat labu ukur + air + tanah

$W2$ = berat labu ukur + air

Berdasarkan pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan didapatkan nilai berat jenis rata-rata sebesar 2,689 seperti yang disajikan dalam **Tabel 4.1** berikut ini.

Tabel 4.1 Berat Jenis Tanah Rata-Rata

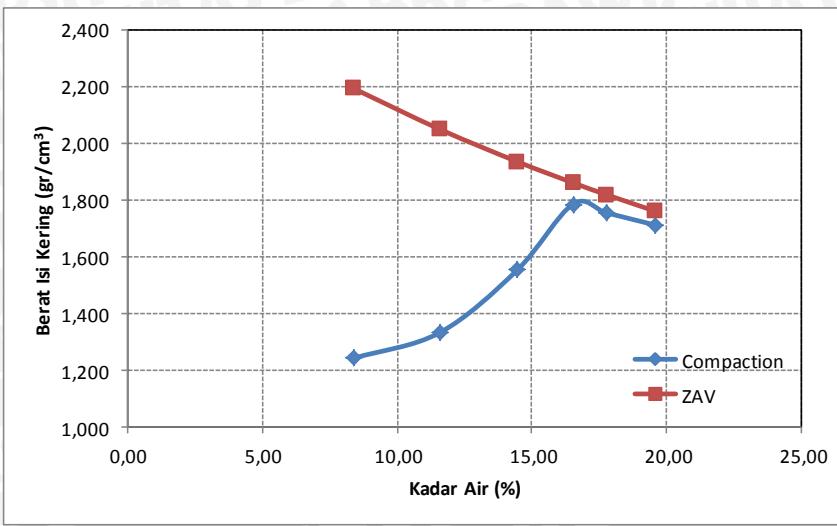
Labu ukur	A	B	Satuan
Berat jenis	2,709	2,669	gram/cm ³
Berat jenis rata-rata		2,689	gram/cm ³

Sumber: Hasil Analisis, 2013

4.1.3 Analisis Pemeriksaan Kepadatan Tanah (*Compaction*)

4.1.3.1 Kepadatan Tanah Standar di Laboratorium

Pengujian kepadatan standar (*compaction*) bertujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah dengan memadatkan tanah didalam *mould* yang berdiameter 102 mm (4 inch) dengan menggunakan *proctor* standar dengan berat 4,54 kg (10 lbs). Tinggi jatuh untuk pemasakan standar adalah sebesar 45,7 cm (18 inch). Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh nilai berat isi kering (γ_{lab}) sebesar 1,8 gr/cm³ dengan kadar air optimum sebesar 18%. Grafik hasil pengujian tersebut disajikan dalam **Gambar 4.2** berikut.



Gambar 4.2 Grafik pemandatan tanah standar di laboratorium

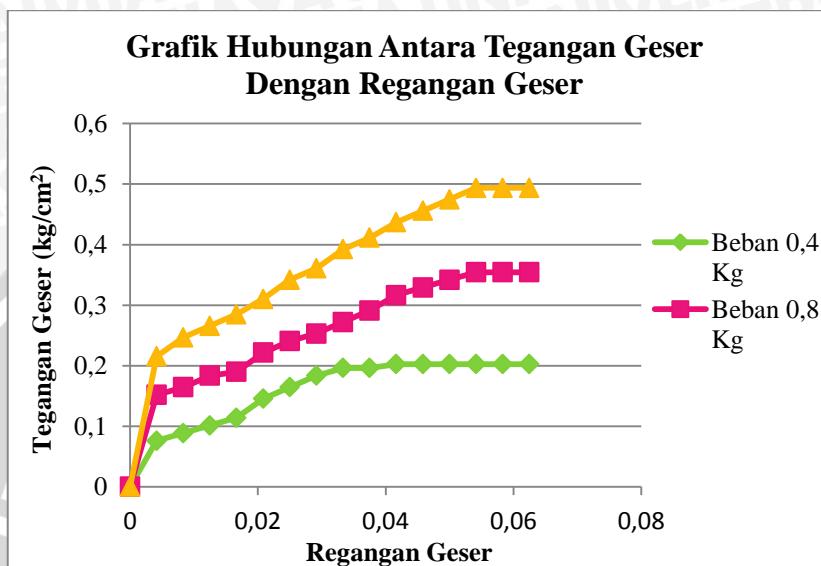
4.1.3.2 Kepadatan Tanah Model

Dalam penelitian ini istilah kepadatan tanah model dipakai karena pada saat percobaan dalam model sangat sulit didapatkan kepadatan maksimum seperti halnya pada percobaan di laboratorium. Untuk menentukan berat isi kering pada model, digunakan *sand cone* yang menghasilkan nilai berat isi kering (γ_{lap}). Perbandingan berat isi kering yang diperoleh dari *sand cone* (γ_{lap}) dengan berat isi kering yang diperoleh dari pemandatan standar di laboratorium (γ_{lab}) menghasilkan nilai kepadatan relatif (D_R). Berat isi kering (γ_{lap}) yang dipakai dalam penelitian ini adalah $1,35 \text{ gr/cm}^3$ untuk kepadatan relatif sebesar 74%.

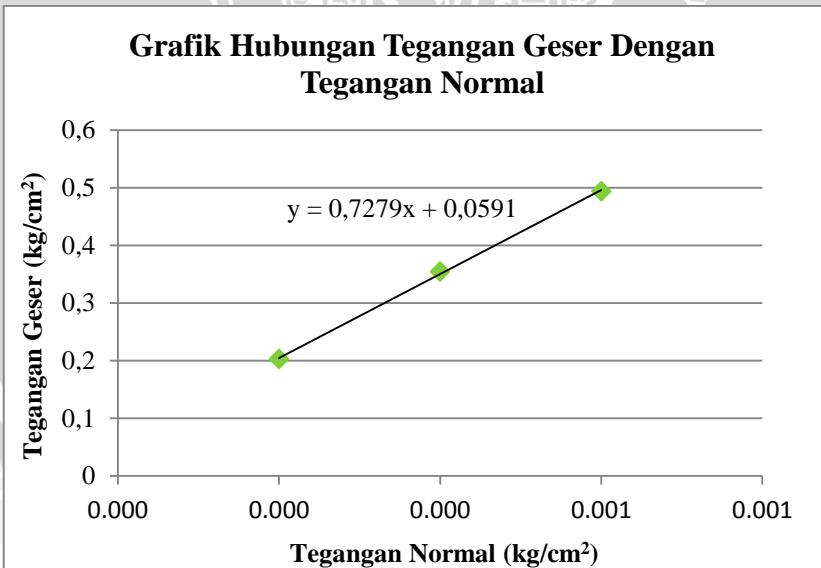
4.1.4 Analisis Pengujian Geser Langsung (*Direct shear*)

Pengujian geser langsung (*direct shear*) bertujuan untuk menetukan nilai kohesi tanah (c), nilai sudut geser dalam (ϕ), dan nilai sudut dilatansi (Ψ). Nilai kohesi dan sudut geser didapatkan melalui grafik hubungan antara tegangan geser maksimum (τ) dengan tegangan normal (σ). Titik-titik yang diperoleh dihubungkan sehingga membentuk garis lurus yang memotong sumbu vertikal pada nilai kohesi (c) dan memotong sumbu horizontal dengan membentuk sebuah sudut yang merupakan sudut geser dalam tanah (ϕ) sesuai dengan persamaan $\tau = \sigma \tan \phi$. Sedangkan sudut dilatansi merupakan derajat perubahan volume yang diperoleh dari grafik hubungan antara perpindahan vertikal (Δy) dengan perpindahan geser (Δx). Dari grafik tersebut ditentukan garis linier, nilai *arc tangent* dari perbandingan ($\Delta y/\Delta x$) pada garis linier tersebut merupakan sudut dilatansi.

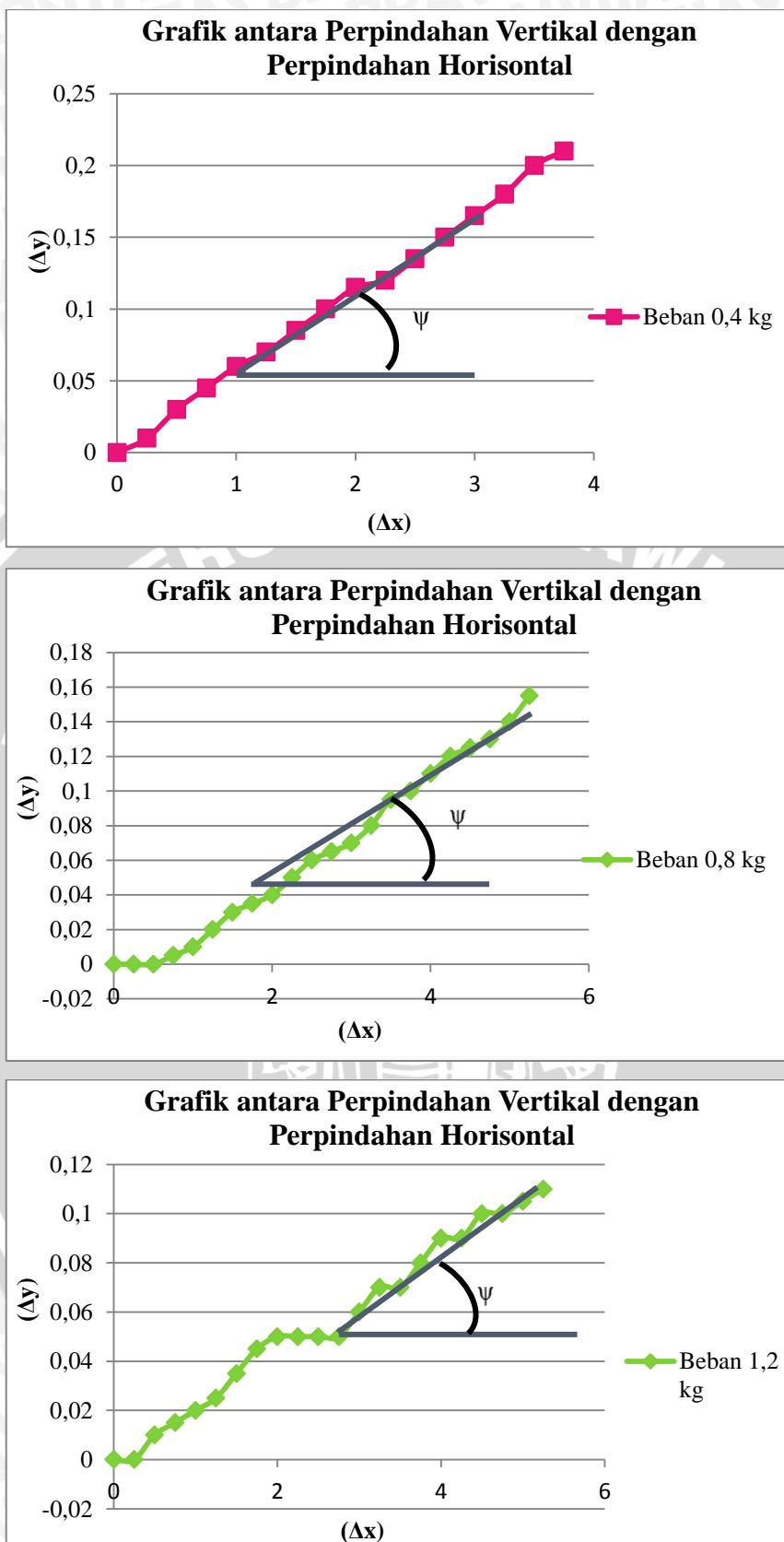
Pengujian ini dilakukan sebanyak dua kali setiap lapisan yang berbeda (lapisan 3, 5, dan 7). Sebagai contoh, hasil pengujian *Direct Shear* pada $Dr = 74\%$ pada lapisan tujuh disajikan pada **Gambar 4.3**, **Gambar 4.4**, **Gambar 4.5a**, **Gambar 4.5b** dan **Gambar 4.5c** berikut.



Gambar 4.3 Grafik hubungan tegangan geser dan regangan geser



Gambar 4.4 Grafik hubungan tegangan geser dan tegangan normal



Gambar 4.5 Grafik hubungan perpindahan vertikal dan perpindahan horizontal pada Beban a) 0,4kg, b) 0,8kg, c)1,2kg

Berdasarkan grafik tersebut didapatkan sudut geser dalam sebesar $34,4^\circ$ dan sudut dilatansi untuk masing-masing grafik sebesar $4,00^\circ$, $3,43^\circ$, $2,29^\circ$ pada lapisan ketiga. Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Nilai-nilai sudut dilatansi dan sudut geser dalam yang diperoleh dari pengujian disajikan pada **Tabel 4.2** dan **Tabel 4.3** berikut ini.

Tabel 4.2 Nilai-Nilai Sudut Dilatansi

Kepadatan Relatif	Lapisan	Beban (kg)	Sudut Dilatansi	Ψ Rata-rata
74%	3	0,4	$4,00^\circ$	$3,20^\circ$
		0,8	$3,43^\circ$	
		1,2	$2,29^\circ$	
	5	0,4	$4,95^\circ$	
		0,8	$3,43^\circ$	
		1,2	$2,29^\circ$	
	7	0,4	$3,81^\circ$	
		0,8	$2,29^\circ$	
		1,2	$1,15^\circ$	

Sumber: Hasil Analisis, 2013

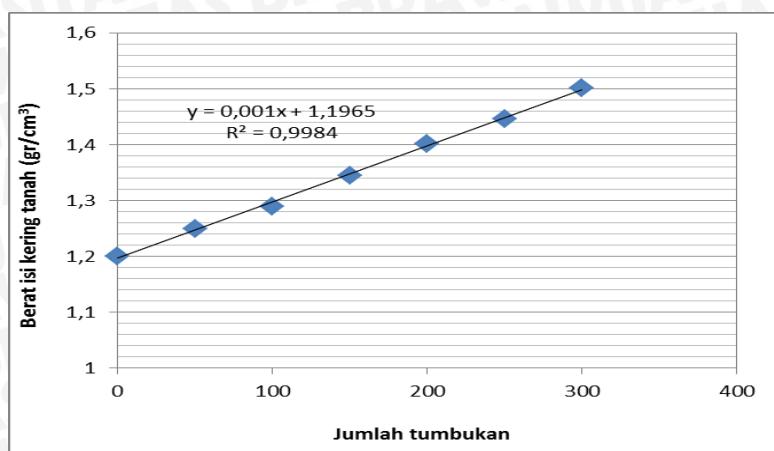
Tabel 4.3 Nilai-Nilai Sudut Geser Dalam

Kepadatan Relatif	Lapisan	Sudut Geser Dalam (ϕ)	Ψ Rata-rata
74%	3	$29,94^\circ$	$34,40^\circ$
	5	$37,21^\circ$	
	7	$36,05^\circ$	

Sumber: Hasil Analisis, 2013

4.2 Pengujian Model

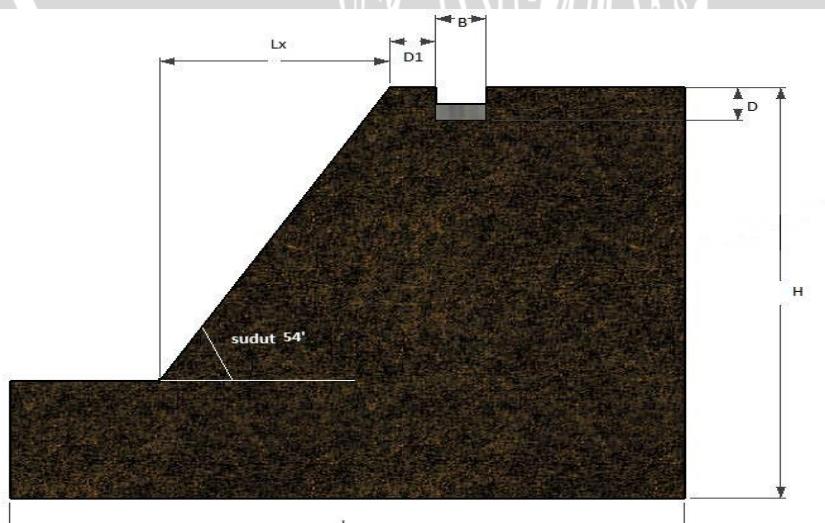
Dalam penelitian ini digunakan boks berukuran $100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}$ dan akan diisi dengan pasir. Metode yang dipakai yaitu dengan memasukkan pasir dengan membagi sebanyak 7 lapisan. Tinggi model lereng adalah 70 cm sehingga tinggi per lapisan adalah 10 cm. Setelah itu dilakukan proses pemasukan pada model pasir. Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah menggunakan proktor standar. Jumlah pukulan per lapisan ditentukan dengan melakukan *trial error* pada model test sebelum pengujian dilaksanakan. Hasil *trial error* ini disajikan dalam **Gambar 4.6** dan hasil selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 4**.



Gambar 4.6 Grafik hubungan berat isi kering dan jumlah tumbukan

Berdasarkan grafik di atas, didapatkan jumlah tumbukan untuk DR 74% adalah sebanyak 160 kali tumbukan. Setelah dilakukan pemasangan, untuk kontrol kepadatan dan kadar air dalam box digunakan *density ring* pada setiap lapisan. Proses pemasangan ini dilakukan hingga tinggi pasir mencapai tujuh lapisan, setelah itu barulah dibentuk lereng untuk selanjutnya dilakukan pengujian. Pemasangan pondasi dilakukan pada jarak dan kedalaman yang telah ditentukan. Setelah *setting* model dan alat pengujian selesai barulah dapat dilakukan pengujian pada model lereng dengan sudut kemiringan lereng adalah sebesar 54°.

Dalam penelitian ini juga ditetapkan beberapa simbol yang akan digunakan pada penyebutan variabel. Lebar pondasi disimbolkan dengan B, jarak pondasi dari puncak lereng disimbolkan dengan b, kedalaman pondasi terhadap permukaan tanah datar H. Berikut ini **Tabel 4.5** dan **Tabel 4.6** menjelaskan penyebutan variabel yang dipakai dalam penelitian ini.



Gambar 4.7 Penggambaran Variabel pada Model

Tabel 4.4 Penyebutan Variabel Jarak Pondasi ke Tepi Lereng

Jarak (cm)	D ₁ (cm)	L _x (cm)	D ₁ /L _x
0	0	36,33	0
3	3		0,083
6	6		0,165
9	9		0,248

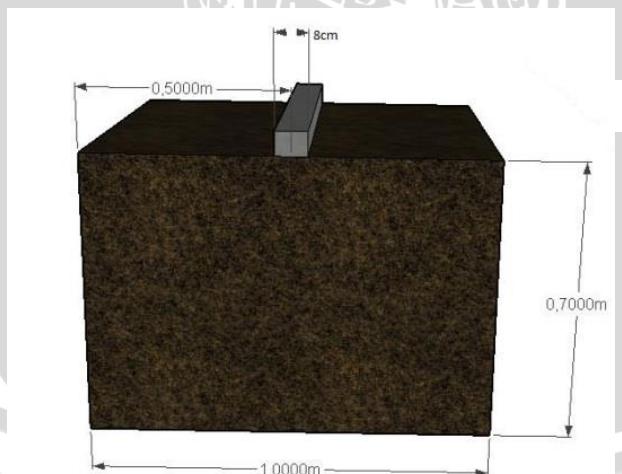
Tabel 4.5 Penyebutan Variabel Kedalaman Pondasi ke Tepi Lereng

Kedalaman (cm)	D (cm)	H (cm)	D/H
0	0	70	0
3	3		0,043
6	6		0,086
9	9		0,129

4.3 Hasil Pengujian

4.3.1 Pembebanan Tanpa Lereng

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pengujian terhadap model tanah pasir tanpa lereng **Gambar 4.7** berikut menunjukkan model lereng 2D pada model tanah tanpa dimana sudut lereng yang dibentuk sebesar 0° dengan tinggi lereng 70 cm dan variasi pondasi yang digunakan adalah lebar 8cm, serta berada pada tengah permukaan tanah.



Gambar 4.8 Model lereng 2D tanpa lereng dengan variasi lebar pondasi, dari kiri ke kanan, atas ke bawah.

4.3.1.1 Uji Pembebanan

Besarnya beban (Q_u) yang ditahan oleh pondasi lebar 8cm pada tanah datar adalah $0,966 \text{ kg/cm}^2$. Beban maksimum (Q_u) ditentukan berdasarkan prosedur

pembebanan yang dilakukan di laboratorium dimana pada beban tersebut lereng telah mengalami keruntuhan yang ditandai dengan pembacaan *load cell* yang cenderung tetap selama 3 kali pembacaan bahkan apabila diteruskan maka pembacaan *load cell* akan turun.Pada **Gambar 4.9** ditunjukkan bahwa tanah mengalami keruntuhan dengan naiknya permukaan tanah (*punching*). Besarnya beban maksimum dan penurunan yang terjadi pada lereng dapat dilihat pada **Tabel 4.7** berikut.

Tabel 4.6 Beban Maksimum dan Penurunan tanah datar lebar pondasi 8cm

Beban P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Penurunan (mm)	Beban P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Penurunan (mm)
0	0,000	0,000	420	0,536	3,538
20	0,026	0,053	440	0,561	3,735
40	0,051	0,228	460	0,587	3,908
60	0,077	0,403	480	0,612	4,198
80	0,102	0,560	500	0,638	4,470
100	0,128	0,713	520	0,663	4,690
120	0,153	0,843	540	0,689	5,023
140	0,179	0,993	560	0,714	5,170
160	0,204	1,123	580	0,740	5,530
180	0,230	1,265	600	0,765	5,910
200	0,255	1,435	620	0,791	6,178
220	0,281	1,590	640	0,816	6,660
240	0,306	1,738	660	0,842	6,990
260	0,332	1,908	680	0,867	7,480
280	0,357	2,083	700	0,893	7,970
300	0,383	2,283	720	0,918	8,380
320	0,408	2,465	740	0,944	9,008
340	0,434	2,658	765	0,976	9,295
360	0,459	2,903	765	0,976	9,589
380	0,485	3,068	765	0,976	9,886
400	0,510	3,358			

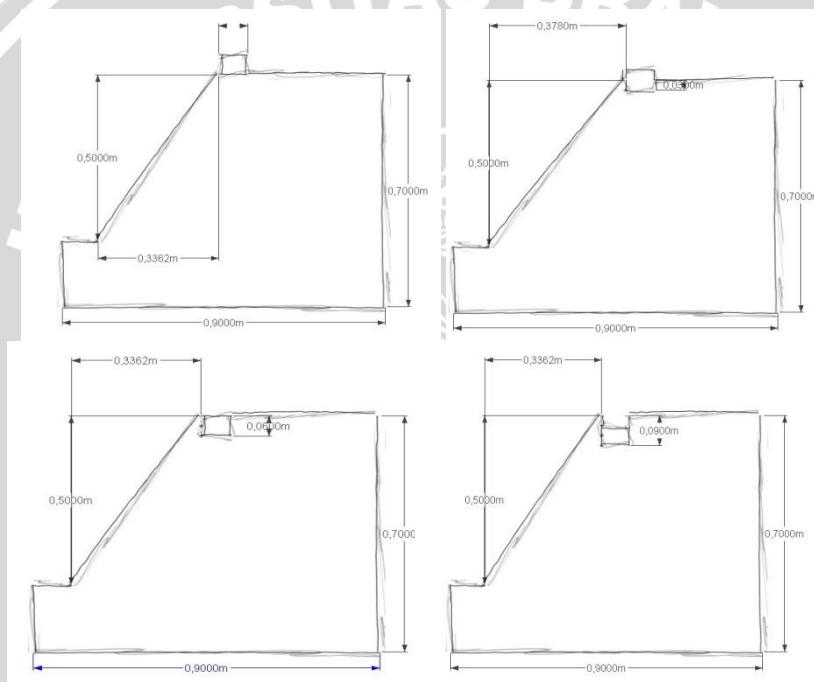


Gambar 4.9 Proses Keruntuhan Tanah Datar

4.3.2 Lereng dengan Perkuatan Pondasi 8 cm

4.3.2.1 Variasi Jarak Pondasi ke Tepi Lereng Terhadap Kedalaman Pondasi

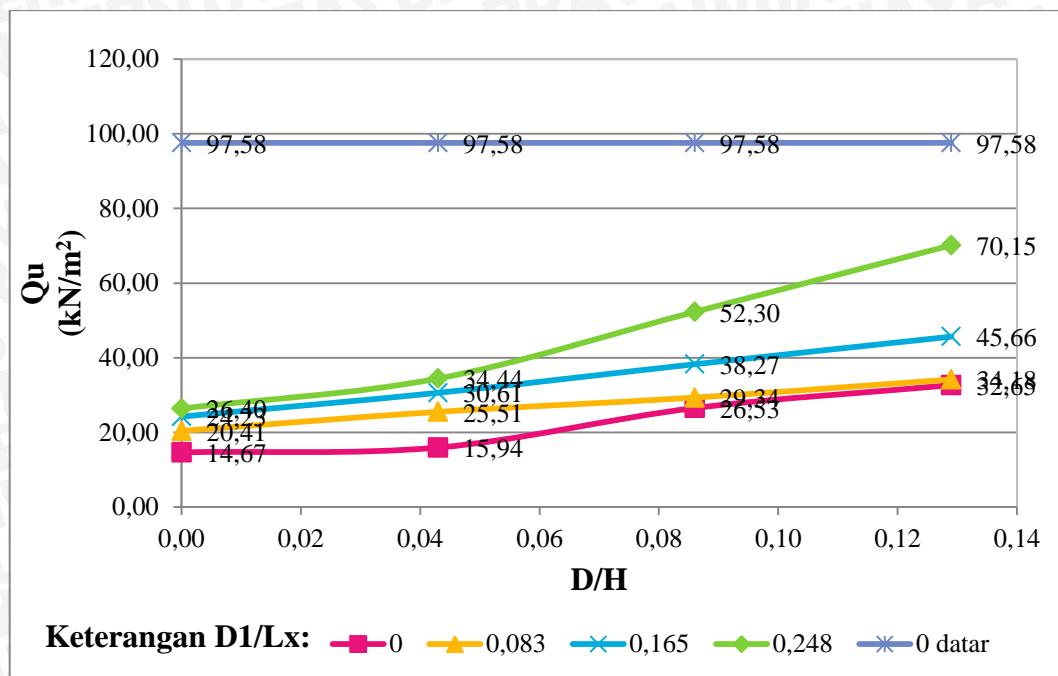
Pada pemodelan lereng dengan perkuatan pondasi 8 cm ini dipakai 4 variasi jarak antar dari tepi lereng yaitu 0 cm ($D_1/L_x=0$), 3 cm ($D_1/L_x=0,083$), 6 cm ($D_1/L_x=0,165$), dan 9 cm ($D_1/L_x=0,248$). Dimana keempat variasi ini diuji cobakan pada 4 variasi kedalaman yaitu 0 cm ($D/H=0$), 3cm ($D/H=0,043$), 6 cm ($D/H=0$), dan 9 cm ($D/H=0,129$). Sedangkan variabel yang dibiarkan konstan adalah lebar pondasi 8 cm dan panjang kaki lereng terhadap tepi lereng (L_x) 36,33 cm. Untuk lebih jelaskan dapat dilihat pada **Gambar 4.11a**, **Gambar 4.11b**, **Gambar 4.11c**, dan **Gambar 4.11d** berikut.



Gambar 4.10 Variasi Kedalaman Pondasi. Dari kiri ke kanan, atas ke bawah,

a) Kedalaman 0 cm, b) Kedalaman 3 cm, c) Kedalaman 6 cm, Kedalaman 9 cm

Berdasarkan hasil pengujian lereng untuk setiap variasi jarak pondasi terhadap variasi kedalaman pondasi, maka didapatkan data beban maksimum pada **Tabel 4.8** berikut dan diperlihatkan secara grafis dalam **Gambar 4.12**. Dengan hasil optimum pada lereng dengan rasio $D/H= 0,129$ (Kedalaman 9 cm).



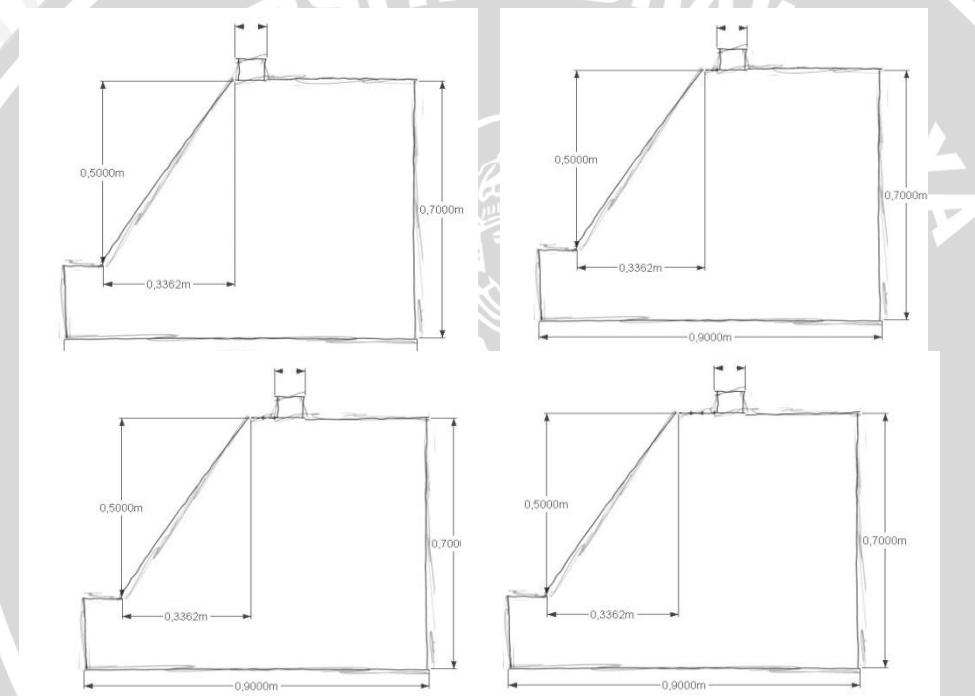
Gambar 4.11 Perbandingan nilai beban maksimum Q_u dengan variasi jarak pondasi terhadap kedalaman pondasi

Tabel 4.7 Beban Maksimum Untuk Setiap Variasi Jarak Pondasi

D/H	D1/Lx	Qu (kg/cm ²)
0,000	0,000	14,67
	0,083	20,41
	0,165	24,23
	0,248	26,40
0,043	0,000	15,94
	0,083	25,51
	0,165	30,61
	0,248	34,44
0,086	0,000	26,53
	0,083	29,34
	0,165	38,27
	0,248	52,30
0,129	0,000	32,65
	0,083	34,18
	0,165	45,66
	0,248	70,15

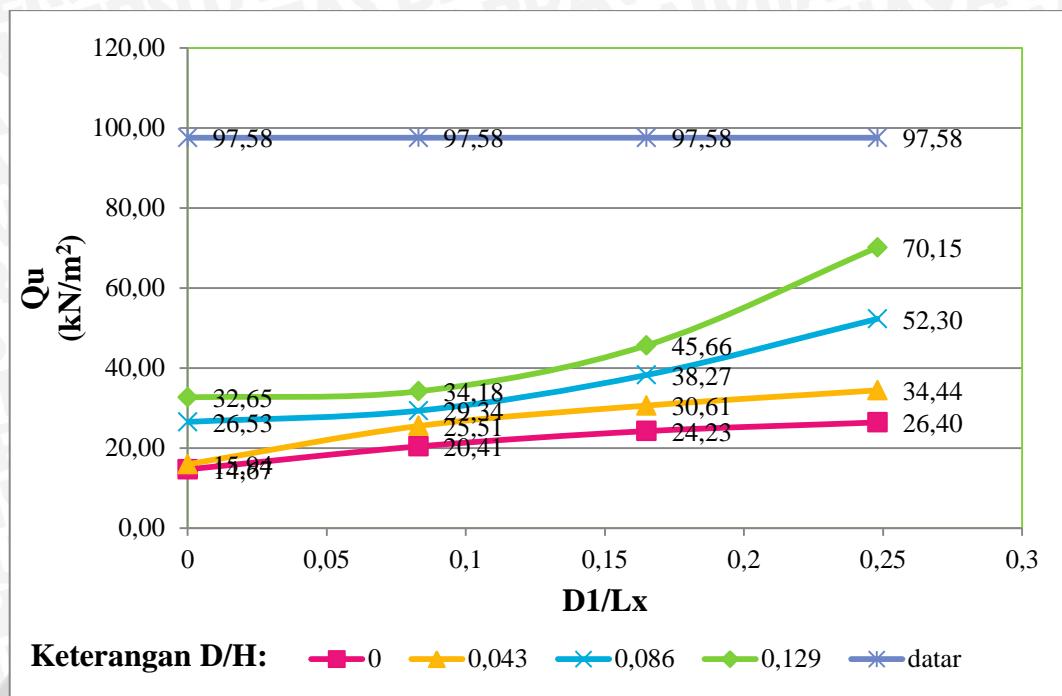
4.3.2.2 Variasi Kedalaman Pondasi dari Permukaan Tanah Terhadap Jarak ke Tepi Lereng

Pada pemodelan lereng dengan perkuatan pondasi 8 cm ini dipakai 4 variasi kedalaman yaitu 0 cm ($D/H=0$), 3cm ($D/H=0,043$), 6 cm ($D/H=0$), dan 9 cm ($D/H=0,129$). Dimana keempat variasi ini diuji cobakan pada 4 variasi jarak antar dari tepi lereng yaitu 0 cm ($D_1/L_X=0$), 3 cm ($D_1/L_X=0,083$), 6 cm ($D_1/L_X=0,165$), dan 9 cm ($D_1/L_X=0,248$). Sedangkan variabel yang dibiarkan konstan adalah lebar pondasi 8 cm dan panjang kaki lereng terhadap tepi lereng (H) 70 cm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 4.13a**, **Gambar 4.13b**, **Gambar 4.13c**, dan **Gambar 4.13d** berikut.



Gambar 4.12 Variasi Jarak Pondasi. Dari kiri ke kanan, atas ke bawah,
a) Jarak 0 cm, b) Jarak 3 cm, c) Jarak 6 cm, Jarak 9 cm

Berdasarkan hasil pengujian lereng untuk setiap variasi jarak pondasi terhadap variasi jarak pondasi, maka didapatkan data beban maksimum pada **Tabel 4.9** berikut dan diperlihatkan secara grafis dalam **Gambar 4.14**. Dengan hasil optimum pada lereng dengan rasio $D_1/L_X= 0,129$ (Kedalaman 9 cm).



Gambar 4.13 Perbandingan nilai beban maksimum Q_u dengan variasi kedalaman pondasi terhadap jarak pondasi

Tabel 4.8 Beban Maksimum Untuk Setiap Variasi Kedalaman Pondasi

D1/Lx	D/H	Qu (kg/cm ²)
0,000	0,000	14,67
	0,043	15,94
	0,086	26,53
	0,129	32,65
0,083	0,000	20,41
	0,043	25,51
	0,086	29,34
	0,129	34,18
0,165	0,000	24,23
	0,043	30,61
	0,086	38,27
	0,129	45,66
0,248	0,000	26,40
	0,043	34,44
	0,086	52,30
	0,129	70,15

4.3.3 Pemeriksaan Kadar Air dan Kepadatan

4.3.3.1 Pemriksaan Kadar Air dan Kepadatan pada Tanah Tanpa Lereng

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada model test diperoleh nilai kadar air dan nilai kepadatan yang didapatkan berdasarkan *density ring test* pada tanah pasir model seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4.10** berikut

Tabel 4.9 Pemerikasaan Kadar Air dan Kepadatan Tanah Datar

Lapisan	Kadar Air %	Density (gr/cm3)
1	10,98	1,336
2	9,15	1,343
3	9,04	1,375
4	12,80	1,343
5	16,67	1,334
6	13,41	1,372
7	12,43	1,384
Rata- Rata	12,25	1,36

4.3.3.2 Pemriksaan Kadar Air dan Kepadatan pada Tanah dengan Perkuatan Pondasi 8 cm

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dalam persiapan model test ini, maka didapatkan data kadar air untuk setiap variasi seperti ditunjukkan pada **Tabel 4.11** berikut.

Tabel 4.10 Nilai Kadar Air Untuk Berbagai Variasi Perkuatan Pondasi

D/H	D1/Lx	Kadar Air %	Density (gr/cm3)
0,000	0,000	12,21	1,367
	0,083	12,09	1,322
	0,165	12,46	1,326
	0,248	12,23	1,344
0,043	0,000	12,13	1,336
	0,083	12,12	1,329
	0,165	12,26	1,352
	0,248	12,28	1,354
0,086	0,000	12,02	1,342
	0,083	12,27	1,354
	0,165	12,19	1,336
	0,248	12,31	1,329
0,129	0,000	12,23	1,329
	0,083	12,41	1,367
	0,165	12,38	1,354
	0,248	12,11	1,337

4.4 Analisis Tanah Lereng dengan Variasi Jarak Pondasi Terhadap Kedalaman Pondasi

4.4.1 Tanah Datar

4.4.1.1 Analitik

Nilai daya dukung tanah datar dengan cara analitik dengan menggunakan metode Terzaghi dan Meyerhof. Hasil daya dukung disajikan dalam **Tabel 4.12** berikut. Berdasarkan data tabel yang disajikan, terlihat bahwa metode Terzaghi memiliki daya dukung terbesar dan Shields memiliki daya dukung terkecil.

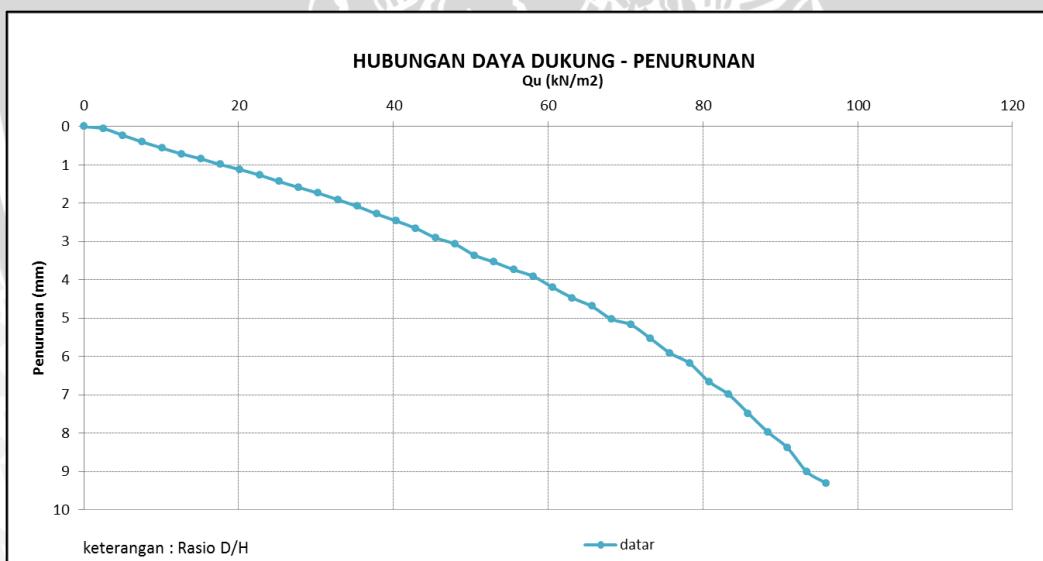
Tabel 4.11 Nilai daya dukung secara Analitik

metode	qu (kN/m ²)
terzaghi	23,77
meyerhof	13,15
eksperimen	97,58

Sumber : Hasil Analisis, 2013

4.4.1.2 Eksperimen

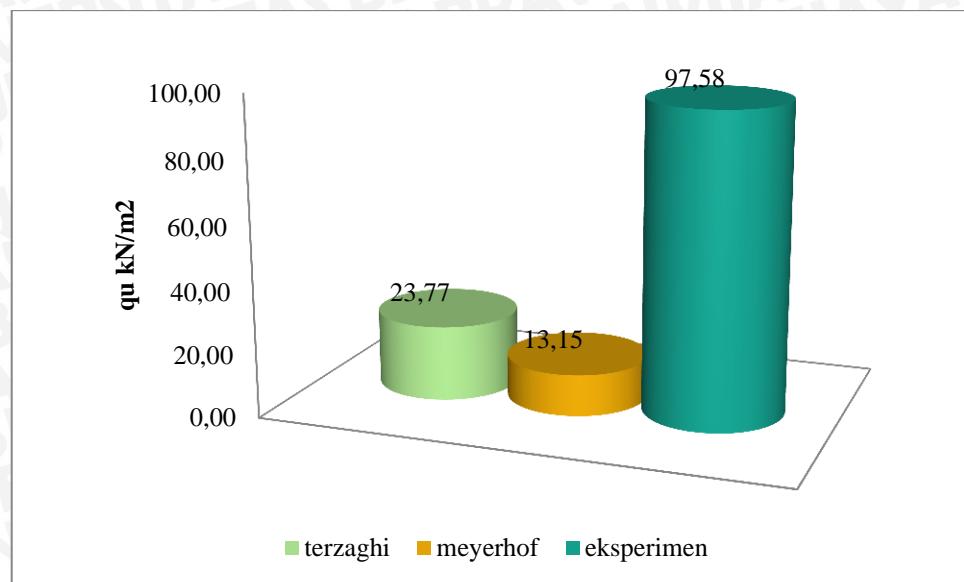
Berdasarkan hasil pengujian, beban maksimum pada tanah datar sebesar 765kg dengan daya dukung 97,58 kN/m². Hasil ini disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan seperti pada **Gambar 4.14**.



Gambar 4.14 Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar berdasarkan eksperimen

4.4.1.3 Perbandingan Nilai Daya Dukung pada Tanah Datar

Perbandingan nilai daya dukung tanah datar berdasarkan metode analitik, eksperimen, dan numerik disajikan pada gambar berikut. Dari gambar dibawah ini, dapat diketahui bahwa hasil analisis lebih mendekati hasil eksperimen.



Gambar 4.15 Grafik Perbandingan nilai daya dukung berbagai metode pada tanah datar

4.4.2 Lereng dengan Variasi Jarak Pondasi Terhadap Kedalaman Pondasi

4.4.2.1 Analitik

a. Jarak pondasi 0 cm ($D_1/L_x=0$)

Nilai daya dukung tanah lereng dengan jarak 0 cm dengan kedalaman 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm dengan cara analitik dengan menggunakan metode Hansen dengan q_u maks pada kedalaman 9 cm yaitu $0,161 \text{ kN/m}^2$.

Tabel 4.12 Nilai daya dukung secara analitik pada jarak pondasi 0 cm

Kedalaman	Metode Hansen (kN/m ²)
0 cm	0,049
3 cm	0,087
6 cm	0,124
9 cm	0,161

Sumber : Hasil Analisis, 2013

b. Jarak pondasi 3 cm ($D_1/L_x=0,083$)

Nilai daya dukung tanah lereng dengan jarak 3 cm dengan kedalaman 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm dengan cara analitik dengan menggunakan metode Hansen dengan q_u maks pada kedalaman 9 cm yaitu $5,264 \text{ kN/m}^2$.

Tabel 4.13 Nilai daya dukung secara analitik pada jarak pondasi 3 cm

Kedalaman	Metode Hansen (kN/m ²)
0 cm	1,613
3 cm	2,830
6 cm	4,047
9 cm	5,264

Sumber : Hasil Analisis, 2013

c. Jarak pondasi 6 cm ($D_1/L_x=0,165$)

Nilai daya dukung tanah lereng dengan jarak 6 cm dengan kedalaman 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm dengan cara analitik dengan menggunakan metode Hansen dengan qu maks pada kedalaman 9 cm yaitu 10,367 kN/m².

Tabel 4.14 Nilai daya dukung secara analitik pada jarak pondasi 6 cm

Kedalaman	Metode Hansen (kN/m ²)
0 cm	3,176
3 cm	5,573
6 cm	7,97
9 cm	10,367

Sumber : Hasil Analisis, 2013

d. Jarak pondasi 9 cm ($D_1/L_x=0,248$)

Nilai daya dukung tanah lereng dengan jarak 6 cm dengan kedalaman 9 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm dengan cara analitik dengan menggunakan metode Hansen dengan qu maks pada kedalaman 9 cm yaitu 15,47 kN/m².

Tabel 4.15 Nilai daya dukung secara analitik pada jarak pondasi 9 cm

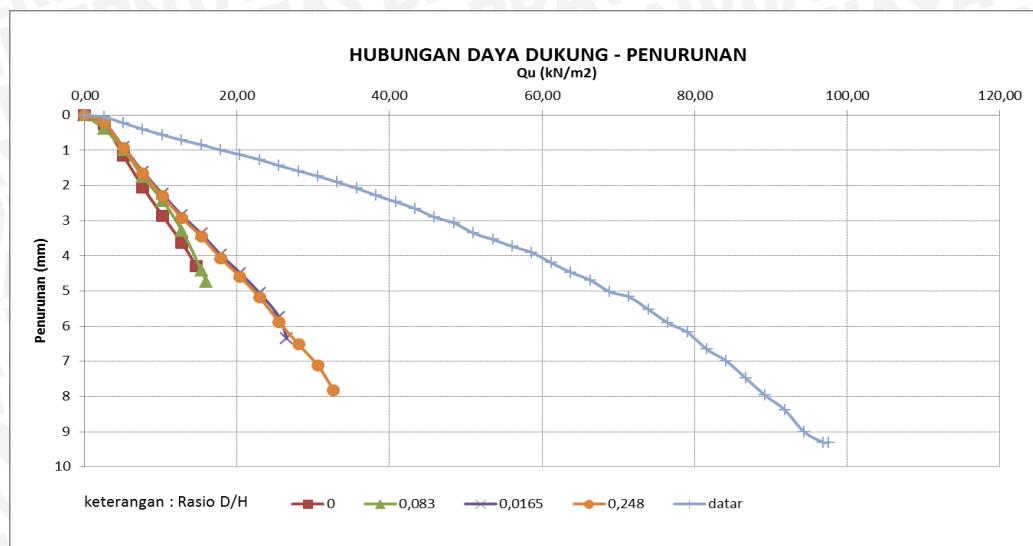
Kedalaman	Metode Hansen (kN/m ²)
0 cm	4,74
3 cm	8,316
6 cm	11,893
9 cm	15,470

Sumber : Hasil Analisis, 2013

4.4.2.2 Eksperimen

a. Jarak pondasi 0 cm ($D_1/L_x=0$)

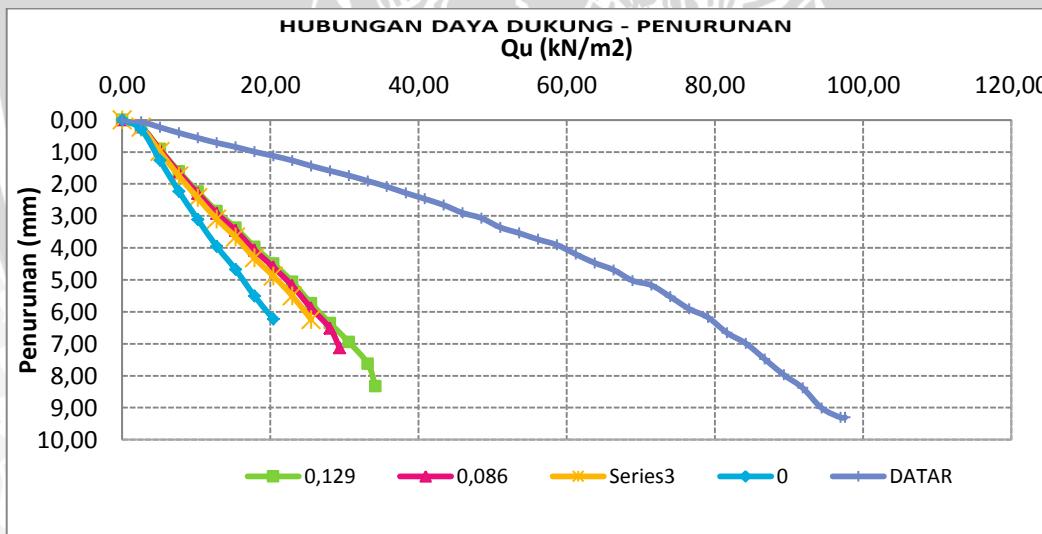
Berdasarkan hasil pengujian, beban maksimum pada lereng dengan jarak 0 cm dari tepi lereng dan variasi kedalaman 0cm, 3cm, 6cm, dan 9cm disajikan dalam grafik dibawah ini.



Gambar 4.16 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.

b. Jarak pondasi 3 cm ($D_1/L_x=0,083$)

Berdasarkan hasil pengujian, beban maksimum pada lereng dengan jarak 3 cm dari tepi lereng dan variasi kedalaman 0cm, 3cm, 6cm, dan 9cm disajikan dalam grafik dibawah ini.

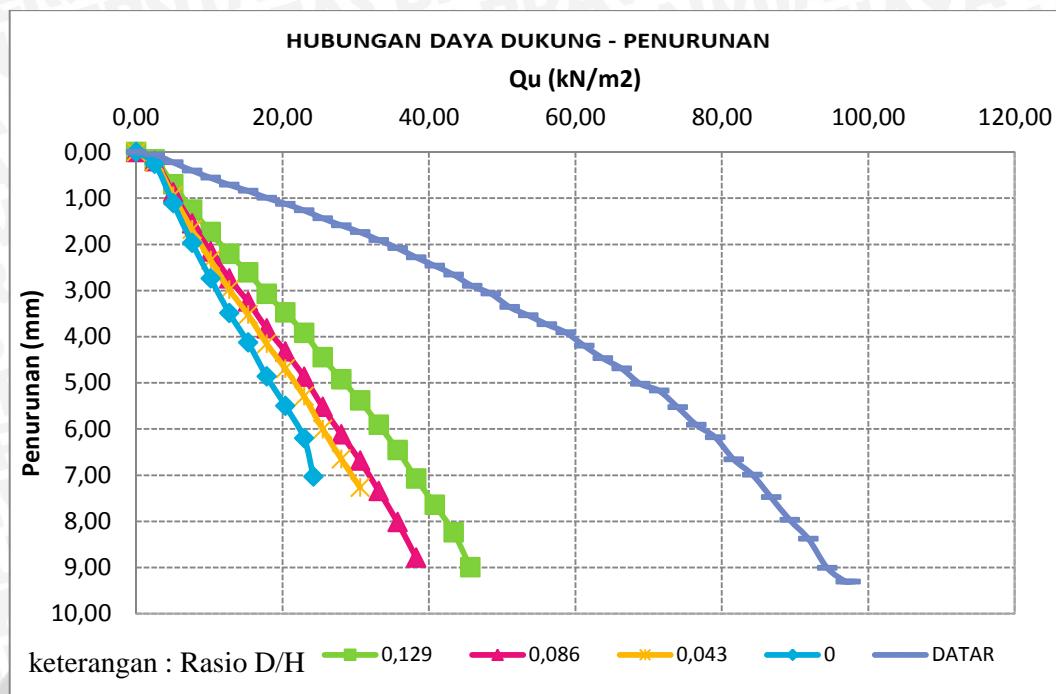


Gambar 4.17 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.

c. Jarak pondasi 6 cm ($D_1/L_x=0,165$)

Berdasarkan hasil pengujian, beban maksimum pada lereng dengan jarak 6 cm dari tepi lereng dan variasi kedalaman 0cm, 3cm, 6cm, dan 9cm disajikan dalam grafik dibawah ini.

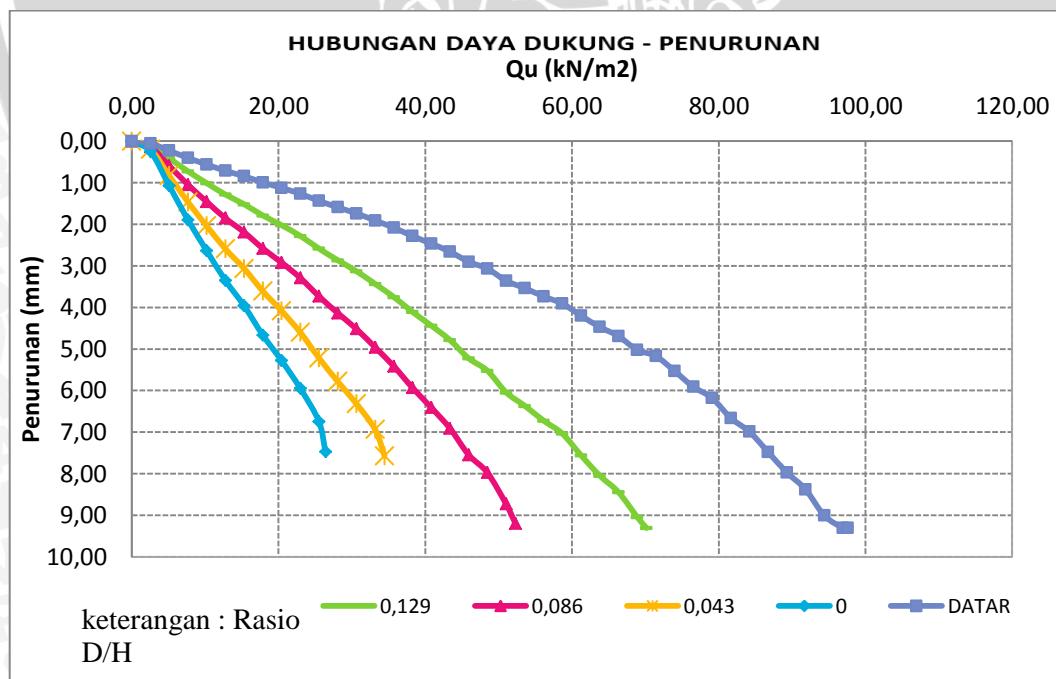




Gambar 4.18 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.

d. Jarak pondasi 9 cm ($D_1/L_x=0,248$)

Berdasarkan hasil pengujian, beban maksimum pada lereng dengan jarak 9 cm dari tepi lereng dan variasi kedalaman 0cm, 3cm, 6cm, dan 9cm disajikan dalam grafik dibawah ini.



Gambar 4.19 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.

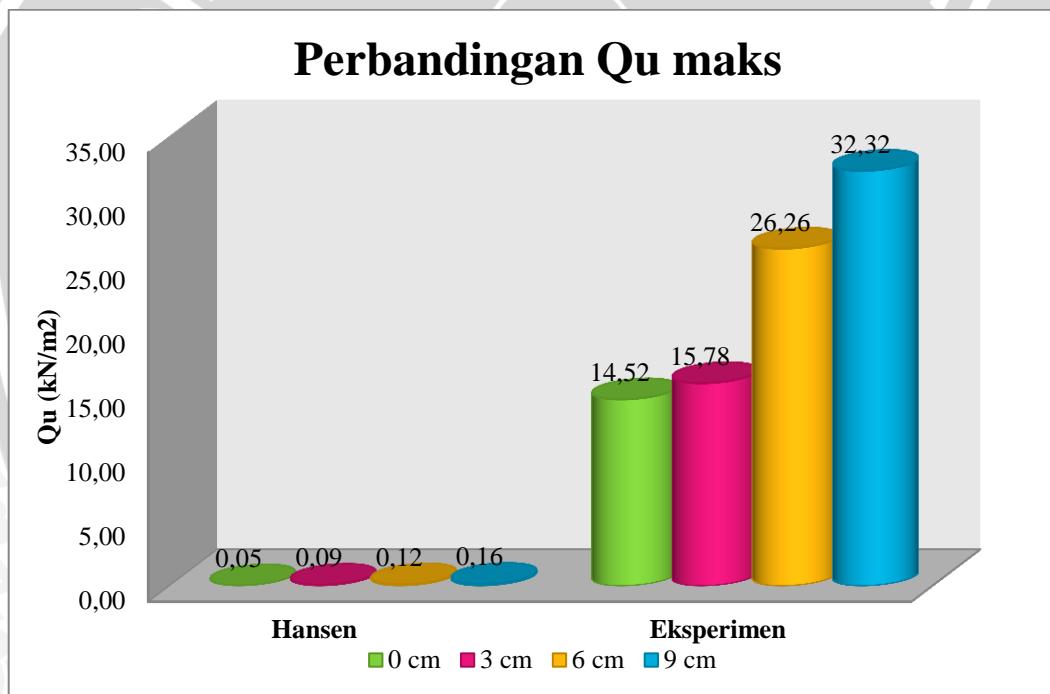
4.4.2.3 Perbandingan Nilai Daya Dukung pada Tanah Lereng dengan Variasi Jarak Pondasi Terhadap Kedalaman Pondasi

a. Jarak pondasi 0 cm ($D_1/L_x=0$)

Perbandingan nilai daya dukung tanah pada lereng dengan jarak pondasi 0 cm pada tepi lereng berdasarkan analisis, eksperimen, disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.16 Perbandingan nilai daya dukung

Kedalaman	Analitik	Eksperimen (kN/m ²)
	Metode Hansen (kN/m ²)	
0 cm	0,05	14,52
3 cm	0,09	15,78
6 cm	0,12	26,26
9 cm	0,16	32,32



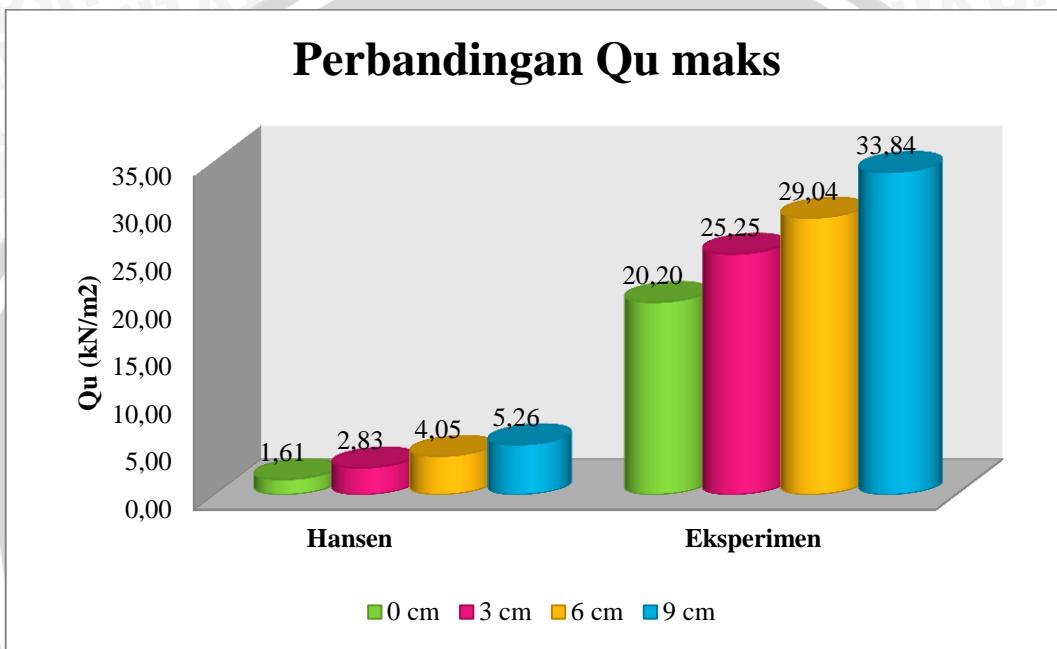
Gambar 4.20 Grafik perbandingan daya dukung

b. Jarak pondasi 3 cm ($D_1/L_x=0,083$)

Perbandingan nilai daya dukung tanah pada lereng dengan jarak pondasi 3cm pada tepi lereng berdasarkan analisis, eksperimen, disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.17 Perbandingan nilai daya dukung

Kedalaman	Analitik	Eksperimen (kN/m ²)
	Metode Hansen (kN/m ²)	
0 cm	1,61	20,20
3 cm	2,83	25,25
6 cm	4,05	29,04
9 cm	5,26	33,84

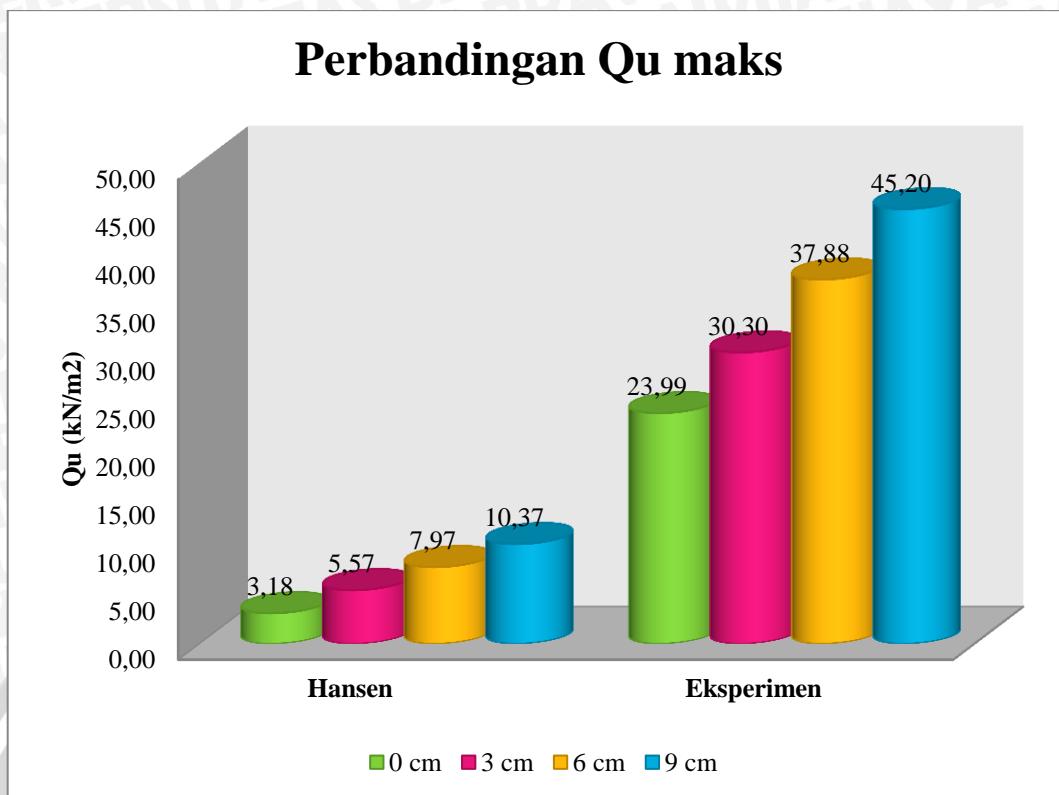
**Gambar 4.21** Grafik perbandingan daya dukung

c. **Jarak pondasi 6 cm ($D_1/L_x=0,165$)**

Perbandingan nilai daya dukung tanah pada lereng dengan jarak pondasi 6cm pada tepi lereng berdasarkan analisis, eksperimen, disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.18 Perbandingan nilai daya dukung

Kedalaman	Analitik	Eksperimen (kN/m ²)
	Metode Hansen (kN/m ²)	
0 cm	3,18	23,99
3 cm	5,57	30,30
6 cm	7,97	37,88
9 cm	10,37	45,20



Gambar 4.22 Grafik perbandingan daya dukung

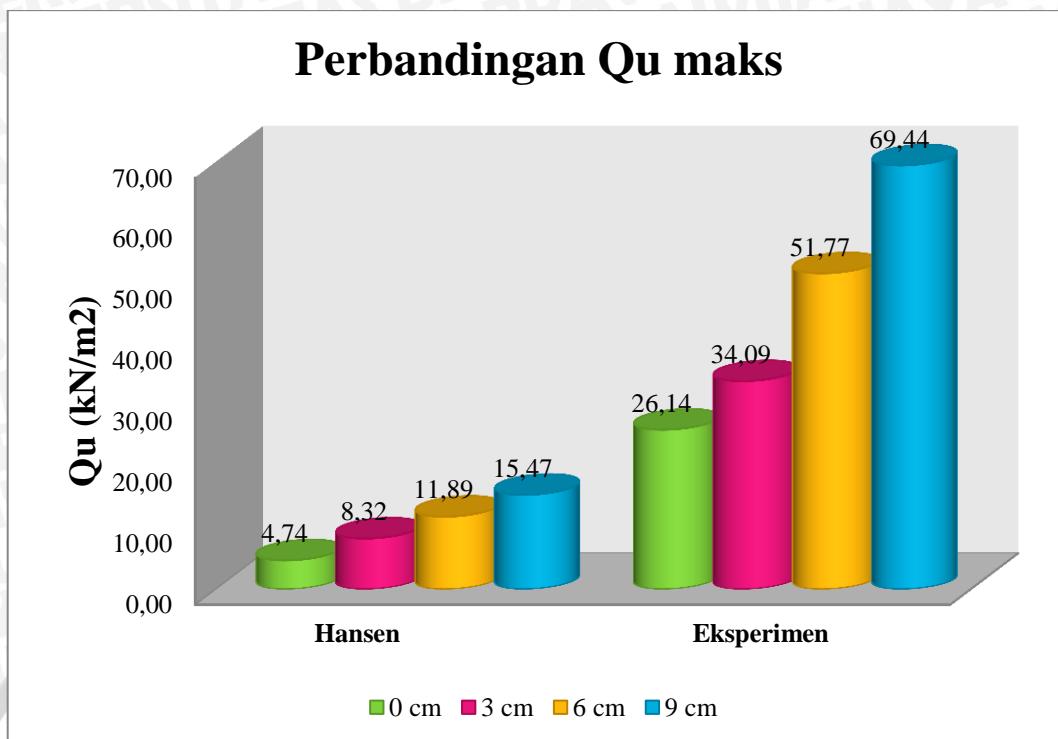
d. **Jarak pondasi 9 cm ($D_1/L_x=0,248$)**

Perbandingan nilai daya dukung tanah pada lereng dengan jarak pondasi 9cm pada tepi lereng berdasarkan analisis, eksperimen, disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.19 Perbandingan nilai daya dukung

Kedalaman	Analitik	Eksperimen (kN/m^2)
	Metode Hansen (kN/m^2)	
0 cm	4,74	26,14
3 cm	8,32	34,09
6 cm	11,89	51,77
9 cm	15,47	69,44





Gambar 4.23 Grafik perbandingan daya dukung

4.5 Analisis Tanah Lereng dengan Variasi Kedalaman Pondasi Terhadap Jarak Pondasi

4.5.1 Tanah Datar

4.5.1.1 Analitik

Nilai daya dukung tanah datar dengan cara analitik dengan menggunakan metode Terzaghi dan Meyerhof. Hasil daya dukung disajikan dalam **Tabel 4.22** berikut. Berdasarkan data tabel yang disajikan, terlihat bahwa metode Terzaghi memiliki daya dukung terbesar dan Shields memiliki daya dukung terkecil.

Tabel 4.20 Nilai daya dukung secara Analitik

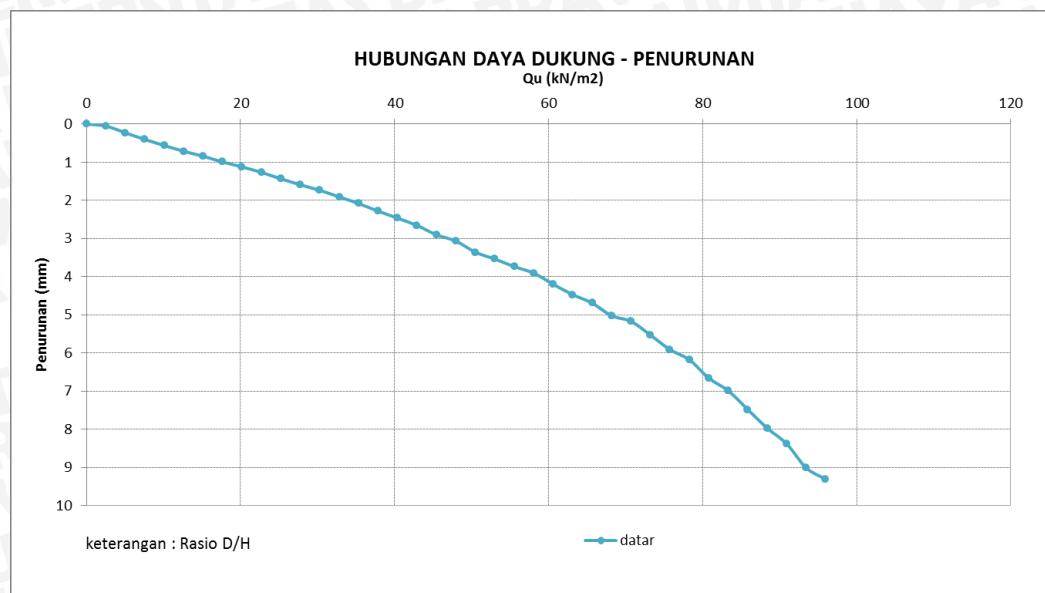
metode	qu (kN/m ²)
terzaghi	23,77
meyerhof	13,15
eksperimen	97,58

Sumber : Hasil Analisis, 2013

4.5.1.2 Eksperimen

Berdasarkan hasil pengujian, beban maksimum pada tanah datar sebesar 765kg dengan daya dukung $97,58 \text{ kN/m}^2$. Hasil ini disajikan dalam grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan seperti pada **Gambar 4.24**.

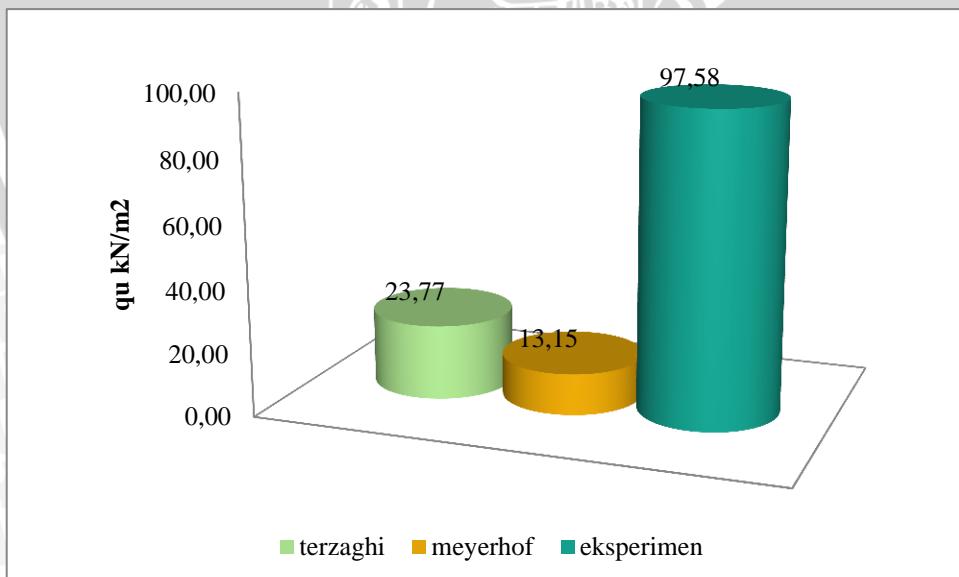




Gambar 4.24 Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar berdasarkan eksperimen

4.5.1.3 Perbandingan Nilai Daya Dukung pada Tanah Datar

Perbandingan nilai daya dukung tanah datar berdasarkan metode analitik, eksperimen, dan numerik disajikan pada gambar berikut. Dari gambar dibawah ini, dapat diketahui bahwa hasil numerik lebih mendekati hasil eksperimen. Untuk perhitungan secara analitik dengan berbagai metode menghasilkan nilai daya dukung yang jauh berbeda dengan nilai daya dukung hasil eksperimen di laboratorium.



Gambar 4.25 Grafik Perbandingan nilai daya dukung berbagai metode pada tanah datar

4.5.2 Lereng dengan Variasi Kedalaman Pondasi Terhadap Jarak Pondasi

4.5.2.1 Analitik

a. Kedalaman 0 cm ($D/H=0$)

Nilai daya dukung tanah lereng dengan kedalaman 0 cm dengan jarak 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm dengan cara analitik dengan menggunakan metode Hansen didapatkan qu maks $4,74\text{kN/m}^2$.

Tabel 4.21 Nilai daya dukung secara analitik pada kedalaman pondasi 0 cm

Jarak	Metode Hansen (kN/m ²)
0 cm	0,049
3 cm	1,613
6 cm	3,176
9 cm	4,740

Sumber : Hasil Analisis, 2013

b. Kedalaman 3 cm ($D/H=0,043$)

Nilai daya dukung tanah lereng dengan kedalaman 3 cm dengan jarak 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm dengan cara analitik dengan menggunakan metode Hansen didapatkan qu maks pada jarak 9 cm $8,316\text{kN/m}^2$.

Tabel 4.22 Nilai daya dukung secara analitik pada kedalaman pondasi 3 cm

Jarak	Metode Hansen (kN/m ²)
0 cm	0,087
3 cm	2,830
6 cm	5,573
9 cm	8,316

Sumber : Hasil Analisis, 2013

c. Kedalaman 6 cm ($D/H=0,086$)

Nilai daya dukung tanah lereng dengan kedalaman 6 cm dengan jarak 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm dengan cara analitik dengan menggunakan metode Hansen didapatkan qu maks pada 11.893kN/m^2 .

Tabel 4.23 Nilai daya dukung secara analitik pada kedalaman pondasi 6 cm

Jarak	Metode Hansen (kN/m ²)
0 cm	0,124
3 cm	4,047
6 cm	7,970
9 cm	11,893

Sumber : Hasil Analisis, 2013

d. Kedalaman 9 cm ($D/H=0,129$)

Nilai daya dukung tanah lereng dengan kedalaman 9 cm dengan jarak 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm dengan cara analitik dengan menggunakan metode Hansen didapatkan qu maks pada $15,47\text{kN/m}^2$.

Tabel 4.24 Nilai daya dukung secara analitik pada kedalaman pondasi 9 cm

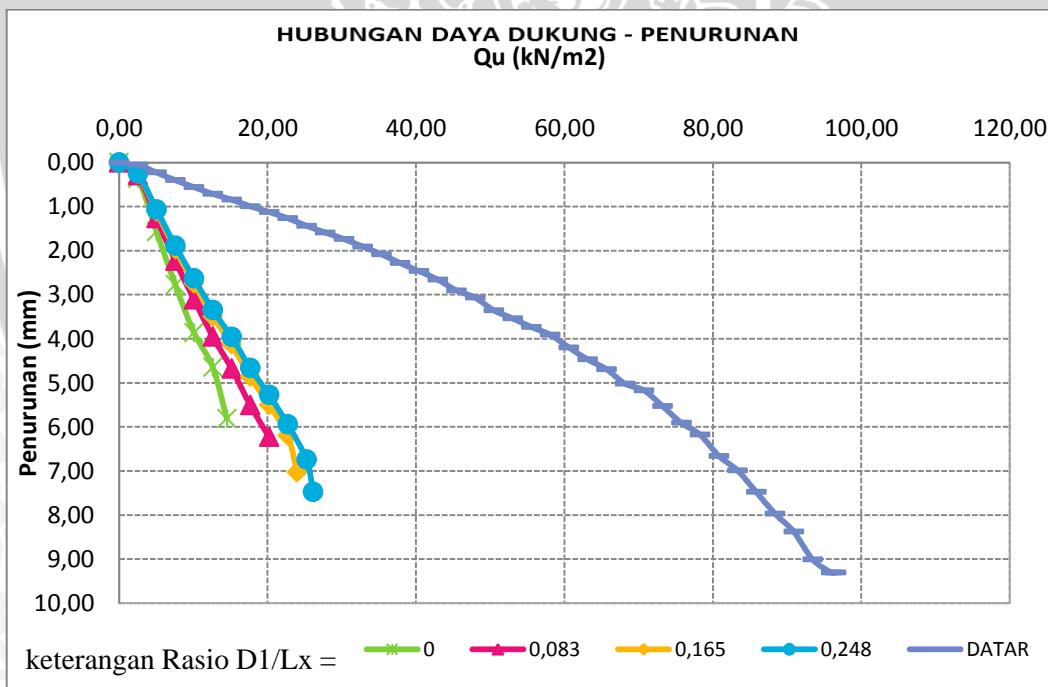
Jarak	Metode Hansen (kN/m^2)
0 cm	0,161
3 cm	5,264
6 cm	10,367
9 cm	15,470

Sumber : Hasil Analisis, 2013

4.5.2.2 Eksperimen

a. Kedalaman 0 cm ($D/H=0$)

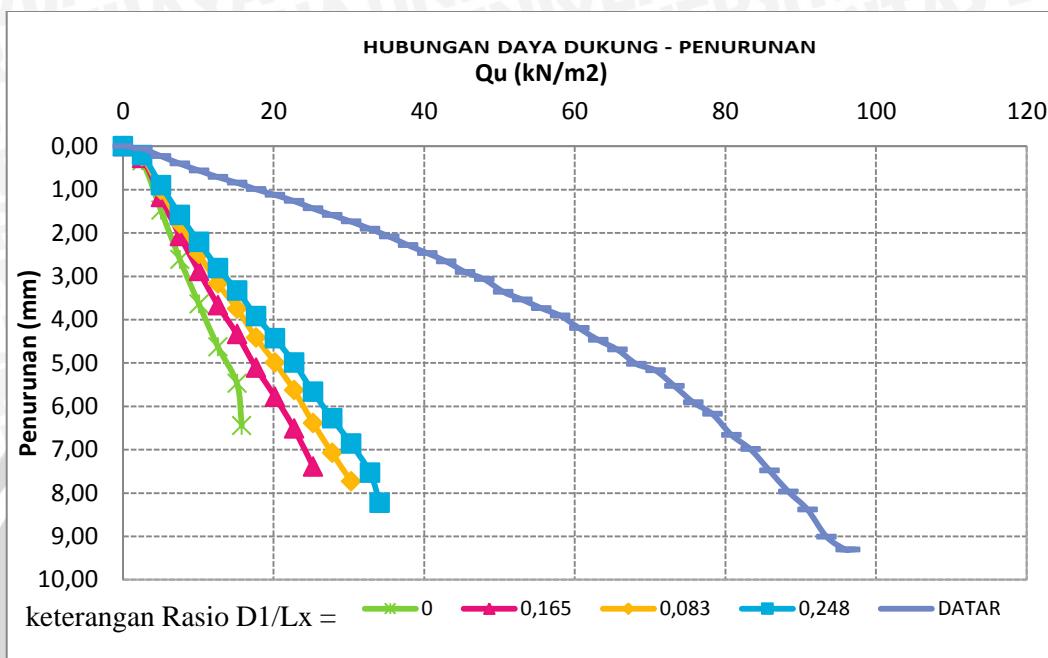
Berdasarkan hasil pengujian, beban maksimum pada lereng dengan kedalaman 0 cm dari tepi lereng dan variasi jarak 0cm, 3cm, 6cm, dan 9cm disajikan dalam grafik dibawah ini.



Gambar 4.26 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.

b. Kedalaman 3 cm ($D/H=0,043$)

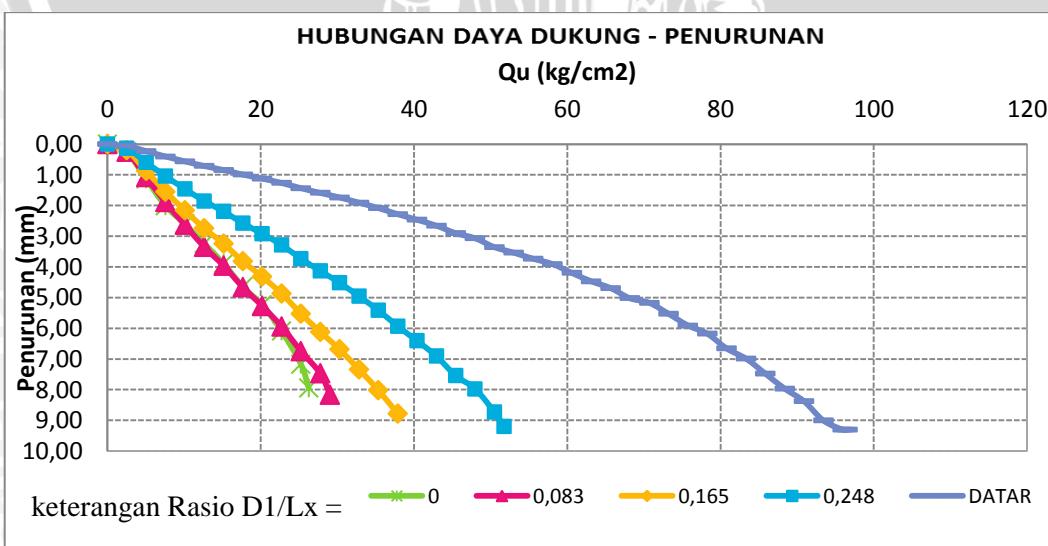
Berdasarkan hasil pengujian, beban maksimum pada lereng dengan kedalaman 3 cm dari tepi lereng dan variasi jarak 0cm, 3cm, 6cm, dan 9cm disajikan dalam grafik dibawah ini.



Gambar 4.27 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.

c. Kedalaman 6 cm ($D/H=0,086$)

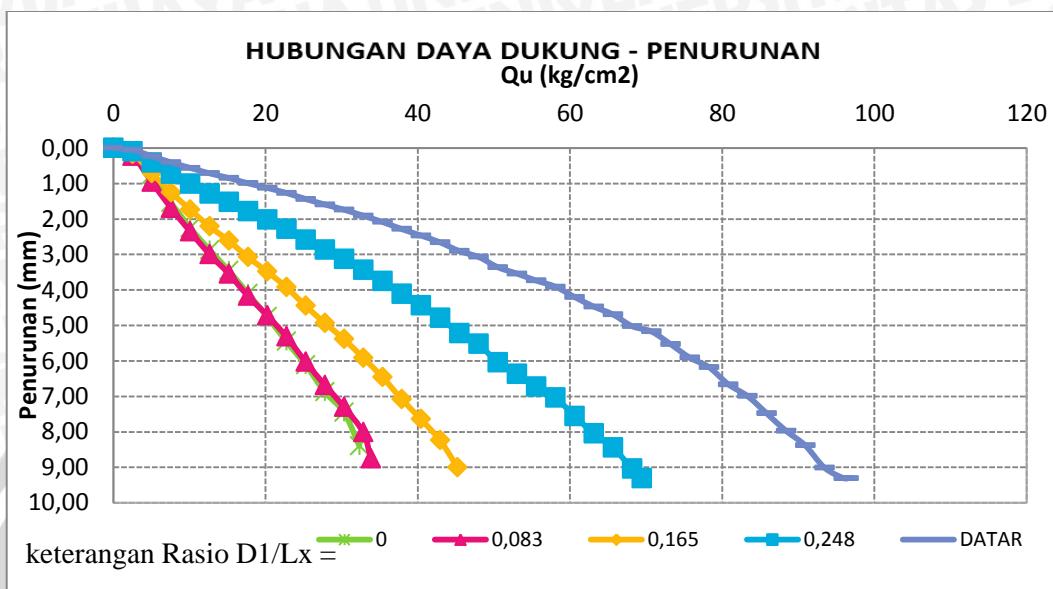
Berdasarkan hasil pengujian, beban maksimum pada lereng dengan kedalaman 6 cm dari tepi lereng dan variasi jarak 0cm, 3cm, 6cm, dan 9cm disajikan dalam grafik dibawah ini.



Gambar 4.28 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.

d. Kedalaman 9 cm ($D/H=0,129$)

Berdasarkan hasil pengujian, beban maksimum pada lereng dengan kedalaman 9 cm dari tepi lereng dan variasi jarak 0cm, 3cm, 6cm, dan 9cm disajikan dalam grafik dibawah ini.



Gambar 4.29 Grafik hubungan daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada tanah datar.

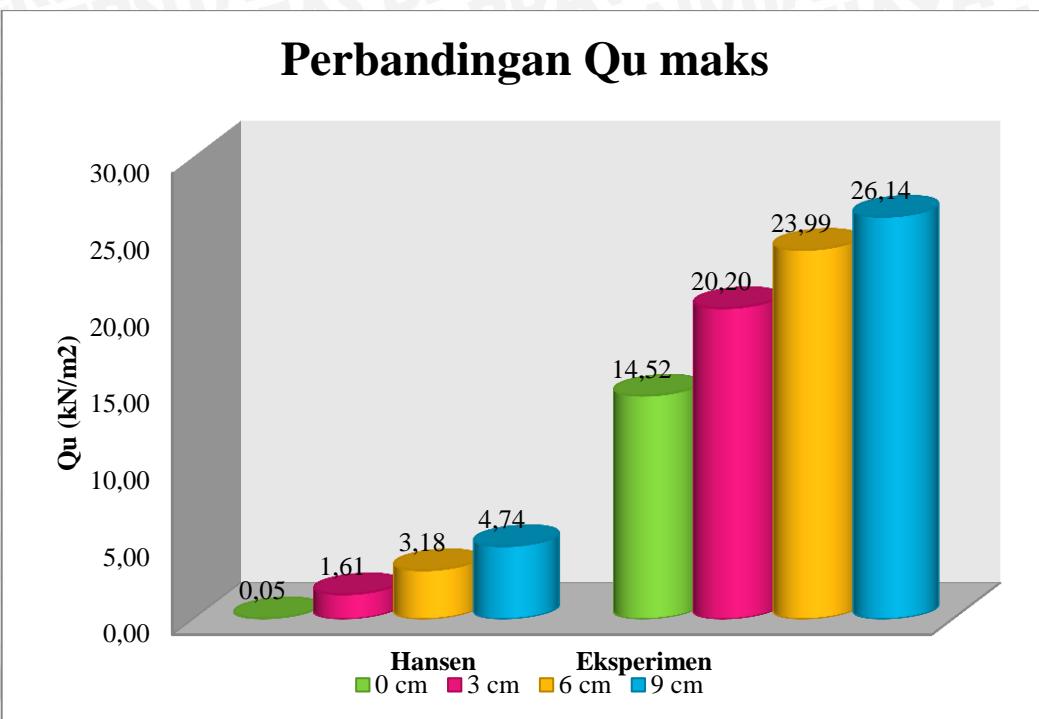
4.5.2.3 Perbandingan Nilai Daya Dukung pada Tanah Lereng dengan Variasi Kedalaman Pondasi Terhadap Jarak Pondasi

a. Kedalaman 0 cm ($D/H=0$)

Perbandingan nilai daya dukung tanah pada lereng dengan kedalaman pondasi 0 cm pada tepi lereng berdasarkan analisis, eksperimen, disajikan pada **Tabel** dibawah ini.

Tabel 4.25 Perbandingan nilai daya dukung

Jarak	Analitik	Eksperimen (kN/m^2)
	Metode Hansen (kN/m^2)	
0 cm	0,05	14,52
3 cm	1,61	20,20
6 cm	3,18	23,99
9 cm	4,74	26,14



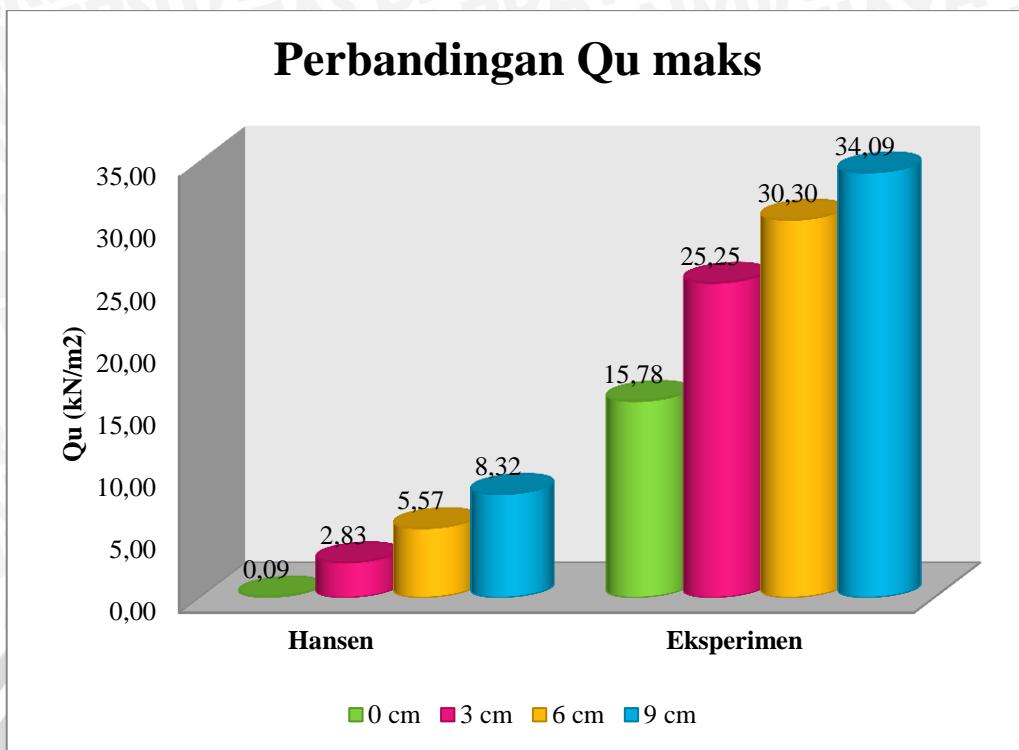
Gambar 4.30 Grafik perbandingan daya dukung

b. Kedalaman 3 cm ($D/H=0,043$)

Perbandingan nilai daya dukung tanah pada lereng dengan kedalaman pondasi 3 cm pada tepi lereng berdasarkan analisis, eksperimen, disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.26 Perbandingan nilai daya dukung

Jarak	Analitik	Eksperimen (kN/m²)
	Metode Hansen (kN/m²)	
0 cm	0,09	15,78
3 cm	2,83	25,25
6 cm	5,57	30,30
9 cm	8,32	34,09



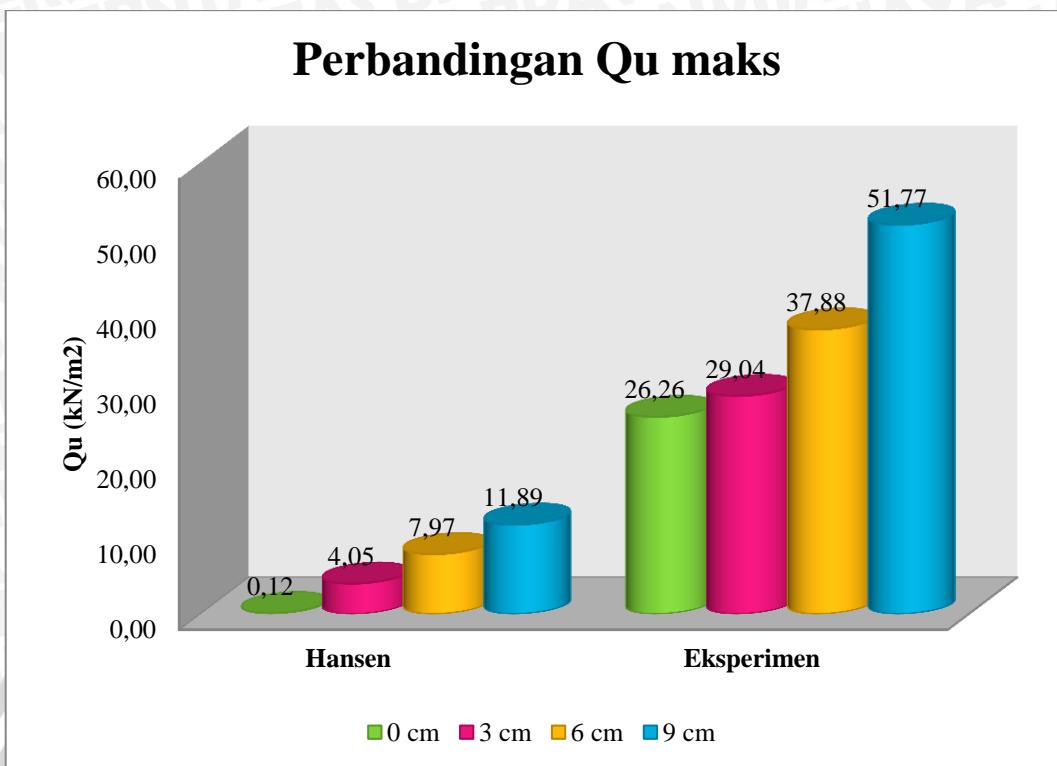
Gambar 4.31 Grafik perbandingan daya dukung

c. Kedalaman 6 cm ($D/H=0,086$)

Perbandingan nilai daya dukung tanah pada lereng dengan kedalaman pondasi 6 cm pada tepi lereng berdasarkan analisis, eksperimen, disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.27 Perbandingan nilai daya dukung

Jarak	Analitik	Eksperimen (kN/m²)
	Metode Hansen (kN/m²)	
0 cm	0,12	26,26
3 cm	4,05	29,04
6 cm	7,97	37,88
9 cm	11,89	51,77



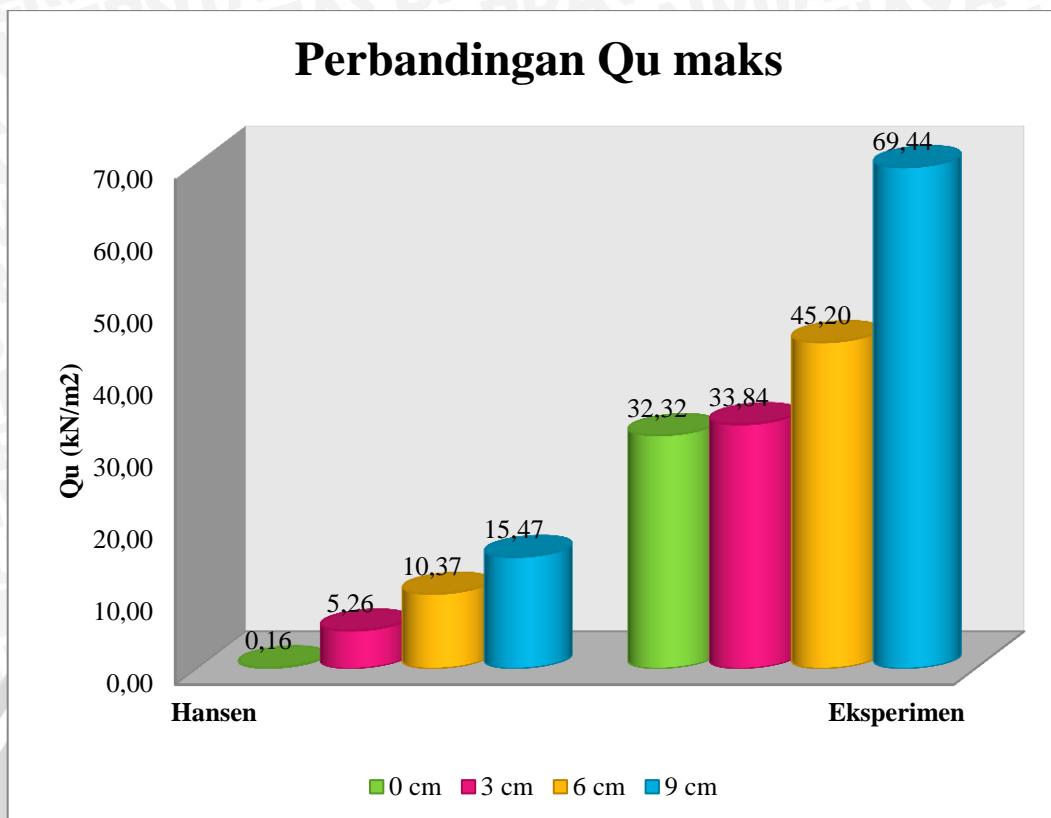
Gambar 4.32 Grafik perbandingan daya dukung

d. Kedalaman 9 cm ($D/H=0,129$)

Perbandingan nilai daya dukung tanah pada lereng dengan kedalaman pondasi 6 cm pada tepi lereng berdasarkan analisis, eksperimen, disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.28 Perbandingan nilai daya dukung

Jarak	Analitik	Eksperimen (kN/m ²)
	Metode Hansen (kN/m ²)	
0 cm	0,16	32,32
3 cm	5,26	33,84
6 cm	10,37	45,20
9 cm	15,47	69,44



Gambar 4.33 Grafik perbandingan daya dukung

4.6 Analisis Faktor *Relative Bearing Capacity Improvement (RBC)*

Relative Bearing Capacity adalah suatu faktor yang menjelaskan perbandingan antara daya dukung maksimum saat lereng diberikan perkuatan pondasi dengan daya dukung maksimum tanah datar. Ada dua metode menentukan RBC, antara lain berdasarkan daya dukung maksimum dan berdasarkan rasio penurunan (s/B).

4.6.1 RBC Berdasarkan Daya Dukung Ultimit (RBC_U) pada Variasi Jarak

Pondasi ke Tepi Lereng Terhadap Kedalaman Pondasi

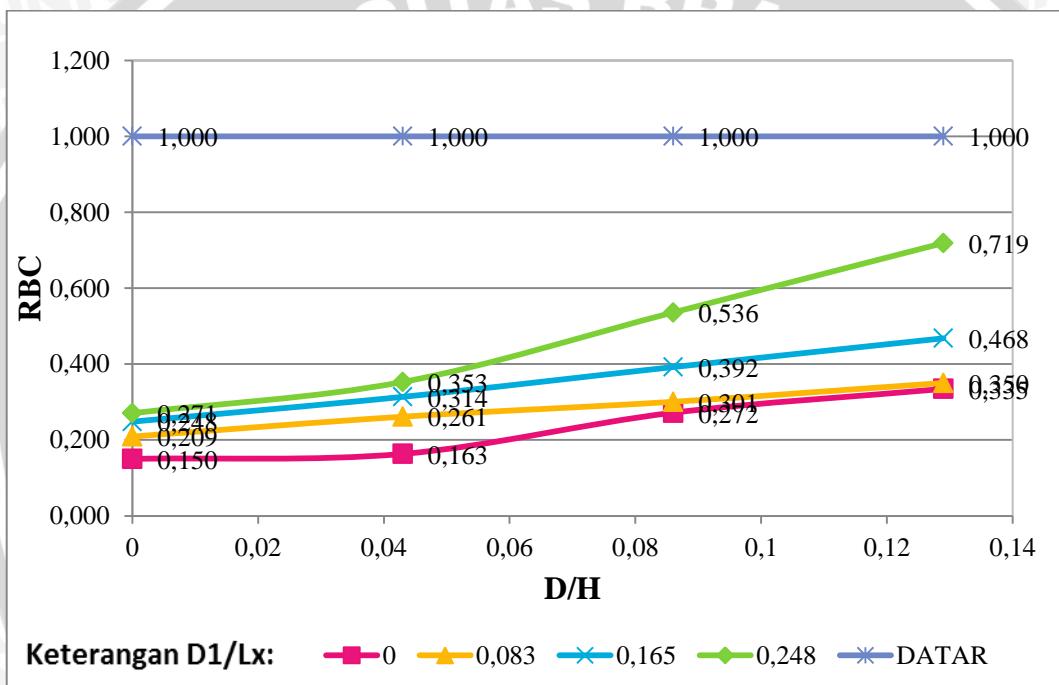
Nilai RBC berdasarkan daya dukung ultimit (RBC_U) untuk masing-masing variasi jarak dan variasi kedalaman dapat dilihat pada tabel dan .

Tabel 4.29 Nilai RBC_U berdasarkan hasil eksperimen

D/H	D1/Lx	Eksperimen	
		Qu (kN/m^2)	RBC
0,000	0,000	14,52	0,150
	0,083	20,20	0,209
	0,165	23,99	0,248
	0,248	26,14	0,271
0,043	0,000	15,78	0,163
	0,083	25,25	0,261
	0,165	30,30	0,314

	0,248	34,09	0,353
0,086	0,000	26,26	0,272
	0,083	29,04	0,301
	0,165	37,88	0,392
	0,248	51,77	0,536
	Datar	96,59	1,000

Grafik perbandingan daya dukung pada tanah datar dan tanah lereng ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.34 Grafik perbandingan daya dukung eksperimen

4.6.2 RBC Berdasarkan Daya Dukung Ultimit (RBC_U) pada Variasi Kedalaman Pondasi Terhadap Jarak Pondasi ke Tepi Lereng

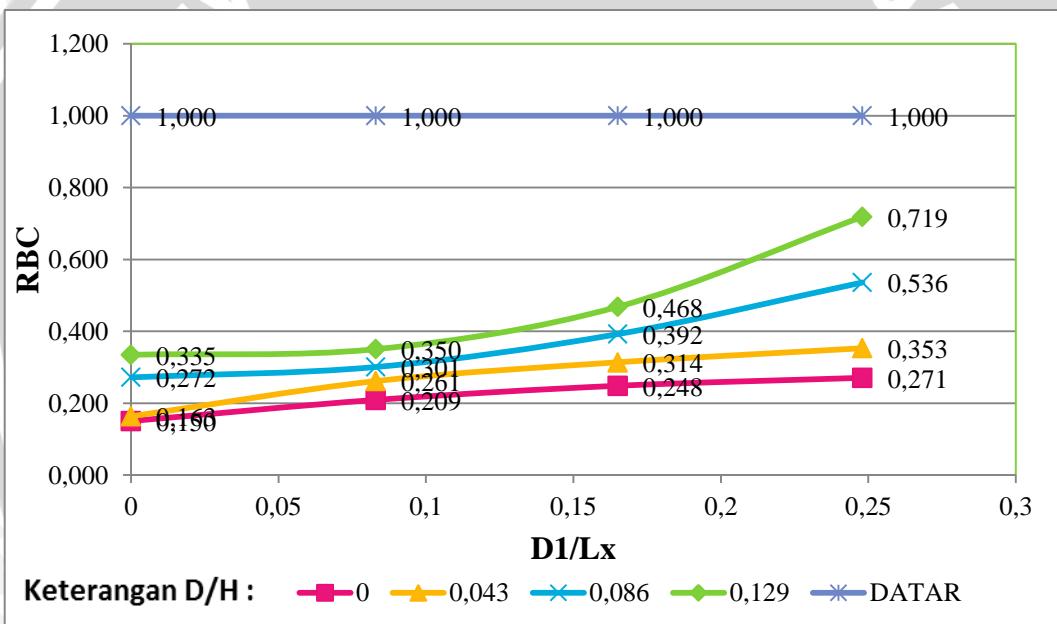
Nilai RBC berdasarkan daya dukung ultimit (RBC_U) untuk masing-masing variasi jarak dan variasi kedalaman dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.30 Nilai RBC_U berdasarkan hasil eksperimen

D1/Lx	D/H	Eksperimen	
		Qu (kN/m ²)	RBC
0,000	0,000	14,52	0,150
	0,043	15,78	0,163
	0,086	26,26	0,272
	0,129	32,32	0,335

	0,000	20,2	0,209
0,083	0,043	25,25	0,261
	0,086	29,04	0,301
	0,129	33,84	0,350
0,165	0,000	23,99	0,248
	0,043	30,30	0,314
	0,086	37,88	0,392
	0,129	45,2	0,468
0,248	0,000	26,14	0,271
	0,043	34,09	0,353
	0,086	51,77	0,536
	0,129	69,44	0,719
Datar		96,59	1,000

Grafik perbandingan daya dukung pada tanah datar dan tanah lereng ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.35 Grafik perbandingan daya dukung eksperimen

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan pengaruh variasi jarak dan kedalaman penempatan pondasi pada pemodelan fisik menggunakan tanah pasir terhadap daya dukung pondasi telah menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengamatan laboratorium diperoleh jenis kelongsoran rotasi (*circle*) pada badan lereng.
2. Semakin dekat jarak pondasi ke tepi lereng, maka beban runtuh yang mampu ditahan lereng semakin berkurang.
3. Penempatan lokasi pondasi yang optimum berdasarkan penelitian ini adalah diletakkan pada jarak 9cm pada tepi lereng ($D_1/L_x=0,129$).
4. Berdasarkan nilai *Bearing Capacity* lokasi optimum untuk memasang perkuatan adalah di jarak 9 cm dan kedalaman 9 cm ($D_1/L_x=0,129$) dan ($D/H=0,248$)
5. Berdasarkan analisis nilai penurunan tanah di bawah pondasi, terlihat bahwa semakin dekat jarak pondasi ke tepi lereng maka penurunan pondasi juga semakin rendah.

5.2 Saran

Analisis dalam penelitian ini merupakan hal kompleks yang harus sangat teliti dan terkontrol dalam pelaksanaannya, oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya diharapkan penelitian ini dapat menjadi lebih sempurna dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Kontrol kadar air dengan lebih teliti agar kadar air yang sama dapat didapatkan pada semua bagian lereng, serta melakukan kontrol kepadatan dengan baik agar merata diseluruh bagian model lereng.
2. Melakukan pengulangan percobaan yang lebih banyak lagi agar memperoleh tingkat validitas yang tinggi.

3. Sebaiknya peralatan yang digunakan pada penelitian harus dalam kondisi yang baik karena selama penelitian ini terdapat kerusakan pada beberapa alat seperti *dial gauge*, *load cell*, dongkrak hidrolis yang bocor, dan box yang bocor.
4. Menggunakan metode pemanjangan yang lebih cepat dan efisien sehingga waktu pengolahan menjadi lebih cepat dan dapat melakukan pengulangan yang lebih banyak.
5. Memberikan variasi sudut lereng yang lain, karena pada penelitian ini hanya menggunakan 1 sudut lereng yaitu 54° yang merupakan *unstable slope* sehingga perlu peninjauan yang lain untuk kondisi lereng tertentu.
6. Memberikan variasi bentuk pondasi beban dalam berbagai bentuk karena pada penelitian ini hanya digunakan 1 jenis pondasi beban yaitu pondasi beban persegi panjang menerus.



DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, M. D. (2008). *A Two Dimensional Analysis of the Bearing Capacity of Footings Near Slopes*. Queensland: University of Shouthern Queensland.
- B., A. C. (2005). *Scale Effects of Shallow Foundation Bearing Capacity on Granular Material*. Massachusetts: University of Massachusetts.
- Bontong, B. (2009). Pengaruh Kepadatan dan Kadar Air Terhadap Hambatan Penetrasi Sondir pada Tanah Pasir. *Majalah Ilmiah Mektek*, 7.
- Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis and Design*. New York: McGraw Hill.
- C. S., & M. G. (2009). Advances in Computational Limit State Analysis and Design. *Department of Civil & Structural Engineering*, 10.
- Cai, F., & K. U. (2000). Numerical Analysis of the Stability of a Slope Reinforced with Piles. *The Japanese Geotechnical Society*, 12.
- Chodhury, D., & Rao, K. S. (2006). Seismic Bearing Capacity of Shallow Strip Footings Embedded in Slope. *International Journal of Geomechanics*, 9.
- Cole, A. J. (2009). *A Comprehensive Study of Footing on c- Φ Soil Slopes - Numerical and Physical Modelling*. Queensland: University of Shouthern Queensland.
- Das, B. M. (2007). *Principles of Foundation Engineering*. Stamford: Cengage Learning.
- F. C., & E. M. (2009). Bearing Capacity of Strip Footings Near Slopes. *Springer Science+Business Media*, 12.
- Fatnanta, F., & Muhardi. (2009). *Mekanika Tanah II*. Jakarta: Universitas Gunadarma.
- Gunawan, I. R. (1990). *Pengantar Teknik Pondasi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Ip, K. W. (2005). *Bearing Capacity for Foundation near Slope*. Ottawa: Heritage Branch.
- K. G. (2010). Undrained Bearing Capacity of Strip Footings on Slopes. *JOURNAL OF GEOTECHNICAL AND GEOENVIRONMENTAL ENGINEERING*, 9.
- Kumar, S. A., & K. I. (2009). Response of Footing on Sand Slopes. *Indian Geotechnical Society Chennai Chapter*, 4.
- Lyle, N. R. (2009). *Comprehensive Design Charts for the Footing on Slopes Proble*, Queensland: University of Shouthern Queensland.
- Martini. (2009). Pengaruh Tingkat Kepadatan Tanah Terhadap Daya Dukung Tanah. *Jurnal SMARTEK*, 13.
- McClelland, D. E. (1998). *Application of Methods for Estimating the Bearing Capacity of Spread Footing in Bridges Approach Fills*. Oregon: Departement of Agriculture.
- McClelland, D. E. (1998). Application of Methods for Estimating the Bearing Capacity of Spread Footings in Bridge Approach Fills. *Geotechnical/Dams Engineering*, 15.
- Muntohar, A. S. (2000). *Analisis Stabilitas Lereng*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Nakazawa, K. (2000). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: PT. Pradnya



Paramita.

- Narita, K., & H. Y. (1990). Bearing Capacity Analysis of Foundations on Slopes by Use of Log-Spiral Sliding Surfaces. *Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 9.

Pardoyo, B., & Hidayat, A. (2006). Pengaruh Kadar Air Optimum dengan Variasi Kepadatan Terhadap Potensi dan Tekanan Mengembang pada Tanah Kohesif. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 11.

Pujiastuti, H. (2009). Efek Kerapatan Relatif (Dr) Terhadap Daya Dukung Fondasi Dangkal pada Tanah Pasiran dengan Beban Sentris. *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 8.

Purwana, Y. M., A. P., & W. S. (2008). Metode Keseimbangan Batas vs Metode Elemen Hingga untuk Analisis Pondasi Dangkal Menerus pada Tanah Kohesif. *Media Teknik Sipil*, 6.

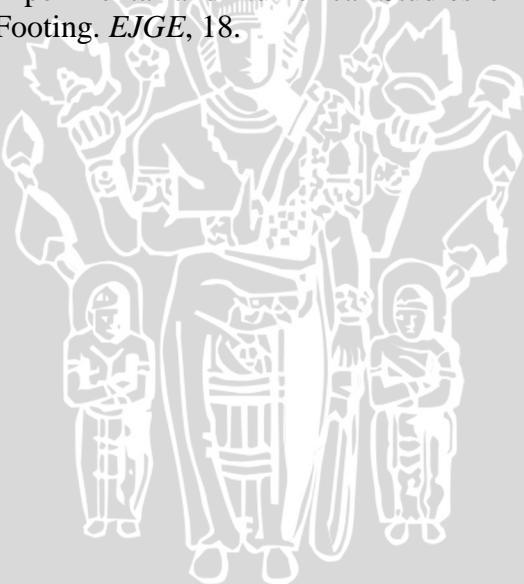
Santosa, B., H. S., & S. S. H. (1996). *Dasar Mekanika Tanah*. Jakarta: Universitas Gunadarma.

Setyabudi M.Sc., P. I. (2011). *Pondasi Dangkal*. Yogyakarta: Andi.

Shiau, J. S., Merifield, R. S., Lyamin, A. V., & Sloan, S. W. (2011). Undrained Stability of Footings on Slopes. *American Society of Civil Engineers*, 10.

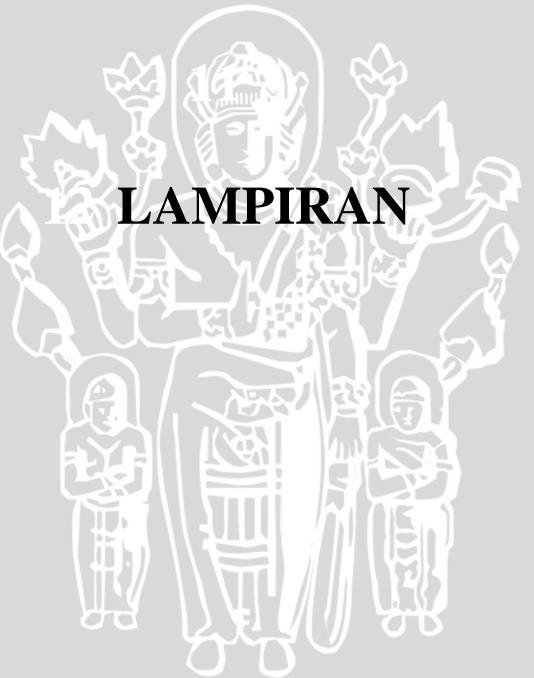
Utomo, P. (2007). Daya Dukung Ultimit Pondasi Dangkal di atas Tanah Pasir yang Diperkuat Geogrid. *Civil Engineering Dimension*, 6.

W. A., & A. F. (2010). Experimental and Numerical Studies of Sand Slopes Loaded with Skirted Strip Footing. *EJGE*, 18.



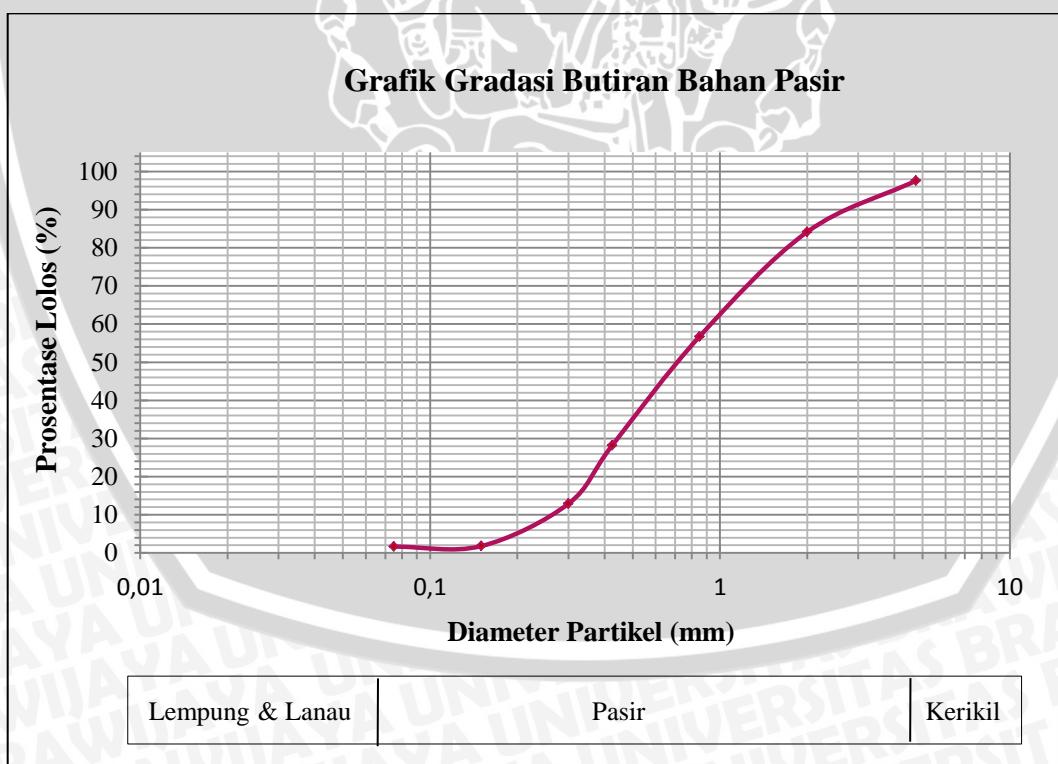
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN



Lampiran 1 Analisa Saringan

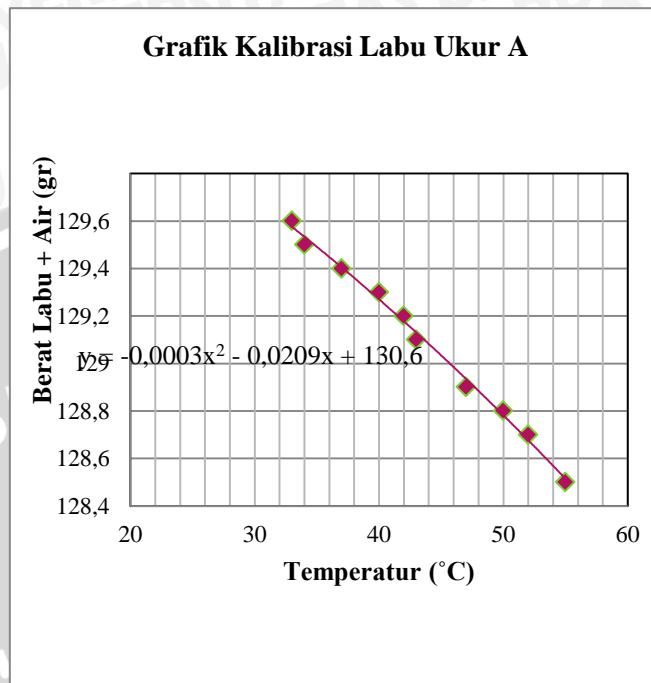
Diameter (Saringan no.)	Berat tertahan Saringan (gr)	Σ Berat Tertahan Saringan (gr)	Retained (%)	Finner (%)
4,75 mm (no. 4)	23.99	23.99	2.40	97.60
2,00 mm (no.10)	134.46	158.45	15.85	84.16
0,84 mm (no. 20)	274.25	432.70	43.27	56.73
0,42 mm (no. 40)	285.25	717.95	71.80	28.21
0,30 mm (no. 80)	153.07	871.02	87.10	12.90
0,15 mm (no. 100)	111.12	982.14	98.21	1.79
0.075 mm (no. 200)	1.30	983.44	98.34	1.66
PAN	16.56	1000.00	100.00	0.00



Lampiran 2 Perhitungan Berat Jenis (*Spesific Gravity*)

1. Labu Ukur A

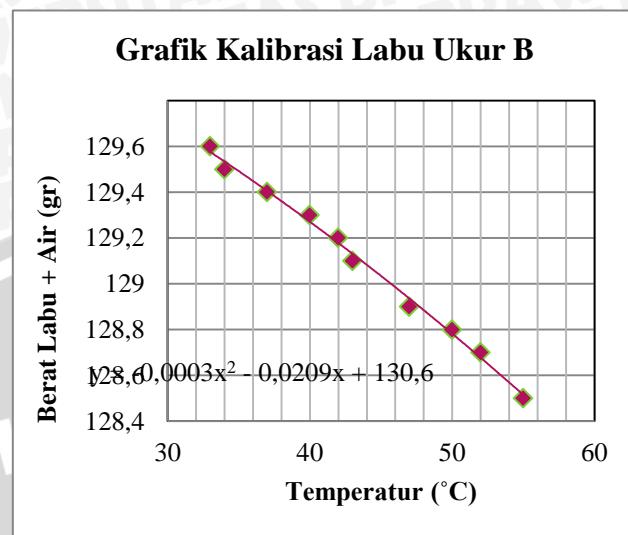
No	Berat Labu+Air (gr)	Temperatur (°C)
1	128.5	55
2	128.7	52
3	128.8	50
4	128.9	47
5	129.1	43
6	129.2	42
7	129.3	40
8	129.4	37
9	129.5	34
10	129.6	33



Berat tanah (Ws)	Gr	20				
Berat picnometer+air+tanah (W1)	Gr	140.5	141.5	141.8	142	142
Temperatur	°C	68	49	43	39	38
Berat picnometer + air (W2)	Gr	127.836	128.748	129.036	129.228	129.468
Spesific Gravity air (G1)	-	0.979	0.989	0.991	0.993	0.994
$G_s = (W_s * G_1) / (W_s - (W_1 - W_2))$	-	2.669	2.729	2.739	2.748	2.662
Rata-rata specific gravity tanah (Gs)	-	2.709				

2. Labu Ukur B

No	Berat Labu+Air (gr)	Temperatur (°C)
1	141.2	68
2	142.2	59
3	142.6	51
4	142.8	48
5	142.9	46
6	143.1	43
7	143.2	39
8	143.3	36
9	143.4	34
10	143.4	33



Berat tanah (Ws)	Gr	20				
Berat picnometer+air+tanah (W1)	Gr	154.5	155.1	155.4	155.8	156.2
Temperatur (°C)	°C	66	47	41	38	34
Berat picnometer + air (W2)	Gr	141.572	142.674	143.022	143.196	143.428
Spesific Gravity air (G1)	-	0.980	0.989	0.992	0.995	0.994
Gs =(Ws*G1)/(Ws-(W1-W2))	-	2.771	2.612	2.603	2.692	2.752
Rata-rata specific gravity tanah (Gs)	-	2.669				

Lampiran 3 Tes Kepadatan Standart di Laboratorium
ANALISIS UJI KEPADATAN STANDART (STANDARD COMPACTION)

Data :

mould weight	=	2003.8	gr
sample diameter	=	10	cm
sample height	=	12	cm

1. Perhitungan Water Content

Penambahan Air	m l	150			300			450		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Berat Cawan	gr	5.6	5.8	5.4	4.4	5.6	6	5.6	6	4.4
Berat Tanah Basah + Cawan	gr	26.2	30.8	27.8	31.8	28.6	27.6	30.6	33.2	27.4
Berat Tanah Kering + Cawan	gr	24.4	29.2	26	29.2	26.4	25	27.2	30.4	24.2
Berat Air	gr	1.8	1.6	1.8	2.6	2.2	2.6	3.4	2.8	3.2
Berat Tanah Kering	gr	18.8	23.4	20.6	24.8	20.8	19	21.6	24.4	19.8
Kadar Air	%	9.57	6.84	8.74	10.4 8	10.5 8	13.6 8	15.7 4	11.4 8	16.1 6
Kadar Air Rata-rata	%	8.38			11.5 8			14.4 6		
Penambahan Air	m l	600			750			900		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Berat Cawan	gr	6	5.6	5.8	5.8	6	5. 6	5.8	6	4.4
Berat Tanah Basah + Cawan	gr	29.4	27.2	36.6	34.4	37.8	34 .2	40.2	33 .2	37.4
Berat Tanah Kering + Cawan	gr	26.2	23.4	33.2	29.8	33.4	29 .8	35.4	27 .8	32.4
Berat Air	gr	3.2	3.8	3.4	4.6	4.4	4. 4	4.8	5. 4	5
Berat Tanah Kering	gr	20.2	17.8	27.4	24	27.4	24 .2	29.6	21 .8	28
Kadar Air	%	15.8 4	21.3 5	12.4 1	19.1 7	16.06	18 .1	16.22	24 .7	17.8 6
Kadar Air Rata-rata	%	16.53			17.80			19.61		

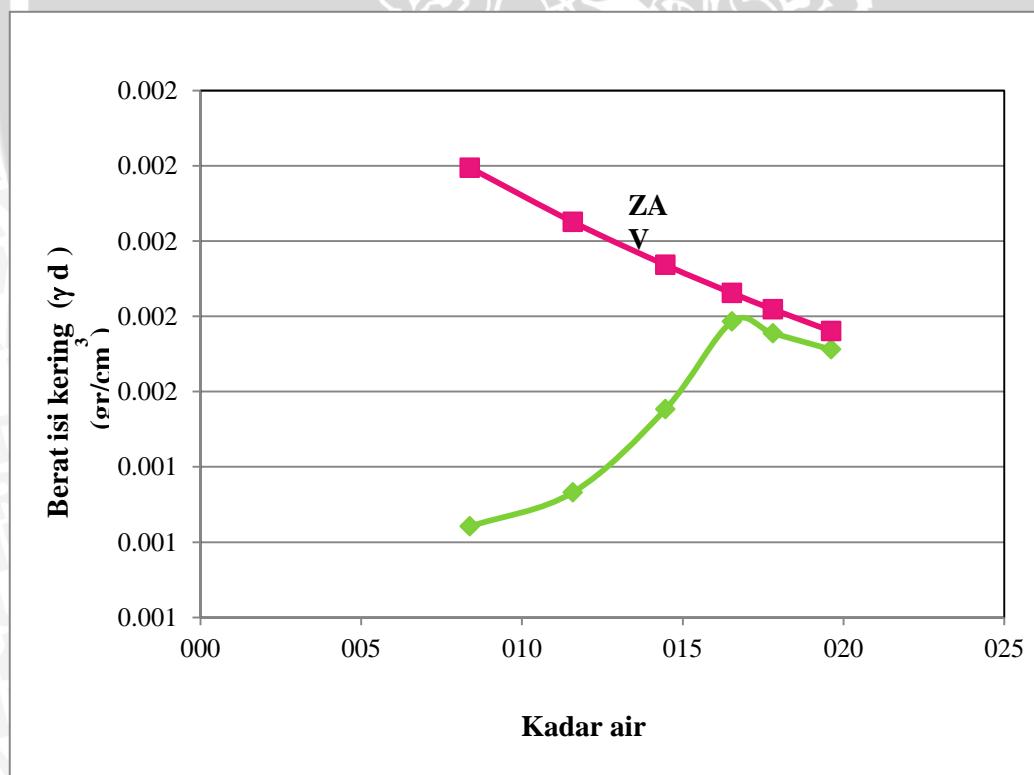


2. Perhitungan Berat Isi Kering

Penambahan Air	ml	150	300	450	600	750	900
Berat Cetakan	gr	2003. 8	2003. 8	2003. 8	2003. 8	2003. 8	2003. 8
Berat Tanah Basah + Cetakan	gr	3272. 8	3405. 4	3679. 8	3966. 2	3953. 2	3934. 6
Berat Tanah Basah	gr	1269	1401. 6	1676	1962. 4	1949. 4	1930. 8
Isi Cetakan	cm ³	942.8 6	942.8 6	942.8 6	942.8 6	942.8 6	942.8 6
Berat Isi Basah	gr/cm ³	1.346	1.487	1.778	2.081	2.068	2.048
Berat Isi Kering	gr/cm ³	1.242	1.332	1.553	1.786	1.755	1.712

3. Perhitungan Zero Air Void

Penambahan Air	ml	150	300	450	600	750	900
Kadar Air	%	8.38	11.58	14.46	16.53	17.80	19.61
G _s	gr/cm ³	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69
Berat Jenis Air	gr/cm ³	1	1	1	1	1	1
Berat Jenis Air (ZAV)	gr/cm ³	2.195	2.051	1.937	1.862	1.819	1.761

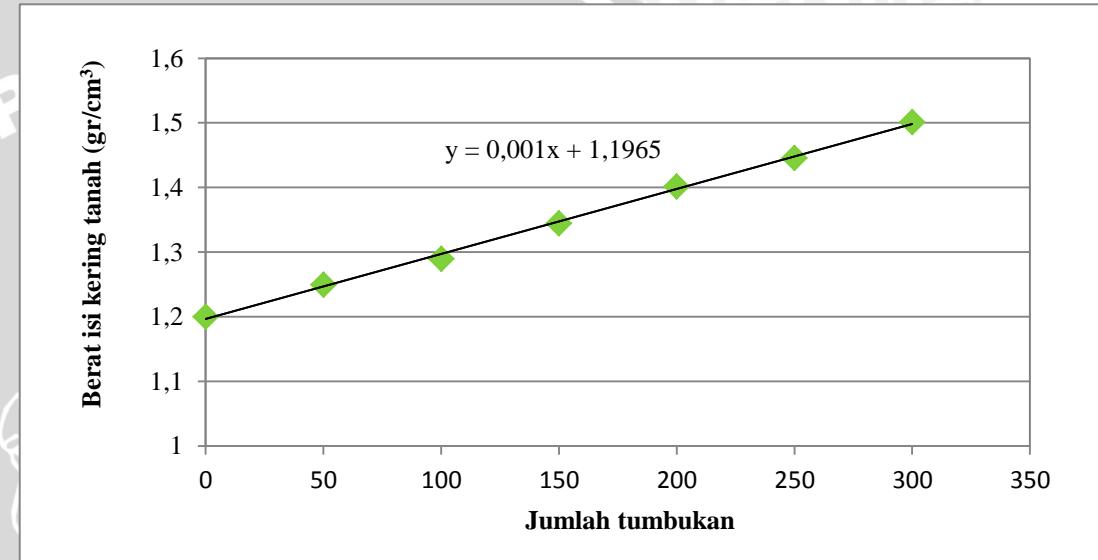


Lampiran 4 Data Hasil Trial Error Jumlah Tumbukan Dr = 74%

Lapisan	Berat isi tanah kering (gr/cm ³)							Berat isi tanah kering rata-rata(gr/cm ³)						
	0	50	100	150	200	250	300	0	50	100	150	200	250	300
I	1,2238	1,2238	1,2918	1,3428	1,3938	1,4448	1,5128	1,2012	1,2408	1,2805	1,331	1,3938	1,4391	1,4958
	1,2068	1,2408	1,2748	1,3258	1,4108	1,4448	1,4958							
	1,1728	1,2578	1,2748	1,3258	1,3768	1,4278	1,4788							
II	1,2153	1,2674	1,3021	1,3716	1,3889	1,4584	1,5278	1,2153	1,2674	1,3021	1,365	1,4063	1,4642	1,5162
	1,2327	1,25	1,3021	1,3542	1,4063	1,4757	1,5105							
	1,1979	1,2847	1,3021	1,3716	1,4236	1,4584	1,5105							
III	1,1944	1,2456	1,2967	1,3309	1,3991	1,4333	1,4844	1,183	1,2399	1,2854	1,336	1,4048	1,4333	1,49017
	1,2114	1,2285	1,2797	1,3309	1,3991	1,4333	1,4844							
	1,1432	1,2452	1,2797	1,3479	1,4162	1,4333	1,5015							
								1,1998	1,2494	1,2893	1,344	1,4016	1,4455	1,5007

Kadar Air :

Lapisan	1	2	3
Berat Mould	6	5,6	5,8
Berat Tanah Basah	30,6	32,4	28
Berat Tanah Kering	27	29,2	24,8
Kadar Air	13,33	10,96	12,90
Kadar Air rata-rata		12,40	



Lampiran 5 Uji Geser Langsung (*Direct Shear*) Dr 74%

Luas Sampel Uji : **28,274 cm²**

Kalibrasi : **0,358**

Diameter : **60 mm**

Tinggi Sample Uji : **21 mm**

Lapisan 3

Gaya Normal	$P_1 = 0,4 \text{ kg}$						Regangan
Tegangan Normal	$\sigma_1 = (P/A)*f = 0,20$						ϵ_h
Geseran Horizontal	Geseran Vertikal	Geseran Horizontal	Geseran Vertikal	Dial Reading	Gaya Geser (*0,358)	Tegangan Geser τ_1	$\Delta X/X_0$
		(Δx) mm	(Δy) mm				
0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0,25	0	5,5	1,969	0,070	0,004
50	0	0,5	0	6	2,148	0,076	0,008
75	1	0,75	0,01	7	2,506	0,089	0,013
100	1,5	1	0,015	8,5	3,043	0,108	0,017
125	3	1,25	0,03	9,5	3,401	0,120	0,021
150	5	1,5	0,05	10	3,580	0,127	0,025
175	6,5	1,75	0,065	11	3,938	0,139	0,029
200	8,5	2	0,085	11	3,938	0,139	0,033
225	10	2,25	0,1	11,5	4,117	0,146	0,038
250	12,5	2,5	0,125	11,5	4,117	0,146	0,042
275	14	2,75	0,14	12	4,296	0,152	0,046
300	17,5	3	0,175	12	4,296	0,152	0,050
325	19	3,25	0,19	12,5	4,475	0,158	0,054
350	21	3,5	0,21	12,8	4,582	0,162	0,058
375	23,5	3,75	0,235	12,8	4,582	0,162	0,063
400	26	4	0,26	12,8	4,582	0,162	0,067
425	27,5	4,25	0,275	12,8	4,582	0,162	0,071
450	29,5	4,5	0,295	12,8	4,582	0,162	0,075
475	31,5	4,75	0,315	12,8	4,582	0,162	0,079



Gaya Normal	$P_1 = 0,8 \text{ kg}$						Regangan
Tegangan Normal	$\sigma_1 = (P/A)*f = 0,40$						ε_h
Geseran Horizontal 1	Geseran Vertikal	Geseran Horizontal 1	Gesera n Vertika l 1	Dial	Gaya Geser	Teganga n Geser	$\Delta X/X_0$
		(Δx) mm	(Δy) mm	Readin g	(*0,358)	τ_1	
0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0,25	0	10	3,580	0,127	0,004
50	0	0,5	0	12	4,296	0,152	0,008
75	0	0,75	0	13	4,654	0,165	0,013
100	1	1	0,01	13,5	4,833	0,171	0,017
125	2	1,25	0,02	14	5,012	0,177	0,021
150	3,5	1,5	0,035	15	5,370	0,190	0,025
175	5	1,75	0,05	17,5	6,265	0,222	0,029
200	6	2	0,06	19	6,802	0,241	0,033
225	7,5	2,25	0,075	20	7,160	0,253	0,038
250	9	2,5	0,09	21,5	7,697	0,272	0,042
275	10	2,75	0,1	22	7,876	0,279	0,046
300	11,5	3	0,115	23,5	8,413	0,298	0,050
325	12	3,25	0,12	25	8,950	0,317	0,054
350	13,5	3,5	0,135	25	8,950	0,317	0,058
375	15	3,75	0,15	26	9,308	0,329	0,063
400	15,5	4	0,155	26	9,308	0,329	0,067
425	16,5	4,25	0,165	26	9,308	0,329	0,071
450	17,5	4,5	0,175	26	9,308	0,329	0,075
475	18,5	4,75	0,185	26	9,308	0,329	0,079
500	19	5	0,19	26	9,308	0,329	0,083

Gaya Normal	$P_1 = 1,2 \text{ kg}$						Regangan
Tegangan Normal	$\sigma_1 = (P/A) * f = 0,60$						ϵ_h
Geseran Horizontal	Geseran Vertikal	Geseran Horizontal 1	Geseran Vertikal 1	Dial Reading	Gaya Geser (*0,358)	Tegangan Geser τ_1	$\Delta X/X_0$
		(Δx) mm	(Δy) mm				
0	0	0	0	0	0	0	0
25	-1	0,25	-0,01	15	5,370	0,190	0,004
50	-1	0,5	-0,01	16	5,728	0,203	0,008
75	-1	0,75	-0,01	17,5	6,265	0,222	0,013
100	-0,5	1	-0,005	18	6,444	0,228	0,017
125	0,5	1,25	0,005	19	6,802	0,241	0,021
150	1,5	1,5	0,015	20	7,160	0,253	0,025
175	2,5	1,75	0,025	21,5	7,697	0,272	0,029
200	4	2	0,04	23	8,234	0,291	0,033
225	4	2,25	0,04	24,5	8,771	0,310	0,038
250	4,5	2,5	0,045	25	8,950	0,317	0,042
275	4,5	2,75	0,045	26	9,308	0,329	0,046
300	5	3	0,05	27,5	9,845	0,348	0,050
325	5,5	3,25	0,055	28	10,024	0,355	0,054
350	6	3,5	0,06	29,5	10,561	0,374	0,058
375	6,5	3,75	0,065	30,5	10,919	0,386	0,063
400	7	4	0,07	31	11,098	0,393	0,067
425	7,5	4,25	0,075	31	11,098	0,393	0,071
450	8	4,5	0,08	31	11,098	0,393	0,075
475	8	4,75	0,08	31	11,098	0,393	0,079
500	9	5	0,09	31	11,098	0,393	0,083
525	9	5,25	0,09	31	11,098	0,393	0,088
550	9,5	5,5	0,095	31	11,098	0,393	0,092
575	10	5,75	0,1	31	11,098	0,393	0,096



Lapisan 5

Gaya Normal	$P_1 = 0,4 \text{ kg}$						Regangan
Tegangan Normal	$\sigma_1 = (P/A)*f = 0,20$						ϵ_h
Geseran Horizontal	Geseran Vertikal	Geseran Horizontal	Geseran Vertikal	Dial Reading	Gaya Geser (*0,358)	Tegangan Geser τ_1	$\Delta X/X_0$
		(Δx) mm	(Δy) mm				
0	0	0	0	0	0	0	0
25	1	0,25	0,01	3,5	1,253	0,044	0,004
50	2	0,5	0,02	4,5	1,611	0,057	0,008
75	3,5	0,75	0,035	5	1,790	0,063	0,013
100	6	1	0,06	5,5	1,969	0,070	0,017
125	8	1,25	0,08	6	2,148	0,076	0,021
150	10	1,5	0,1	7,5	2,685	0,095	0,025
175	11	1,75	0,11	7,5	2,685	0,095	0,029
200	14,5	2	0,145	8,5	3,043	0,108	0,033
225	15,5	2,25	0,155	8,5	3,043	0,108	0,038
250	17	2,5	0,17	10	3,580	0,127	0,042
275	18	2,75	0,18	10	3,580	0,127	0,046
300	19,5	3	0,195	10	3,580	0,127	0,050
325	21	3,25	0,21	10	3,580	0,127	0,054
350	22	3,5	0,22	10	3,580	0,127	0,058
375	23,5	3,75	0,235	10	3,580	0,127	0,063
400	24	4	0,24	10	3,580	0,127	0,067
425	25,5	4,25	0,255	10	3,580	0,127	0,071

Gaya Normal	$P_1 = 0,8 \text{ kg}$						Regangan
Tegangan Normal	$\sigma_1 = (P/A) * f = 0,40$						ϵ_h
Geseran Horizontal 1	Geseran Vertikal 1	Geseran Horizontal 1	Geseran Vertikal 1	Dial Reading	Gaya Geser (*0,358)	Tegangan Geser τ_1	$\Delta X/X_0$
		(Δx) mm	(Δy) mm				
0	0	0	0	0	0	0	0
25	1	0,25	0,01	7	2,506	0,089	0,004
50	2	0,5	0,02	11	3,938	0,139	0,008
75	3,5	0,75	0,035	11	3,938	0,139	0,013
100	5	1	0,05	14	5,012	0,177	0,017
125	7	1,25	0,07	15	5,370	0,190	0,021
150	9	1,5	0,09	16,5	5,907	0,209	0,025
175	10	1,75	0,1	17	6,086	0,215	0,029
200	11	2	0,11	17	6,086	0,215	0,033
225	12	2,25	0,12	18,5	6,623	0,234	0,038
250	12,5	2,5	0,125	19	6,802	0,241	0,042
275	13	2,75	0,13	20	7,160	0,253	0,046
300	14	3	0,14	20,5	7,339	0,260	0,050
325	14,5	3,25	0,145	22	7,876	0,279	0,054
350	15	3,5	0,15	22	7,876	0,279	0,058
375	16,5	3,75	0,165	22	7,876	0,279	0,063
400	16,5	4	0,165	22	7,876	0,279	0,067
425	16,5	4,25	0,165	22	7,876	0,279	0,071
450	17	4,5	0,17	22	7,876	0,279	0,075
475	17	4,75	0,17	22	7,876	0,279	0,079

Gaya Normal	$P_1 = 1,2 \text{ kg}$						Regangan
Tegangan Normal	$\sigma_1 = (P/A) * f = 0,60$						ϵ_h
Geseran Horizontal 1	Geseran Vertikal 1	Geseran Horizontal 1	Geseran Vertikal 1	Dial	Gaya Geser	Tegangan Geser	$\Delta X/X_0$
		(Δx) mm	(Δy) mm	Reading	(*0,358)	τ_1	
0	0	0	0	0	0	0	0
25	-1	0,25	-0,01	16,5	5,907	0,209	0,004
50	-1	0,5	-0,01	18,5	6,623	0,234	0,008
75	-2	0,75	-0,02	19,5	6,981	0,247	0,013
100	-2,5	1	-0,025	20	7,160	0,253	0,017
125	-3	1,25	-0,03	21	7,518	0,266	0,021
150	-3	1,5	-0,03	22,5	8,055	0,285	0,025
175	-3	1,75	-0,03	23	8,234	0,291	0,029
200	-2,5	2	-0,025	24,5	8,771	0,310	0,033
225	-2	2,25	-0,02	27	9,666	0,342	0,038
250	-0,5	2,5	-0,005	29	10,382	0,367	0,042
275	0	2,75	0	31,5	11,277	0,399	0,046
300	1	3	0,01	32,5	11,635	0,412	0,050
325	2	3,25	0,02	32,5	11,635	0,412	0,054
350	3	3,5	0,03	32,5	11,635	0,412	0,058
375	4	3,75	0,04	34	12,172	0,430	0,063
400	5	4	0,05	34	12,172	0,430	0,067
425	6	4,25	0,06	34	12,172	0,430	0,071
450	6,5	4,5	0,065	34	12,172	0,430	0,075
475	7	4,75	0,07	34	12,172	0,430	0,079
500	8,5	5	0,085	34	12,172	0,430	0,083
525	9	5,25	0,09	34	12,172	0,430	0,088
550	10	5,5	0,1	34	12,172	0,430	0,092
575	11,5	5,75	0,115	34	12,172	0,430	0,096



Lapisan 7

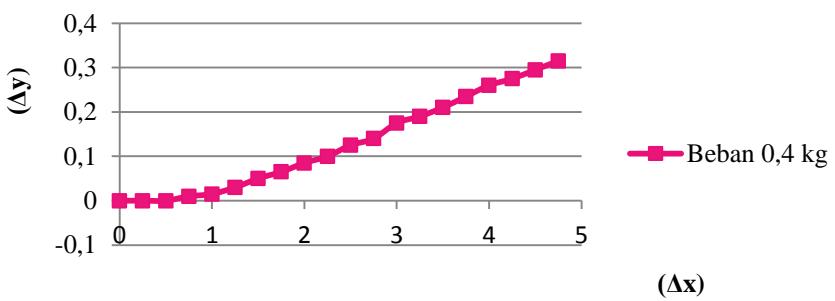
Gaya Normal	$P_1 = 0,4 \text{ kg}$						Regangan
Tegangan Normal	$\sigma_1 = (P/A) * f = 0,20$						ϵ_h
Geseran Horizontal 1	Geseran Vertikal 1	Geseran Horizontal 1	Geseran Vertikal 1	Dial	Gaya Geser	Tegangan Geser	$\Delta X/X_0$
		(Δx) mm	(Δy) mm	Reading	(*0,358)	τ_1	
0	0	0	0	0	0	0	0
25	1	0,25	0,01	6	2,148	0,076	0,004
50	3	0,5	0,03	7	2,506	0,089	0,008
75	4,5	0,75	0,045	8	2,864	0,101	0,013
100	6	1	0,06	9	3,222	0,114	0,017
125	7	1,25	0,07	11,5	4,117	0,146	0,021
150	8,5	1,5	0,085	13	4,654	0,165	0,025
175	10	1,75	0,1	14,5	5,191	0,184	0,029
200	11,5	2	0,115	15,5	5,549	0,196	0,033
225	12	2,25	0,12	15,5	5,549	0,196	0,038
250	13,5	2,5	0,135	16	5,728	0,203	0,042
275	15	2,75	0,15	16	5,728	0,203	0,046
300	16,5	3	0,165	16	5,728	0,203	0,050
325	18	3,25	0,18	16	5,728	0,203	0,054
350	20	3,5	0,2	16	5,728	0,203	0,058
375	21	3,75	0,21	16	5,728	0,203	0,063

Gaya Normal	$P_1 = 0,8 \text{ kg}$						Regangan n
Tegangan Normal	$\sigma_1 = (P/A)*f = 0,40$						ϵ_h
Geseran Horizontal 1	Gesera n Vertika 1	Geseran Horizontal 1	Gesera n Vertika 1	Dial	Gaya Geser	Tegangan Geser	$\Delta X/X_0$
		(Δx) mm	(Δy) mm	Reading	(*0,358)	τ_1	
0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0,25	0	12	4,296	0,152	0,004
50	0	0,5	0	13	4,654	0,165	0,008
75	0,5	0,75	0,005	14,5	5,191	0,184	0,013
100	1	1	0,01	15	5,370	0,190	0,017
125	2	1,25	0,02	17,5	6,265	0,222	0,021
150	3	1,5	0,03	19	6,802	0,241	0,025
175	3,5	1,75	0,035	20	7,160	0,253	0,029
200	4	2	0,04	21,5	7,697	0,272	0,033
225	5	2,25	0,05	23	8,234	0,291	0,038
250	6	2,5	0,06	25	8,950	0,317	0,042
275	6,5	2,75	0,065	26	9,308	0,329	0,046
300	7	3	0,07	27	9,666	0,342	0,050
325	8	3,25	0,08	28	10,024	0,355	0,054
350	9,5	3,5	0,095	28	10,024	0,355	0,058
375	10	3,75	0,1	28	10,024	0,355	0,063
400	11	4	0,11	28	10,024	0,355	0,067
425	12	4,25	0,12	28	10,024	0,355	0,071
450	12,5	4,5	0,125	28	10,024	0,355	0,075
475	13	4,75	0,13	28	10,024	0,355	0,079
500	14	5	0,14	28	10,024	0,355	0,083
525	15,5	5,25	0,155	28	10,024	0,355	0,088

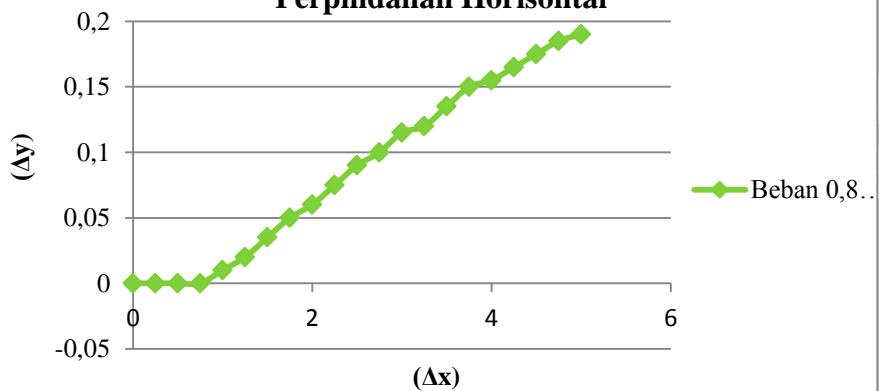
Gaya Normal	$P_1 = 1,2 \text{ kg}$						Regangan n
Tegangan Normal	$\sigma_1 = (P/A) * f = 0,60$						ϵ_h
Geseran Horizontal 1	Gesera n Vertika 1	Geseran Horizontal 1	Gesera n Vertika 1	Dial	Gaya Geser	Tegangan Geser	$\Delta X/X_0$
		(Δx) mm	(Δy) mm	Reading	(*0,358)	τ_1	
0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0,25	0	17	6,086	0,215	0,004
50	1	0,5	0,01	19,5	6,981	0,247	0,008
75	1,5	0,75	0,015	21	7,518	0,266	0,013
100	2	1	0,02	22,5	8,055	0,285	0,017
125	2,5	1,25	0,025	24,5	8,771	0,310	0,021
150	3,5	1,5	0,035	27	9,666	0,342	0,025
175	4,5	1,75	0,045	28,5	10,203	0,361	0,029
200	5	2	0,05	31	11,098	0,393	0,033
225	5	2,25	0,05	32,5	11,635	0,412	0,038
250	5	2,5	0,05	34,5	12,351	0,437	0,042
275	5	2,75	0,05	36	12,888	0,456	0,046
300	6	3	0,06	37,5	13,425	0,475	0,050
325	7	3,25	0,07	39	13,962	0,494	0,054
350	7	3,5	0,07	39	13,962	0,494	0,058
375	8	3,75	0,08	39	13,962	0,494	0,063
400	9	4	0,09	39	13,962	0,494	0,067
425	9	4,25	0,09	39	13,962	0,494	0,071
450	10	4,5	0,1	39	13,962	0,494	0,075
475	10	4,75	0,1	39	13,962	0,494	0,079
500	10,5	5	0,105	39	13,962	0,494	0,083
525	11	5,25	0,11	39	13,962	0,494	0,088

Lapisan 3

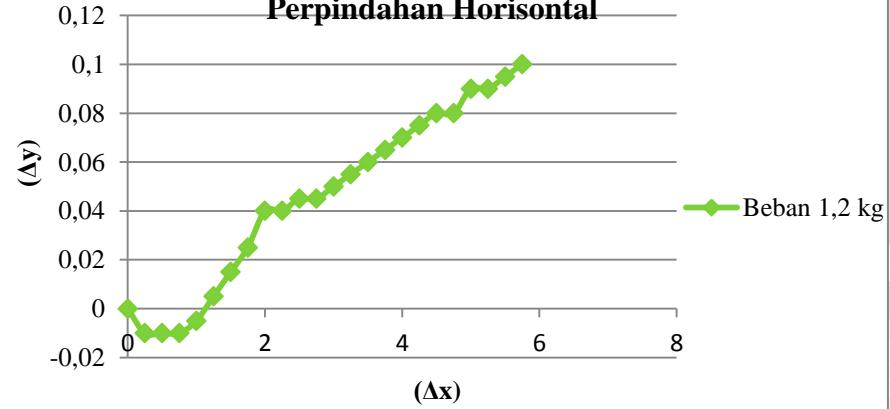
Grafik antara Perpindahan Vertikal dengan Perpindahan Horisontal

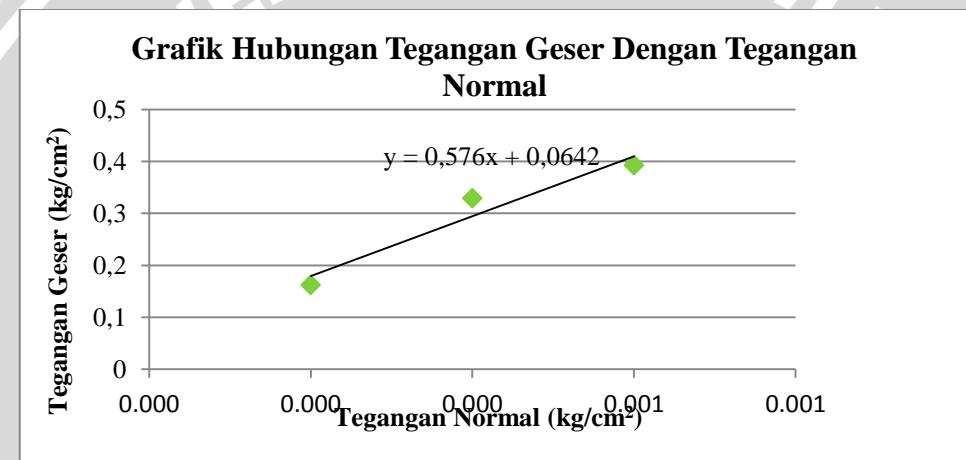
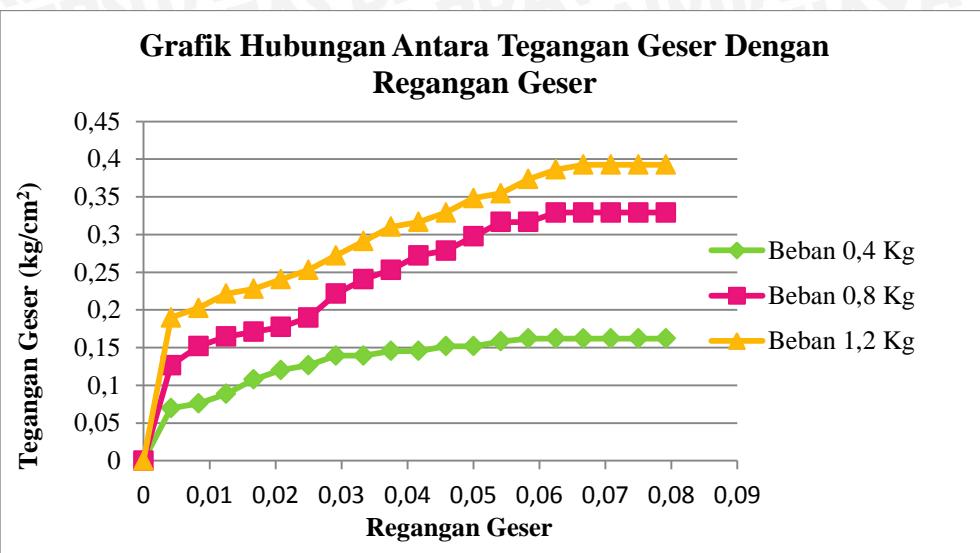


Grafik antara Perpindahan Vertikal dengan Perpindahan Horisontal

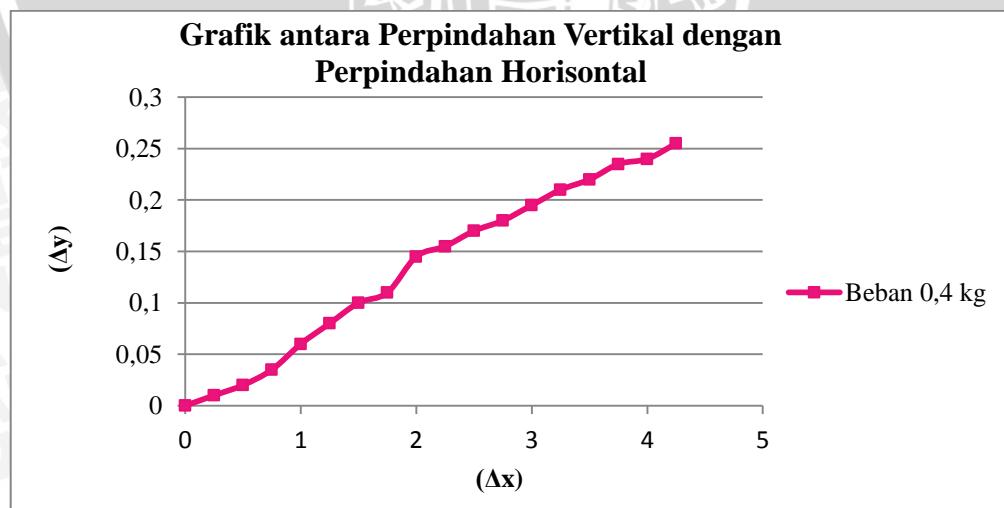


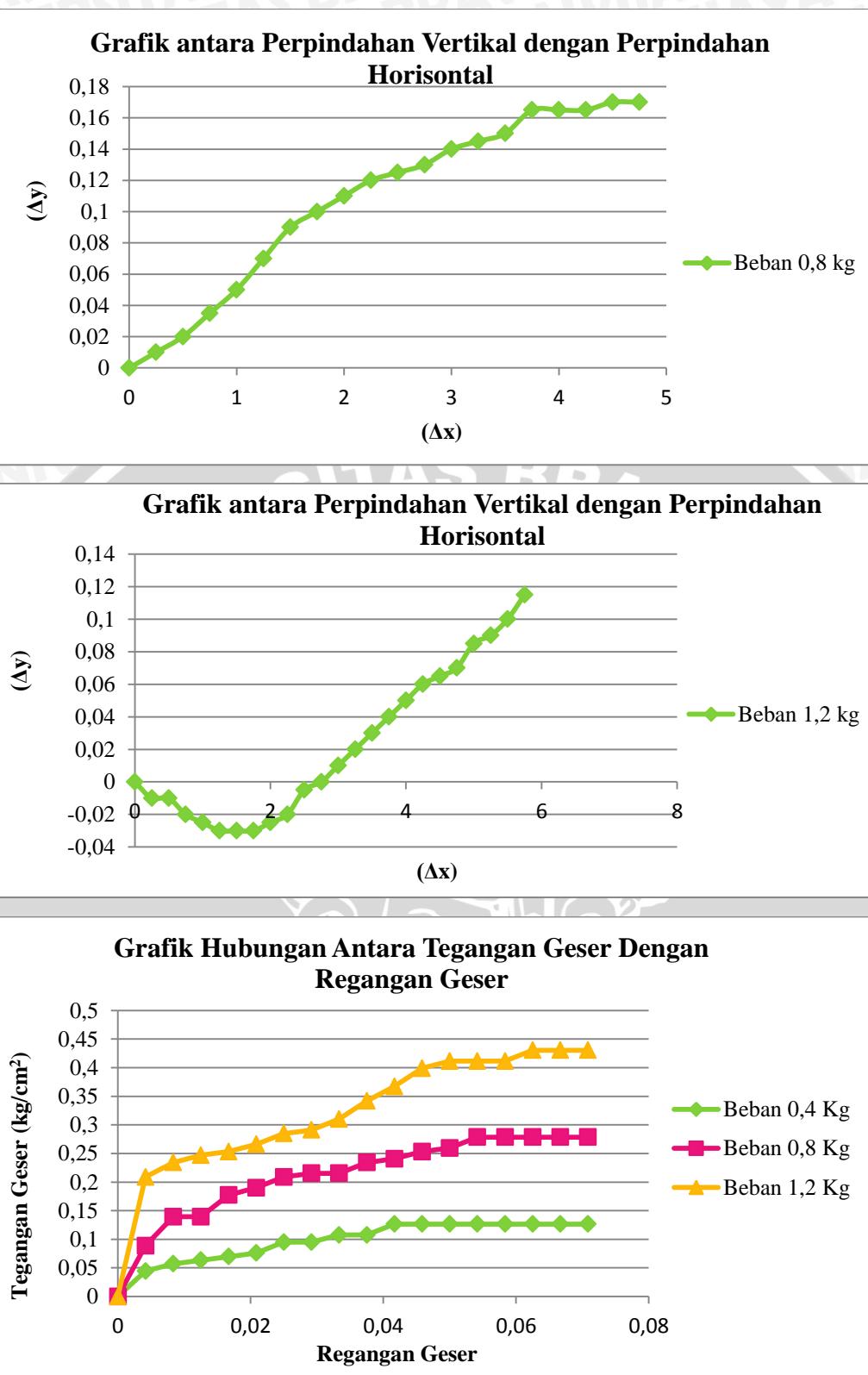
Grafik antara Perpindahan Vertikal dengan Perpindahan Horisontal

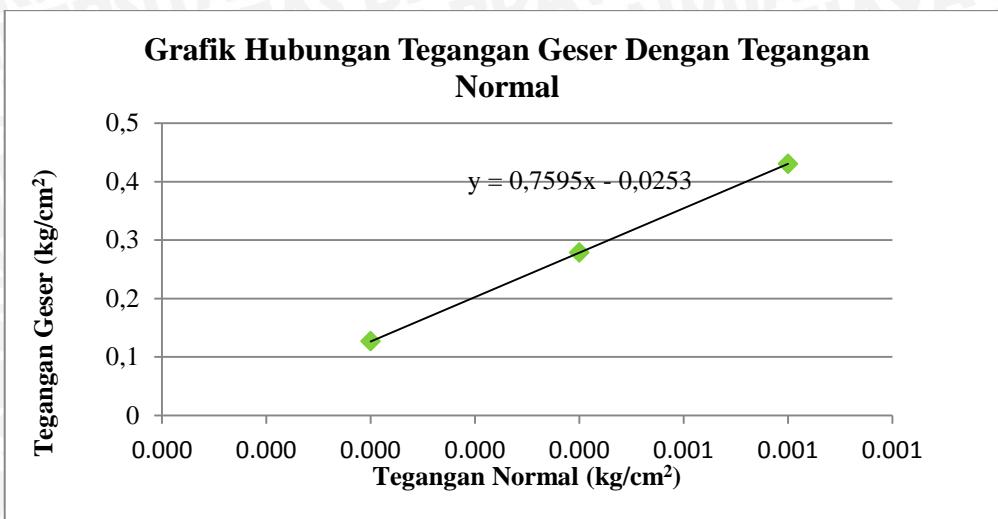




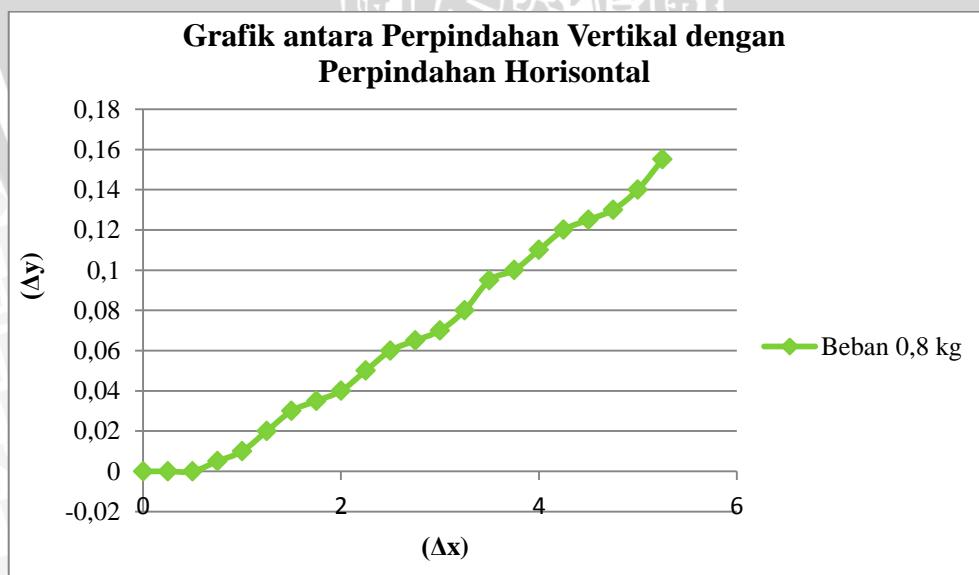
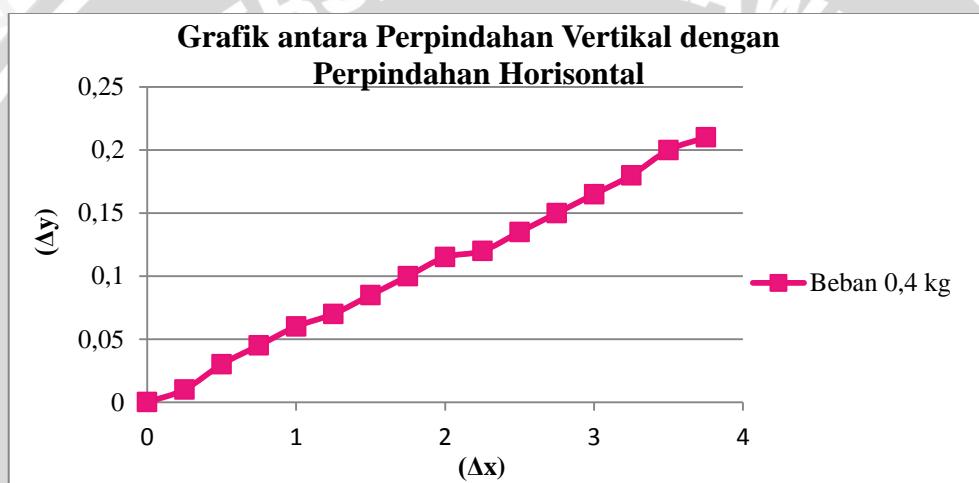
Lapisan 5

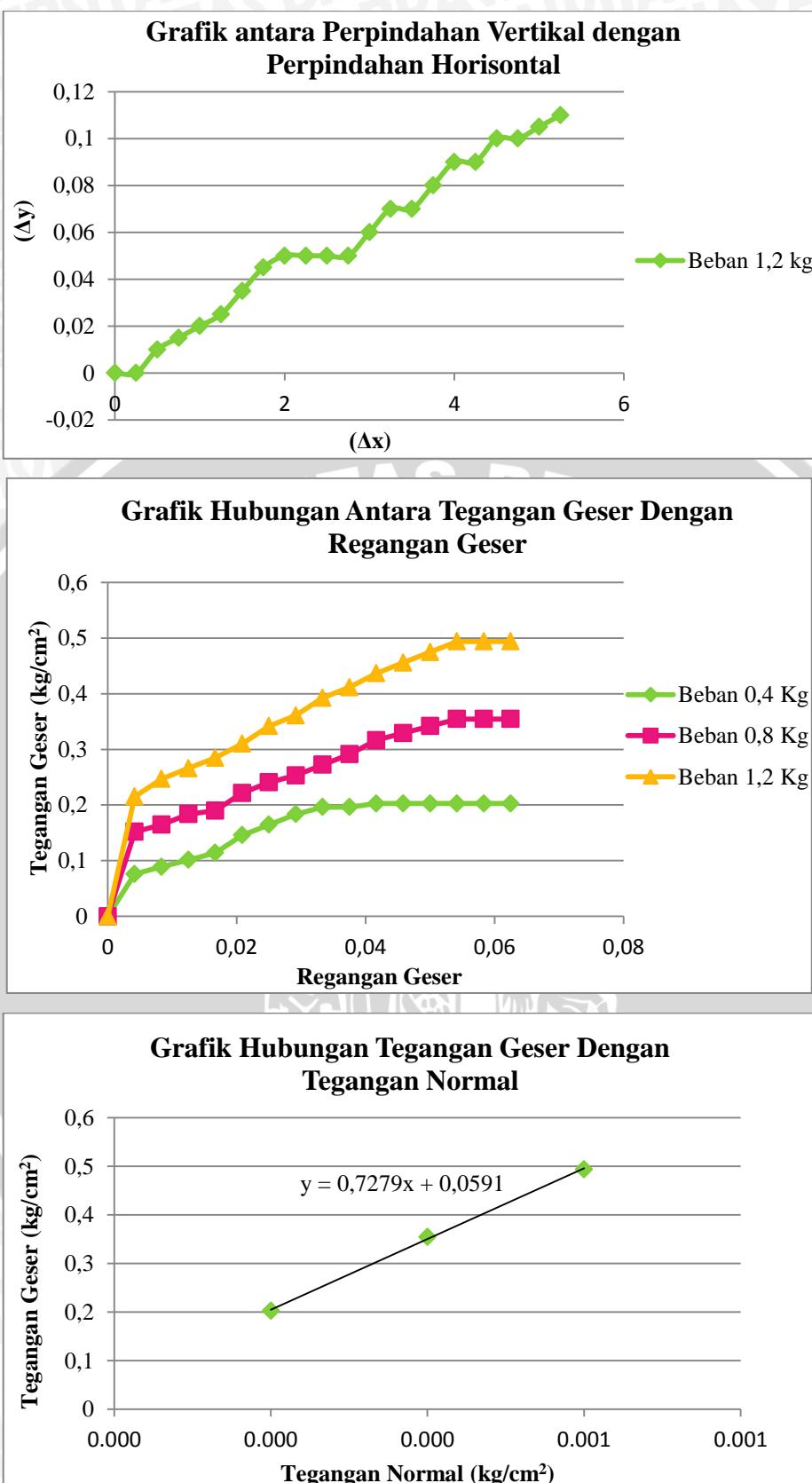






Lapisan 7





Lampiran 6 Data Kadar Air

a. Tanah Tanpa Lereng

Tanah Tanpa Lereng Lebar Pondasi 8 cm

Lapisan	1	2	3	4	5	6	7
Berat Cawan	4,2	4,4	5,8	5,8	5,6	4,2	5,8
Berat Tanah Basah	40,6	40,2	42	42,8	42	41,4	43,8
Berat Tanah Kering	37	37,2	38	38,6	36,8	35,8	39,6
Kadar Air (%)	10,98	9,15	12,42	12,80	16,67	17,72	12,43
Kadar Air rata-rata (%)	13,17						

b. Tanah Lereng dengan Variasi Jarak dan Kedalaman

1. Jarak 0cm, Kedalaman 0cm

LAYER	RING		BERAT		BERAT		BERAT		KADAR		
	1	2	BASAH	CAWAN	KERING	AIR					
1	36,8	gr	36,8	gr	41,20	gr	4,2	gr	38	gr	9,47 %
2	36,6	gr	36,8	gr	41,20	gr	4,6	gr	37	gr	12,96 %
3	36,6	gr	36,8	gr	38,20	gr	5,8	gr	37,2	gr	3,18 %
4	37,4	gr	37,6	gr	43,80	gr	5,8	gr	38,2	gr	17,28 %
5	37	gr	37	gr	42,80	gr	5,8	gr	37,2	gr	17,83 %
6	36,8	gr	36,4	gr	40,60	gr	4,4	gr	37,4	gr	9,70 %
7	37,8	gr	37,8	gr	44,00	gr	5,8	gr	39	gr	15,06 %
											12,21 %

2. Jarak 0cm, Kedalaman 3cm

LAYER	RING		BERAT		BERAT		BERAT		KADAR		
	1	2	BASAH	CAWAN	KERING	AIR					
1	36,8	gr	36,2	gr	42,2	gr	5,8	gr	38,4	gr	11,66 %
2	37,6	gr	37	gr	43,8	gr	5,6	gr	40	gr	11,05 %
3	36	gr	37,2	gr	42,4	gr	6,2	gr	38,4	gr	12,42 %
4	36,6	gr	36,4	gr	42	gr	6	gr	39	gr	9,09 %
5	37	gr	36,4	gr	41,8	gr	4,8	gr	37,4	gr	13,50 %
6	35,8	gr	37	gr	42,2	gr	6	gr	37,8	gr	13,84 %
7	36	gr	36,2	gr	41,4	gr	5,8	gr	37,2	gr	13,38 %
											12,13 %

3. Jarak 0cm, Kedalaman 6cm

LAYER	RING		BERAT		BERAT		BERAT		KADAR		
	1	2	BASAH	CAWAN	KERING	AIR					
1	37	gr	36,4	gr	40,6	gr	4,2	gr	36	gr	14,47 %
2	36	gr	35,8	gr	39	gr	4,4	gr	35	gr	13,07 %
3	36,4	gr	36	gr	41,8	gr	5,8	gr	36,2	gr	18,42 %
4	36	gr	37,4	gr	42,2	gr	5,8	gr	40,2	gr	5,81 %
5	36,6	gr	37	gr	42,6	gr	5,8	gr	39,2	gr	10,18 %
6	37,2	gr	37,2	gr	42,2	gr	4,2	gr	39	gr	9,20 %



7	37,4	gr	36,4	gr	42,4	gr	5,8	gr	38,2	gr	12,96	%
											12,02	%

4. Jarak 0cm, Kedalaman 9cm

LAYER	RING		BERAT BASAH	BERAT CAWAN	BERAT KERING	KADAR AIR						
	1	2										
1	36,2	gr	36,2	gr	41,6	gr	5,8	gr	34	gr	26,95	%
2	36,4	gr	36	gr	40,8	gr	5,6	gr	34,8	gr	20,55	%
3	36,2	gr	36,6	gr	42	gr	6,2	gr	38,6	gr	10,49	%
4	36	gr	36	gr	39,2	gr	6	gr	38,6	gr	1,84	%
5	36	gr	36	gr	39	gr	4,8	gr	36	gr	9,62	%
6	37,6	gr	37,2	gr	43,2	gr	6	gr	42	gr	3,33	%
7	36,8	gr	36,8	gr	42,2	gr	5,2	gr	38	gr	12,80	%
											12,23	%

5. Jarak 3cm, Kedalaman 0cm

LAYER	RING		BERAT BASAH	BERAT CAWAN	BERAT KERING	KADAR AIR						
	1	2										
1	36,2	gr	36	gr	41,2	gr	5,8	gr	38,6	gr	7,93	%
2	36,8	gr	36	gr	41,8	gr	5,8	gr	40	gr	5,26	%
3	36	gr	36,2	gr	41,4	gr	6,2	gr	37	gr	14,29	%
4	36	gr	36	gr	40,8	gr	5,8	gr	38	gr	8,70	%
5	36	gr	36	gr	40	gr	4,6	gr	36,6	gr	10,63	%
6	37	gr	36,8	gr	42,8	gr	5,8	gr	36,2	gr	21,71	%
7	37	gr	37	gr	42	gr	5,8	gr	37	gr	16,03	%
											12,08	%

6. Jarak 3cm, Kedalaman 3cm

LAYER	RING		BERAT BASAH	BERAT CAWAN	BERAT KERING	KADAR AIR						
	1	2										
1	36	gr	36,2	gr	39	gr	5,8	gr	36,4	gr	8,50	%
2	36,2	gr	37	gr	42,2	gr	5,6	gr	39	gr	9,58	%
3	36,2	gr	36,6	gr	42,2	gr	6,2	gr	39,2	gr	9,09	%
4	37,2	gr	36,4	gr	42,4	gr	6	gr	36,8	gr	18,18	%
5	36,6	gr	36	gr	40,4	gr	4,8	gr	38,6	gr	5,33	%
6	36	gr	36,4	gr	41,6	gr	6	gr	37	gr	14,84	%
7	37,2	gr	36,6	gr	42,8	gr	5,8	gr	36,8	gr	19,35	%
											12,12	%

7. Jarak 3cm, Kedalaman 6cm

LAYER	RING		BERAT BASAH	BERAT CAWAN	BERAT KERING	KADAR AIR						
	1	2										
1	36,2	gr	37,2	gr	42,8	gr	5,8	gr	40	gr	8,19	%
2	36,6	gr	36,8	gr	41,4	gr	5,6	gr	37	gr	14,01	%
3	37,4	gr	36,6	gr	43,4	gr	6,2	gr	38,6	gr	14,81	%
4	36,2	gr	37	gr	42,6	gr	5,8	gr	38,6	gr	12,20	%
5	36,4	gr	36,8	gr	41,6	gr	4,8	gr	38	gr	10,84	%



6	37	gr	37	gr	43,2	gr	6	gr	39,8	gr	10,06	%
7	37,4	gr	37,4	gr	44	gr	5,8	gr	38,8	gr	15,76	%
											12,27	%

8. Jarak 3cm, Kedalaman 9cm

LAYER	RING		BERAT		BERAT		BERAT		KADAR			
	1	2	BASAH	CAWAN	KERING	AIR						
1	36	gr	36	gr	39,6	gr	4,2	gr	36	gr	11,32	%
2	36,6	gr	37,2	gr	41,4	gr	4,4	gr	37	gr	13,50	%
3	37,2	gr	36,4	gr	42,6	gr	5,8	gr	40	gr	7,60	%
4	37,4	gr	36,8	gr	43,4	gr	5,8	gr	39	gr	13,25	%
5	37,8	gr	37,4	gr	43,2	gr	5,6	gr	38	gr	16,05	%
6	37,6	gr	37,8	gr	43	gr	4,2	gr	39,8	gr	8,99	%
7	36,8	gr	37,8	gr	43,2	gr	5,8	gr	38	gr	16,15	%
											12,41	%

9. Jarak 6cm, Kedalaman 0cm

LAYER	RING		BERAT		BERAT		BERAT		KADAR			
	1	2	BASAH	CAWAN	KERING	AIR						
1	36,4	gr	36,6	gr	40,4	gr	4,2	gr	38	gr	7,10	%
2	36,4	gr	36,2	gr	40	gr	4,4	gr	35,2	gr	15,58	%
3	36,2	gr	36,6	gr	42,2	gr	5,6	gr	37,8	gr	13,66	%
4	36,4	gr	36	gr	41,4	gr	5,8	gr	37,8	gr	11,25	%
5	37	gr	36,2	gr	42,4	gr	5,6	gr	38	gr	13,58	%
6	36	gr	36,8	gr	40	gr	4,2	gr	36,2	gr	11,88	%
7	36,8	gr	37,4	gr	42,8	gr	5,8	gr	38,2	gr	14,20	%
											12,46	%

10. Jarak 6cm, Kedalaman 3cm

LAYER	RING		BERAT		BERAT		BERAT		KADAR			
	1	2	BASAH	CAWAN	KERING	AIR						
1	36	gr	36,2	gr	39,8	gr	4,2	gr	36,4	gr	10,56	%
2	37	gr	37,6	gr	41,8	gr	4,4	gr	37	gr	14,72	%
3	36,6	gr	36,4	gr	42	gr	4,2	gr	38,2	gr	11,18	%
4	37,2	gr	37,2	gr	41,4	gr	4,4	gr	36,8	gr	14,20	%
5	37,2	gr	37,4	gr	43,2	gr	5,8	gr	40	gr	9,36	%
6	37,6	gr	36,2	gr	40,8	gr	4,2	gr	37	gr	11,59	%
7	36,6	gr	36,4	gr	41,2	gr	5,8	gr	36,8	gr	14,19	%
											12,26	%

11. Jarak 6cm, Kedalaman 6cm

LAYER	RING		BERAT		BERAT		BERAT		KADAR			
	1	2	BASAH	CAWAN	KERING	AIR						
1	36,6	gr	36,6	gr	41	gr	4,2	gr	35,2	gr	18,71	%
2	36,6	gr	36,8	gr	41,2	gr	4,2	gr	36	gr	16,35	%

3	36,4	gr	36,6	gr	42	gr	5,8	gr	38,6	gr	10,37	%
4	36	gr	36,6	gr	42,2	gr	5,8	gr	40	gr	6,43	%
5	36,4	gr	37,6	gr	43	gr	5,8	gr	40,2	gr	8,14	%
6	36,2	gr	36,8	gr	40,8	gr	4,2	gr	36	gr	15,09	%
7	36	gr	36,8	gr	42,4	gr	5,8	gr	39	gr	10,24	%
											12,19	%

12. Jarak 6cm, Kedalaman 9cm

LAYER	RING		BERAT BASAH	BERAT CAWAN	BERAT KERING	KADAR AIR
	1	2				
1	36,4	gr	36,6	gr	40	gr
2	36	gr	36,4	gr	40,2	gr
3	37,6	gr	37,6	gr	43,8	gr
4	36,6	gr	36,4	gr	41,8	gr
5	37	gr	36,4	gr	42,4	gr
6	37,2	gr	36	gr	40,6	gr
7	37,6	gr	38	gr	44,8	gr
						12,38 %

13. Jarak 9cm, Kedalaman 0cm

LAYER	RING		BERAT BASAH	BERAT CAWAN	BERAT KERING	KADAR AIR
	1	2				
1	37	gr	36,4	gr	41,6	gr
2	36,6	gr	36,8	gr	42,2	gr
3	36,4	gr	38,8	gr	42,8	gr
4	36,4	gr	36,8	gr	41,8	gr
5	36,6	gr	36,6	gr	41	gr
6	36,7	gr	36,2	gr	40,8	gr
7	36,2	gr	36,2	gr	41,8	gr
						12,23 %

14. Jarak 9cm, Kedalaman 3cm

LAYER	RING		BERAT BASAH	BERAT CAWAN	BERAT KERING	KADAR AIR
	1	2				
1	36,2	gr	36,6	gr	40,6	gr
2	36	gr	36,2	gr	39,4	gr
3	37,8	gr	37,2	gr	44	gr
4	35,8	gr	36,4	gr	41	gr
5	37,2	gr	37,2	gr	42,8	gr
6	36,8	gr	36,4	gr	40,6	gr
7	36,4	gr	36	gr	41,2	gr
						12,28 %

15. Jarak 9cm, Kedalaman 6cm

LAYER	RING		BERAT BASAH	BERAT CAWAN	BERAT KERING	KADAR AIR
	1	2				
1	36,6	gr	35,6	gr	40,4	gr
2	36,6	gr	36,4	gr	42	gr
3	36,2	gr	36	gr	41,8	gr
						9,88 %

4	36,8	gr	36	gr	42	gr	6	gr	38,6	gr	10,43	%
5	36,2	gr	36	gr	40,6	gr	4,8	gr	36,8	gr	11,88	%
6	36	gr	37,2	gr	41,8	gr	6	gr	39,8	gr	5,92	%
7	37,6	gr	37,8	gr	44,4	gr	5,8	gr	40	gr	12,87	%
											12,31	%

16. Jarak 9cm, Kedalaman 9cm

LAYER	RING		BERAT		BERAT		BERAT		KADAR			
	1	2	BASAH	Cawan	Kering	Air						
1	36	gr	36,2	gr	41,2	gr	5,8	gr	36	gr	17,22	%
2	37,6	gr	36,4	gr	42,6	gr	5,6	gr	39	gr	10,78	%
3	36,8	gr	37	gr	42,6	gr	6,2	gr	36,2	gr	21,33	%
4	36,2	gr	36,6	gr	41,8	gr	6	gr	38,6	gr	9,82	%
5	37,4	gr	36,2	gr	41	gr	4,8	gr	38	gr	9,04	%
6	36,4	gr	36	gr	41,2	gr	6	gr	39,8	gr	4,14	%
7	36,6	gr	36,6	gr	42	gr	5,8	gr	38	gr	12,42	%
											12,11	%

Lampiran 7 Data Kepadatan**1. Jarak 0cm, Kedalaman 0cm**

Ring No.		1		2		3		4		5		6		7	
Mass of wet soil + ring	gram	36,80	36,8	36,6	36,8	36,6	36,8	37,4	37,6	37	37	36,80	36,4	37,80	37,8
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	18,60	18,60	18,40	18,60	18,40	18,60	19,20	19,40	18,80	18,80	18,60	18,20	19,60	19,60
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,515	1,515	1,499	1,515	1,499	1,515	1,564	1,580	1,531	1,531	1,515	1,482	1,597	1,597
Water content	%	9,47	9,47	12,96	12,96	3,18	3,18	17,28	17,28	17,83	17,83	9,70	9,70	15,06	15,06
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,384	1,384	1,327	1,341	1,453	1,468	1,333	1,347	1,300	1,300	1,381	1,351	1,388	1,388
Average soil unit weight	gr/cm ³									1,533					
Average Dry density of soil	gr/cm ³										1,367				

2. Jarak 0cm, Kedalaman 3cm

Ring No.		1		2		3		4		5		6		7	
Mass of wet soil + ring	gram	36,80	36,2	37,6	37	36	37,2	36,6	36,4	37	36,4	35,80	37	36,00	36,2
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	18,60	18,00	19,40	18,80	17,80	19,00	18,40	18,20	18,80	18,20	17,60	18,80	17,80	18,00
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,515	1,466	1,580	1,531	1,450	1,548	1,499	1,482	1,531	1,482	1,434	1,531	1,450	1,466
Water content	%	11,66	11,66	11,05	11,05	12,42	12,42	9,09	9,09	13,50	13,50	13,84	13,84	13,38	13,38
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,357	1,313	1,423	1,379	1,290	1,377	1,374	1,359	1,349	1,306	1,259	1,345	1,279	1,293
Average soil unit weight	gr/cm ³									1,498					
Average Dry density of soil	gr/cm ³										1,336				

3. Jarak 0cm, Kedalaman 6cm

Ring No.		1	2	3	4	5	6	7
Mass of wet soil + ring	gram	37,00	36,4	36	35,8	36,4	36	37,4
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	18,80	18,20	17,80	17,60	18,20	17,80	19,20
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,531	1,482	1,450	1,434	1,482	1,450	1,564
Water content	%	14,47	14,47	13,07	13,07	18,42	18,42	5,81
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,338	1,295	1,282	1,268	1,252	1,224	1,370
Average soil unit weight	gr/cm ³							1,501
Average Dry density of soil	gr/cm ³							1,342

4. Jarak 0cm, Kedalaman 9cm

Ring No.		1	2	3	4	5	6
Mass of wet soil + ring	gram	36,20	36,2	36,4	36	36,2	36,6
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	18,00	18,00	18,20	17,80	18,00	18,40
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,466	1,466	1,482	1,450	1,466	1,499
Water content	%	26,95	26,95	20,55	20,55	10,49	10,49
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,155	1,155	1,230	1,203	1,327	1,356
Average soil unit weight	gr/cm ³						1,480
Average Dry density of soil	gr/cm ³						1,329

5. Jarak 3cm, Kedalaman 0cm

Ring No.		1		2		3		4		5		6		7	
Mass of wet soil + ring	gram	36,20	36	36,8	36	36	36,2	36	36	36	36	37,00	36,8	37,00	37
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	18,00	17,80	18,60	17,80	17,80	18,00	17,80	17,80	17,80	17,80	18,80	18,60	18,80	18,80
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,466	1,450	1,515	1,450	1,450	1,466	1,450	1,450	1,450	1,450	1,531	1,515	1,531	1,531
Water content	%	7,93	7,93	5,26	5,26	14,29	14,29	8,70	8,70	10,63	10,63	21,71	21,71	16,03	16,03
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,358	1,343	1,439	1,377	1,269	1,283	1,334	1,334	1,311	1,311	1,258	1,245	1,320	1,320
Average soil unit weight	gr/cm ³											1,479			
Average Dry density of soil	gr/cm ³											1,322			

6. Jarak 3cm, Kedalaman 3cm

Ring No.		1		2		3		4		5		6		7	
Mass of wet soil + ring	gram	36,00	36,2	36,2	37	36,2	36,6	37,2	36,4	36,6	36	36,00	36,4	37,20	36,6
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	17,80	18,00	18,00	18,80	18,00	18,40	19,00	18,20	18,40	17,80	17,80	18,20	19,00	18,40
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,450	1,466	1,466	1,531	1,466	1,499	1,548	1,482	1,499	1,450	1,450	1,482	1,548	1,499
Water content	%	8,50	8,50	9,58	9,58	9,09	9,09	18,18	18,18	5,33	5,33	14,84	14,84	19,35	19,35
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,336	1,351	1,338	1,397	1,344	1,374	1,310	1,254	1,423	1,377	1,263	1,291	1,297	1,256
Average soil unit weight	gr/cm ³											1,488			
Average Dry density of soil	gr/cm ³											1,329			

7. Jarak 3cm, Kedalaman 6cm

Ring No.		1		2		3		4		5		6		7	
Mass of wet soil + ring	gram	36,20	37,2	36,6	36,8	37,4	36,6	36,2	37	36,4	36,8	37,00	37	37,40	37,4
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2

Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	18,00	19,00	18,40	18,60	19,20	18,40	18,00	18,80	18,20	18,60	18,80	18,80	19,20	19,20
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,466	1,548	1,499	1,515	1,564	1,499	1,466	1,531	1,482	1,515	1,531	1,531	1,564	1,564
Water content	%	8,19	8,19	14,01	14,01	14,81	14,81	12,20	12,20	10,84	10,84	10,06	10,06	15,76	15,76
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,355	1,431	1,315	1,329	1,362	1,305	1,307	1,365	1,337	1,367	1,391	1,391	1,351	1,351
Average soil unit weight	gr/cm ³								1,520						
Average Dry density of soil	gr/cm ³								1,354						

8. Jarak 3cm, Kedalaman 9cm

Ring No.		1		2		3		4		5		6		7	
Mass of wet soil + ring	gram	36,00	36	36,6	37,2	37,2	36,4	37,4	36,8	37,8	37,4	37,60	37,8	36,80	37,8
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	17,80	17,80	18,40	19,00	19,00	18,20	19,20	18,60	19,60	19,20	19,40	19,60	18,60	19,60
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,450	1,450	1,499	1,548	1,548	1,482	1,564	1,515	1,597	1,564	1,580	1,597	1,515	1,597
Water content	%	11,32	11,32	13,50	13,50	7,60	7,60	13,25	13,25	16,05	16,05	8,99	8,99	16,15	16,15
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,302	1,302	1,321	1,364	1,438	1,378	1,381	1,338	1,376	1,348	1,450	1,465	1,304	1,375
Average soil unit weight	gr/cm ³								1,536						
Average Dry density of soil	gr/cm ³								1,367						

9. Jarak 6cm, Kedalaman 0cm

Ring No.		1		2		3		4		5		6		7	
Mass of wet soil + ring	gram	36,40	36,6	36,4	36,2	36,2	36,6	36,4	36	37	36,2	36,00	36,8	36,80	37,4
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	18,20	18,40	18,20	18,00	18,00	18,40	18,20	17,80	18,80	18,00	17,80	18,60	18,60	19,20

Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,482	1,499	1,482	1,466	1,466	1,499	1,482	1,450	1,531	1,466	1,450	1,515	1,515	1,564
Water content	%	7,10	7,10	15,58	15,58	13,66	13,66	11,25	11,25	13,58	13,58	11,88	11,88	14,20	14,20
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,384	1,399	1,283	1,268	1,290	1,319	1,333	1,303	1,348	1,291	1,296	1,354	1,327	1,369
Average soil unit weight	gr/cm ³														1,491
Average Dry density of soil	gr/cm ³														1,326

10. Jarak 6cm, Kedalaman 3cm

Ring No.		1		2		3		4		5		6		7	
Mass of wet soil + ring	gram	36,00	36,2	37	37,6	36,6	36,4	37,2	37,2	37,2	37,4	37,60	36,2	36,60	36,4
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	17,80	18,00	18,80	19,40	18,40	18,20	19,00	19,00	19,00	19,20	19,40	18,00	18,40	18,20
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,450	1,466	1,531	1,580	1,499	1,482	1,548	1,548	1,548	1,564	1,580	1,466	1,499	1,482
Water content	%	10,56	10,56	14,72	14,72	11,18	11,18	14,20	14,20	9,36	9,36	11,59	11,59	14,19	14,19
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,311	1,326	1,335	1,377	1,348	1,333	1,355	1,355	1,415	1,430	1,416	1,314	1,312	1,298
Average soil unit weight	gr/cm ³														1,517
Average Dry density of soil	gr/cm ³														1,352

11. Jarak 6cm, Kedalaman 6cm

Ring No.		1		2		3		4		5		6		7	
Mass of wet soil + ring	gram	36,60	36,6	36,6	36,8	36,4	36,6	36	36,6	36,4	37,6	36,20	36,8	36,00	36,8
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	18,40	18,40	18,40	18,60	18,20	18,40	17,80	18,40	18,20	19,40	18,00	18,60	17,80	18,60
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,499	1,499	1,499	1,515	1,482	1,499	1,450	1,499	1,482	1,580	1,466	1,515	1,450	1,515
Water content	%	18,71	18,71	16,35	16,35	10,37	10,37	6,43	6,43	8,14	8,14	15,09	15,09	10,24	10,24
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,263	1,263	1,288	1,302	1,343	1,358	1,362	1,408	1,371	1,461	1,274	1,316	1,315	1,374
Average soil unit weight	gr/cm ³														1,496
Average Dry density of soil	gr/cm ³														1,336

12. Jarak 6cm, Kedalaman 9cm

Ring No.		1		2		3		4		5		6		7	
Mass of wet soil + ring	gram	36,40	36,6	36	36,4	37,6	37,6	36,6	36,4	37	36,4	37,20	36	37,60	38
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	18,20	18,40	17,80	18,20	19,40	19,40	18,40	18,20	18,80	18,20	19,00	17,80	19,40	19,80
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,482	1,499	1,450	1,482	1,580	1,580	1,499	1,482	1,531	1,482	1,548	1,450	1,580	1,613
Water content	%	16,23	16,23	12,58	12,58	11,11	11,11	9,76	9,76	13,58	13,58	2,25	2,25	21,12	21,12
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,275	1,289	1,288	1,317	1,422	1,422	1,366	1,351	1,348	1,305	1,514	1,418	1,305	1,332
Average soil unit weight	gr/cm ³											1,519			
Average Dry density of soil	gr/cm ³											1,354			

13. Jarak 9cm, Kedalaman 0cm

Ring No.		1		2		3		4		5		6		7	
Mass of wet soil + ring	gram	37,00	36,4	36,6	36,8	36,4	38,8	36,4	36,8	36,6	36,6	36,70	36,2	36,20	36,2
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	18,80	18,20	18,40	18,60	18,20	20,60	18,20	18,60	18,40	18,40	18,50	18,00	18,00	18,00
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,531	1,482	1,499	1,515	1,482	1,678	1,482	1,515	1,499	1,499	1,507	1,466	1,466	1,466
Water content	%	7,83	7,83	6,40	6,40	12,96	12,96	9,82	9,82	20,67	20,67	16,11	16,11	11,80	11,80
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,420	1,375	1,409	1,424	1,312	1,485	1,350	1,380	1,242	1,242	1,298	1,263	1,311	1,311
Average soil unit weight	gr/cm ³											1,506			
Average Dry density of soil	gr/cm ³											1,344			

14. Jarak 9cm, Kedalaman 3cm

Ring No.		1		2		3		4		5		6		7	
Mass of wet soil + ring	gram	36,20	36,6	36	36,2	37,8	37,2	35,8	36,4	37,2	37,2	36,80	36,4	36,40	36
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	18,00	18,40	17,80	18,00	19,60	19,00	17,60	18,20	19,00	19,00	18,60	18,20	18,20	17,80
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,466	1,499	1,450	1,466	1,597	1,548	1,434	1,482	1,548	1,548	1,515	1,482	1,482	1,450
Water content	%	12,35	12,35	9,38	9,38	15,06	15,06	11,39	11,39	14,81	14,81	11,66	11,66	11,32	11,32
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,305	1,334	1,326	1,341	1,388	1,345	1,287	1,331	1,348	1,348	1,357	1,328	1,332	1,302
Average soil unit weight	gr/cm ³														1,498
Average Dry density of soil	gr/cm ³														1,334

15. Jarak 9cm, Kedalaman 6cm

Ring No.		1		2		3		4		5		6		7	
Mass of wet soil + ring	gram	36,60	35,6	36,6	36,4	36,2	36	36,8	36	36,2	36	36,00	37,2	37,60	37,8
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	18,40	17,40	18,40	18,20	18,00	17,80	18,60	17,80	18,00	17,80	17,80	19,00	19,40	19,60
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,499	1,417	1,499	1,482	1,466	1,450	1,515	1,450	1,466	1,450	1,450	1,548	1,580	1,597
Water content	%	19,31	19,31	15,92	15,92	9,88	9,88	10,43	10,43	11,88	11,88	5,92	5,92	12,87	12,87
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,256	1,188	1,293	1,279	1,334	1,320	1,372	1,313	1,311	1,296	1,369	1,461	1,400	1,415
Average soil unit weight	gr/cm ³														1,491
Average Dry density of soil	gr/cm ³														1,329

16. Jarak 9cm, Kedalaman 9cm

Ring No.		1		2		3		4		5		6		7	
Mass of wet soil + ring	gram	36,00	36,2	37,6	36,4	36,8	37	36,2	36,6	37,4	36,2	36,40	36	36,60	36,6
Mass of ring	gram	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Diameter ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Height of ring	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volume of ring	cm ³	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28
Mass of soil	gram	17,80	18,00	19,40	18,20	18,60	18,80	18,00	18,40	19,20	18,00	18,20	17,80	18,40	18,40

Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1,450	1,466	1,580	1,482	1,515	1,531	1,466	1,499	1,564	1,466	1,482	1,450	1,499	1,499
Water content	%	17,22	17,22	10,78	10,78	21,33	21,33	9,82	9,82	9,04	9,04	4,14	4,14	12,42	12,42
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1,237	1,251	1,426	1,338	1,249	1,262	1,335	1,365	1,434	1,345	1,424	1,392	1,333	1,333
Average soil unit weight	gr/cm ³													1,496	
Average Dry density of soil	gr/cm ³													1,337	

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 8 Data Penurunan Tanah

1. Jarak 0cm, Kedalaman 0cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,000	0	0,000	0,000	0,000
20	26,78	28,78	27,78	29,78	26,78	0,27	20	0,026	2,55	0,003	0,335	0,026
40	116,03	118,03	117,03	119,03	116,03	1,16	40	0,051	5,10	0,015	1,450	0,052
60	205,28	207,28	206,28	208,28	205,28	2,05	60	0,077	7,65	0,026	2,566	0,078
80	285,60	287,60	286,60	288,60	285,60	2,86	80	0,102	10,20	0,036	3,570	0,105
100	363,38	365,38	364,38	366,38	363,38	3,63	100	0,128	12,76	0,045	4,542	0,131
115	429,68	431,68	430,68	432,68	429,68	4,30	115	0,147	14,67	0,054	5,371	0,150

2. Jarak 0cm, Kedalaman 3cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,000	0	0,000	0,000	0,000
20	40	42	41	43	39,50	0,40	20	0,026	2,55	0,005	0,494	0,026
40	98	100	99	101	98,25	0,98	40	0,051	5,10	0,012	1,228	0,052
60	176	178	177	179	175,75	1,76	60	0,077	7,65	0,022	2,197	0,078
80	243	245	244	246	243,25	2,43	80	0,102	10,20	0,030	3,041	0,105
100	328	330	329	331	328,00	3,28	100	0,128	12,76	0,041	4,100	0,131
120	441	443	442	444	441,25	4,41	120	0,153	15,31	0,055	5,516	0,157
125	474	476	475	477	474,00	4,74	125	0,159	15,94	0,059	5,925	0,163

3. Jarak 0cm, Kedalaman 6cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,000	0	0,000	0,000	0,000
20	19,00	21,00	20,00	22,00	21,00	0,21	20	0,026	2,55	0,003	0,263	0,026
40	89,00	91,00	90,00	92,00	91,00	0,91	40	0,051	5,10	0,011	1,138	0,052
60	159,00	161,00	160,00	162,00	161,00	1,61	60	0,077	7,65	0,020	2,013	0,078
80	222,00	224,00	223,00	225,00	224,00	2,24	80	0,102	10,20	0,028	2,800	0,105
100	283,00	285,00	284,00	286,00	285,00	2,85	100	0,128	12,76	0,036	3,563	0,131
120	335,00	337,00	336,00	338,00	337,00	3,37	120	0,153	15,31	0,042	4,213	0,157
140	395,00	397,00	396,00	398,00	397,00	3,97	140	0,179	17,86	0,050	4,963	0,183
160	447,00	449,00	448,00	450,00	449,00	4,49	160	0,204	20,41	0,056	5,613	0,209
180	504,00	506,00	505,00	507,00	506,00	5,06	180	0,230	22,96	0,063	6,325	0,235
200	572,00	574,00	573,00	575,00	574,00	5,74	200	0,255	25,51	0,072	7,175	0,261
208	634,00	636,00	635,00	637,00	636,00	6,36	208	0,265	26,53	0,080	7,950	0,272

4. Jarak 0cm, Kedalaman 9cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,000	0	0,000	0,000	0,000
20	19,53	21,53	20,53	22,53	21,53	0,22	20	0,026	2,55	0,003	0,269	0,026
40	91,28	93,28	92,28	94,28	93,28	0,93	40	0,051	5,10	0,012	1,166	0,052
60	163,03	165,03	164,03	166,03	165,03	1,65	60	0,077	7,65	0,021	2,063	0,078
80	227,60	229,60	228,60	230,60	229,60	2,30	80	0,102	10,20	0,029	2,870	0,105
100	290,13	292,13	291,13	293,13	292,13	2,92	100	0,128	12,76	0,037	3,652	0,131
120	343,43	345,43	344,43	346,43	345,43	3,45	120	0,153	15,31	0,043	4,318	0,157
140	404,93	406,93	405,93	407,93	406,93	4,07	140	0,179	17,86	0,051	5,087	0,183

160	458,23	460,23	459,23	461,23	460,23	4,60	160	0,204	20,41	0,058	5,753	0,209
180	516,65	518,65	517,65	519,65	518,65	5,19	180	0,230	22,96	0,065	6,483	0,235
200	586,35	588,35	587,35	589,35	588,35	5,88	200	0,255	25,51	0,074	7,354	0,261
220	649,90	651,90	650,90	652,90	651,90	6,52	220	0,281	28,06	0,081	8,149	0,288
240	710,38	712,38	711,38	713,38	712,38	7,12	240	0,306	30,61	0,089	8,905	0,314
256	780,08	782,08	781,08	783,08	782,08	7,82	256	0,327	32,65	0,098	9,776	0,335

5. Jarak 3cm, Kedalaman 0cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0	0	0	0	0	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0,000
20	27	29	28	30	29,1375	0,291	20	0,03	2,55	0,004	0,364	0,026
40	124	126	125	127	126,2625	1,263	40	0,05	5,10	0,016	1,578	0,052
60	221	223	222	224	223,3875	2,234	60	0,08	7,65	0,028	2,792	0,078
80	309	311	310	312	310,8	3,108	80	0,10	10,20	0,039	3,885	0,105
100	393	395	394	396	395,4375	3,954	100	0,13	12,76	0,049	4,943	0,131
120	466	468	467	469	467,5875	4,676	120	0,15	15,31	0,058	5,845	0,157
140	549	551	550	552	550,8375	5,508	140	0,18	17,86	0,069	6,885	0,183
160	621	623	622	624	622,9875	6,230	160	0,20	20,41	0,078	7,787	0,209

6. Jarak 3cm, Kedalaman 3cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0	0	0	0	0	0,000	0	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
20	21	23	22	24	23	0,228	20	0,03	2,55	0,003	0,285	0,026
40	97	99	98	100	99	0,990	40	0,05	5,10	0,012	1,237	0,052
60	173	175	174	176	175	1,751	60	0,08	7,65	0,022	2,189	0,078
80	242	244	243	245	244	2,436	80	0,10	10,20	0,030	3,045	0,105
100	308	310	309	311	310	3,099	100	0,13	12,76	0,039	3,874	0,131
120	364	366	365	367	366	3,665	120	0,15	15,31	0,046	4,581	0,157
140	430	432	431	433	432	4,317	140	0,18	17,86	0,054	5,397	0,183
160	486	488	487	489	488	4,883	160	0,20	20,41	0,061	6,104	0,209
180	548	550	549	551	550	5,503	180	0,23	22,96	0,069	6,878	0,235
200	622	624	623	625	624	6,242	200	0,26	25,51	0,078	7,803	0,261

7. Jarak 3cm, Kedalaman 6cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0	0	0	0	0	0,000	0	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
20	20	22	21	23	22	0,215	20	0,03	2,55	0,003	0,269	0,026
40	91	93	92	94	93	0,933	40	0,05	5,10	0,012	1,166	0,052
60	163	165	164	166	165	1,650	60	0,08	7,65	0,021	2,063	0,078
80	228	230	229	231	230	2,296	80	0,10	10,20	0,029	2,870	0,105
100	290	292	291	293	292	2,921	100	0,13	12,76	0,037	3,652	0,131
120	343	345	344	346	345	3,454	120	0,15	15,31	0,043	4,318	0,157
140	405	407	406	408	407	4,069	140	0,18	17,86	0,051	5,087	0,183
160	458	460	459	461	460	4,602	160	0,20	20,41	0,058	5,753	0,209
180	517	519	518	520	519	5,187	180	0,23	22,96	0,065	6,483	0,235
200	586	588	587	589	588	5,884	200	0,26	25,51	0,074	7,354	0,261
220	650	652	651	653	652	6,519	220	0,28	28,06	0,081	8,149	0,288
230	710	712	711	713	712	7,124	230	0,29	29,34	0,089	8,905	0,301

8. Jarak 3cm, Kedalaman 9cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0	0	0	0	0	0,000	0	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
20	19	21	20	22	21	0,210	20	0,03	2,55	0,003	0,263	0,026
40	89	91	90	92	91	0,910	40	0,05	5,10	0,011	1,138	0,052
60	159	161	160	162	161	1,610	60	0,08	7,65	0,020	2,013	0,078
80	222	224	223	225	224	2,240	80	0,10	10,20	0,028	2,800	0,105
100	283	285	284	286	285	2,850	100	0,13	12,76	0,036	3,563	0,131
120	335	337	336	338	337	3,370	120	0,15	15,31	0,042	4,213	0,157
140	395	397	396	398	397	3,970	140	0,18	17,86	0,050	4,963	0,183
160	447	449	448	450	449	4,490	160	0,20	20,41	0,056	5,613	0,209
180	504	506	505	507	506	5,060	180	0,23	22,96	0,063	6,325	0,235
200	572	574	573	575	574	5,740	200	0,26	25,51	0,072	7,175	0,261
220	634	636	635	637	636	6,360	220	0,28	28,06	0,080	7,950	0,288
240	693	695	694	696	695	6,950	240	0,31	30,61	0,087	8,688	0,314
260	761	763	762	764	763	7,630	260	0,33	33,16	0,095	9,538	0,340
268	831	833	832	834	833	8,330	268	0,34	34,18	0,104	10,413	0,350

9. Jarak 6cm, Kedalaman 0cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0	0	0	0	0	0,000	0	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
20	24	26	25	27	26	0,257	20	0,03	2,55	0,003	0,322	0,026
40	109	111	110	112	111	1,115	40	0,05	5,10	0,014	1,393	0,052
60	195	197	196	198	197	1,972	60	0,08	7,65	0,025	2,465	0,078
80	272	274	273	275	274	2,744	80	0,10	10,20	0,034	3,430	0,105
100	347	349	348	350	349	3,491	100	0,13	12,76	0,044	4,364	0,131
120	411	413	412	414	413	4,128	120	0,15	15,31	0,052	5,160	0,157
140	484	486	485	487	486	4,863	140	0,18	17,86	0,061	6,079	0,183
160	548	550	549	551	550	5,500	160	0,20	20,41	0,069	6,875	0,209
180	618	620	619	621	620	6,199	180	0,23	22,96	0,077	7,748	0,235
190	701	703	702	704	703	7,032	190	0,24	24,23	0,088	8,789	0,248

10. Jarak 6cm, Kedalaman 3cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0	0	0	0	0	0,000	0	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
20	20	22	21	23	22	0,220	20	0,03	2,55	0,003	0,275	0,026
40	93	95	94	96	95	0,952	40	0,05	5,10	0,012	1,190	0,052
60	166	168	167	169	168	1,684	60	0,08	7,65	0,021	2,105	0,078
80	232	234	233	235	234	2,343	80	0,10	10,20	0,029	2,929	0,105
100	296	298	297	299	298	2,981	100	0,13	12,76	0,037	3,726	0,131
120	351	353	352	354	353	3,525	120	0,15	15,31	0,044	4,406	0,157
140	413	415	414	416	415	4,153	140	0,18	17,86	0,052	5,191	0,183
160	468	470	469	471	470	4,697	160	0,20	20,41	0,059	5,871	0,209
180	527	529	528	530	529	5,293	180	0,23	22,96	0,066	6,616	0,235
200	598	600	599	601	600	6,004	200	0,26	25,51	0,075	7,505	0,261
220	663	665	664	666	665	6,653	220	0,28	28,06	0,083	8,316	0,288
240	725	727	726	728	727	7,270	240	0,31	30,61	0,091	9,087	0,314

11. Jarak 6cm, Kedalaman 6cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0	0	0	0	0	0,000	0	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
20	18,2125	20,2125	19,2125	21,2125	20	0,202	20	0,03	2,55	0,003	0,253	0,026
40	85,5875	87,5875	86,5875	88,5875	88	0,876	40	0,05	5,10	0,011	1,095	0,052
60	152,9625	154,9625	153,9625	155,9625	155	1,550	60	0,08	7,65	0,019	1,937	0,078
80	213,6	215,6	214,6	216,6	216	2,156	80	0,10	10,20	0,027	2,695	0,105
100	272,3125	274,3125	273,3125	275,3125	274	2,743	100	0,13	12,76	0,034	3,429	0,131
120	322,3625	324,3625	323,3625	325,3625	324	3,244	120	0,15	15,31	0,041	4,055	0,157
140	380,1125	382,1125	381,1125	383,1125	382	3,821	140	0,18	17,86	0,048	4,776	0,183
160	430,1625	432,1625	431,1625	433,1625	432	4,322	160	0,20	20,41	0,054	5,402	0,209
180	485,025	487,025	486,025	488,025	487	4,870	180	0,23	22,96	0,061	6,088	0,235
200	550,475	552,475	551,475	553,475	552	5,525	200	0,26	25,51	0,069	6,906	0,261
220	610,15	612,15	611,15	613,15	612	6,122	220	0,28	28,06	0,077	7,652	0,288
240	666,9375	668,9375	667,9375	669,9375	669	6,689	240	0,31	30,61	0,084	8,362	0,314
260	732,3875	734,3875	733,3875	735,3875	734	7,344	260	0,33	33,16	0,092	9,180	0,340
280	799,7625	801,7625	800,7625	802,7625	802	8,018	280	0,36	35,71	0,100	10,022	0,366
300	876,7625	878,7625	877,7625	879,7625	879	8,788	300	0,38	38,27	0,110	10,985	0,392

12. Jarak 6cm, Kedalaman 9cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0	0	0	0	0	0,000	0	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
20	14	16	15	17	16	0,163	20	0,03	2,55	0,002	0,203	0,026
40	69	71	70	72	71	0,705	40	0,05	5,10	0,009	0,882	0,052

60	123	125	124	126	125	1,248	60	0,08	7,65	0,016	1,560	0,078
80	172	174	173	175	174	1,736	80	0,10	10,20	0,022	2,170	0,105
100	219	221	220	222	221	2,209	100	0,13	12,76	0,028	2,761	0,131
120	259	261	260	262	261	2,612	120	0,15	15,31	0,033	3,265	0,157
140	306	308	307	309	308	3,077	140	0,18	17,86	0,038	3,846	0,183
160	346	348	347	349	348	3,480	160	0,20	20,41	0,043	4,350	0,209
180	390	392	391	393	392	3,922	180	0,23	22,96	0,049	4,902	0,235
200	443	445	444	446	445	4,449	200	0,26	25,51	0,056	5,561	0,261
220	491	493	492	494	493	4,929	220	0,28	28,06	0,062	6,161	0,288
240	537	539	538	540	539	5,386	240	0,31	30,61	0,067	6,733	0,314
260	589	591	590	592	591	5,913	260	0,33	33,16	0,074	7,392	0,340
280	644	646	645	647	646	6,456	280	0,36	35,71	0,081	8,070	0,366
300	706	708	707	709	708	7,076	300	0,38	38,27	0,088	8,845	0,392
320	762	764	763	765	764	7,642	320	0,41	40,82	0,096	9,552	0,418
340	822	824	823	825	824	8,238	340	0,43	43,37	0,103	10,298	0,444
358	898	900	899	901	900	8,998	358	0,46	45,66	0,112	11,247	0,468

13. Jarak 9cm, Kedalaman 0cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0	0	0	0	0,000	0,000	0	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
20	23	25	24	26	25	0,247	20	0,03	2,55	0,003	0,308	0,026
40	105	107	106	108	107	1,069	40	0,05	5,10	0,013	1,337	0,052
60	187	189	188	190	189	1,892	60	0,08	7,65	0,024	2,365	0,078
80	261	263	262	264	263	2,632	80	0,10	10,20	0,033	3,290	0,105
100	333	335	334	336	335	3,349	100	0,13	12,76	0,042	4,186	0,131
120	394	396	395	397	396	3,960	120	0,15	15,31	0,049	4,950	0,157
140	464	466	465	467	466	4,665	140	0,18	17,86	0,058	5,831	0,183
160	526	528	527	529	528	5,276	160	0,20	20,41	0,066	6,595	0,209
180	593	595	594	596	595	5,946	180	0,23	22,96	0,074	7,432	0,235
200	672	674	673	675	674	6,745	200	0,26	25,51	0,084	8,431	0,261
207	745	747	746	748	747	7,473	207	0,26	26,40	0,093	9,341	0,271

14. Jarak 9cm, Kedalaman 3cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0	0	0	0	0	0,000	0	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
20	17	19	18	20	19	0,191	20	0,03	2,55	0,002	0,239	0,026
40	81	83	82	84	83	0,827	40	0,05	5,10	0,010	1,034	0,052
60	144	146	145	147	146	1,463	60	0,08	7,65	0,018	1,829	0,078
80	202	204	203	205	204	2,036	80	0,10	10,20	0,025	2,545	0,105
100	257	259	258	260	259	2,590	100	0,13	12,76	0,032	3,237	0,131
120	304	306	305	307	306	3,062	120	0,15	15,31	0,038	3,828	0,157
140	359	361	360	362	361	3,608	140	0,18	17,86	0,045	4,510	0,183
160	406	408	407	409	408	4,080	160	0,20	20,41	0,051	5,100	0,209
180	458	460	459	461	460	4,598	180	0,23	22,96	0,057	5,748	0,235
200	520	522	521	523	522	5,216	200	0,26	25,51	0,065	6,520	0,261
220	576	578	577	579	578	5,780	220	0,28	28,06	0,072	7,225	0,288
240	630	632	631	633	632	6,316	240	0,31	30,61	0,079	7,895	0,314
260	691	693	692	694	693	6,934	260	0,33	33,16	0,087	8,667	0,340
270	755	757	756	758	757	7,570	270	0,34	34,44	0,095	9,462	0,353

15. Jarak 9cm, Kedalaman 6cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0	0	0	0	0	0,000	0	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
20	12	14	13	15	14	0,137	20	0,03	2,55	0,002	0,171	0,026
40	57	59	58	60	59	0,592	40	0,05	5,10	0,007	0,739	0,052

60	103	105	104	106	105	1,047	60	0,08	7,65	0,013	1,308	0,078
80	144	146	145	147	146	1,456	80	0,10	10,20	0,018	1,820	0,105
100	183	185	184	186	185	1,853	100	0,13	12,76	0,023	2,316	0,131
120	217	219	218	220	219	2,191	120	0,15	15,31	0,027	2,738	0,157
140	256	258	257	259	258	2,581	140	0,18	17,86	0,032	3,226	0,183
160	290	292	291	293	292	2,919	160	0,20	20,41	0,036	3,648	0,209
180	327	329	328	330	329	3,289	180	0,23	22,96	0,041	4,111	0,235
200	371	373	372	374	373	3,731	200	0,26	25,51	0,047	4,664	0,261
220	411	413	412	414	413	4,134	220	0,28	28,06	0,052	5,168	0,288
240	450	452	451	453	452	4,518	240	0,31	30,61	0,056	5,647	0,314
260	494	496	495	497	496	4,960	260	0,33	33,16	0,062	6,199	0,340
280	539	541	540	542	541	5,415	280	0,36	35,71	0,068	6,768	0,366
300	591	593	592	594	593	5,935	300	0,38	38,27	0,074	7,418	0,392
320	639	641	640	642	641	6,409	320	0,41	40,82	0,080	8,011	0,418
340	689	691	690	692	691	6,910	340	0,43	43,37	0,086	8,637	0,444
360	753	755	754	756	755	7,547	360	0,46	45,92	0,094	9,433	0,471
380	796	798	797	799	798	7,976	380	0,48	48,47	0,100	9,969	0,497
400	871	873	872	874	873	8,730	400	0,51	51,02	0,109	10,912	0,523
410	918	920	919	921	920	9,198	410	0,52	52,30	0,115	11,497	0,536

16. Jarak 9cm, Kedalaman 9cm

Beban	Kanan		Kiri		Rata - rata	Rata - rata	P (kg)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Pembacaan 1	Pembacaan 2	pembacaan 1	pembacaan 2 (mm)						
0	0	0	0	0	0	0,000	0	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
20	7	9	8	10	9	0,095	20	0,03	2,55	0,001	0,118	0,026
40	39	41	40	42	41	0,410	40	0,05	5,10	0,005	0,512	0,052
60	70	72	71	73	72	0,725	60	0,08	7,65	0,009	0,906	0,078

80	99	101	100	102	101	1,008	80	0,10	10,20	0,013	1,260	0,105
100	126	128	127	129	128	1,283	100	0,13	12,76	0,016	1,603	0,131
120	150	152	151	153	152	1,517	120	0,15	15,31	0,019	1,896	0,157
140	177	179	178	180	179	1,787	140	0,18	17,86	0,022	2,233	0,183
160	200	202	201	203	202	2,021	160	0,20	20,41	0,025	2,526	0,209
180	226	228	227	229	228	2,277	180	0,23	22,96	0,028	2,846	0,235
200	256	258	257	259	258	2,583	200	0,26	25,51	0,032	3,229	0,261
220	284	286	285	287	286	2,862	220	0,28	28,06	0,036	3,578	0,288
240	311	313	312	314	313	3,128	240	0,31	30,61	0,039	3,909	0,314
260	341	343	342	344	343	3,434	260	0,33	33,16	0,043	4,292	0,340
280	373	375	374	376	375	3,749	280	0,36	35,71	0,047	4,686	0,366
300	409	411	410	412	411	4,109	300	0,38	38,27	0,051	5,136	0,392
320	442	444	443	445	444	4,437	320	0,41	40,82	0,055	5,546	0,418
340	476	478	477	479	478	4,784	340	0,43	43,37	0,060	5,979	0,444
360	520	522	521	523	522	5,225	360	0,46	45,92	0,065	6,531	0,471
380	550	552	551	553	552	5,522	380	0,48	48,47	0,069	6,902	0,497
400	602	604	603	605	604	6,044	400	0,51	51,02	0,076	7,554	0,523
420	635	637	636	638	637	6,368	420	0,54	53,57	0,080	7,959	0,549
440	670	672	671	673	672	6,723	440	0,56	56,12	0,084	8,404	0,575
460	701	703	702	704	703	7,034	460	0,59	58,67	0,088	8,792	0,601
480	754	756	755	757	756	7,556	480	0,61	61,22	0,094	9,444	0,627
500	803	805	804	806	805	8,046	500	0,64	63,78	0,101	10,058	0,654
520	842	844	843	845	844	8,442	520	0,66	66,33	0,106	10,553	0,680
540	902	904	903	905	904	9,041	540	0,69	68,88	0,113	11,301	0,706
550	929	931	930	932	931	9,306	550	0,70	70,15	0,116	11,633	0,719

Lampiran 9 Analisa Daya Dukung Tanah Datar

1. Metode Terzaghi

$$q_u = cNc + D_f \gamma N_q + \gamma \frac{B}{2} N\gamma$$

Berdasarkan analisa yang dilakukan Terzaghi didapatkan nilai $N\gamma q$ sebagai berikut;

$$\text{Untuk } \phi = 34 \rightarrow N_c = 42,164 ; N_q = 29,440 ; N\gamma = 41,064$$

$$\text{Untuk } \phi = 35 \rightarrow N_c = 46,124 ; N_q = 33,296 ; N\gamma = 48,029$$

Jika diketahui sudut geser dalam tanah pasir yang digunakan adalah $\phi = 34,40$ maka nilai N_c , N_q , dan $N\gamma$ dapat dihitung dengan menggunakan cara ekstrapolasi . Sehingga didapatkan :

$$\text{Untuk } \phi = 34,40 \rightarrow N_c = 43,748 ; N_q = 30,982 ; N\gamma = 43,850$$

dengan mengasumsi nilai $c = 0$, $D_f = 0$ sehingga diperoleh :

$$q_u = 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 43,7080$$

$$q_u = 237,77 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 23,77 \text{ kN/m}^2$$

2. Metode Meyerhof

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \cdot \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,4} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,4}{2} \right) = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,4 = 43,692$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

$$N_\gamma = 2(30,917 + 1) \tan 34,4 = 43,71$$

$$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$$

$$F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi'$$

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





$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$$

$$F_{-s} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)$$

$$F_{cs} = 1 + \left(\frac{0,08}{\infty} \right) \left(\frac{30,917}{43,692} \right) = 1$$

$$F_{qs} = 1 + \left(\frac{0,08}{\infty} \right) \tan 34,4 = 1$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{0,08}{\infty} \right) = 1$$

$$F_{cd} = 1 - \frac{1 - 1}{43,692 \tan 34,4} = 1$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan 34,4 (1 - \sin 34,4)^2 \left(\frac{0}{0,08} \right) = 1$$

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

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{54}{90} \right)^2 = 0,16$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{54}{34,4} \right) = 0,57$$

Dengan mengasumsi $c = 0$ dan $D_f = 0$ sehingga diperoleh :

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,16 + 0 \cdot 30,917 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,16 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 43,71 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,57$$

$$q_u = 131,5 \text{ gr/cm}^2 = 13,15 \text{ kN/m}^2$$

Lampiran 10 Analisa Daya Dukung pada Tanah Lereng Metode Hansen

1. Jarak 0cm, Kedalaman 0cm

Untuk $D_1 \geq 4B$ (tanah datar)

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1) \tan 34,40$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$

$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$

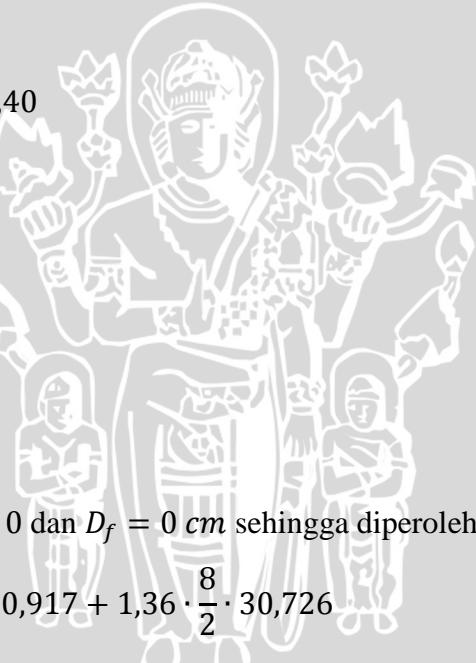
$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$

dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 0 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 0 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 167,2628335 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 16,72628335 \text{ kN/m}^2$$



Untuk $D_1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = c N_c g_c + D_f \gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma g_\gamma$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$



$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5\tan\beta)^5 = (1 - 0,5\tan54)^5 = 0,003$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 0 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 0 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 0,492995504 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,0492995504 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 0 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,04929955 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 16,72628335 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0}{4B} = \frac{q_u - 0,04929955}{16,72628335 - 0,04929955}$$

$$q_u = 0,04929955 \text{ kN/m}^2$$

2. Jarak 0cm, Kedalaman 3cm

Untuk $D1 \geq 4B$ (tanah datar)

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1) \tan 34,40$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$



$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$

dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 3 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 3 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 293,4834371 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 29,34834371 \text{ kN/m}^2$$

Untuk $D1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = c N_c g_c + D_f \gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma g_\gamma$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan\beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 54)^5 = 0,003$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 3 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 3 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 0,865021906 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,0865021906 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 0 \text{ B}$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,865021906 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 29,34834371 \text{ m}^2$$

$$\frac{0}{4B} = \frac{q_u - 0,865021906}{29,34834371 - 0,865021906}$$

$$q_u = 0,086502191 \text{ kN/m}^2$$

3. Jarak 0cm, Kedalaman 6cm

Untuk $D_1 \geq 4B$ (tanah datar)

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1) \tan 34,40$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$

$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$

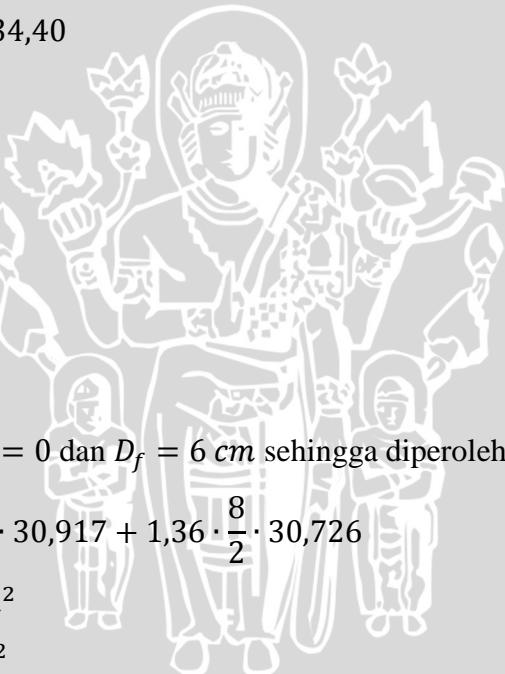
$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$

dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 6 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 6 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 419,7040408 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 41,97040408 \text{ kN/m}^2$$



Untuk $D_1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = cN_c g_c + D_f \gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma g_\gamma$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5\tan\beta)^5 = (1 - 0,5\tan54)^5 = 0,003$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 6 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 6 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 1,237048308 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,1237048308 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 0 \text{ B}$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,123704831 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 41,97040408 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0}{4B} = \frac{q_u - 0,123704831}{41,97040408 - 0,123704831}$$

$$q_u = 0,123704831 \text{ kN/m}^2$$

4. Jarak 0cm, Kedalaman 9cm

Untuk $D1 \geq 4B$ (tanah datar)

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1) \tan 34,40$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$



$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$

dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 9 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 9 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 545,9246444 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 54,59246444 \text{ kN/m}^2$$

Untuk $D1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = cN_c g_c + D_f \gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma g_\gamma$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan\beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 54)^5 = 0,003$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 9 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 9 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 1,60907471 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,160907471 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 0 \text{ B}$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,160907471 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 54,59246444 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0}{4B} = \frac{q_u - 0,160907471}{54,59246444 - 0,160907471}$$

$$q_u = 0,160907471 \text{ kN/m}^2$$

5. Jarak 3cm, Kedalaman 0cm

Untuk $D_1 \geq 4B$ (tanah datar)

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1) \tan 34,40$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$

$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$

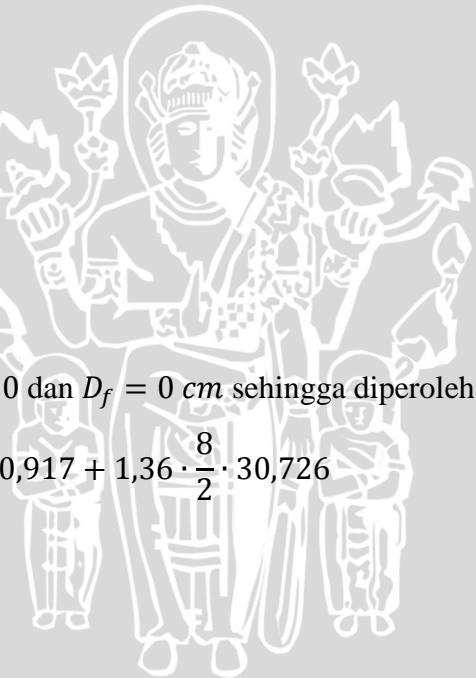
$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$

dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 0 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 0 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 167,2628335 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 16,72628335 \text{ kN/m}^2$$



Untuk $D_1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = cN_c g_c + D_f \gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma g_\gamma$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$



$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan\beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 54)^5 = 0,003$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 0 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 0 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 0,492995504 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,0492995504 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 0,375 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,04929955 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 16,72628335 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0,375B}{4B} = \frac{q_u - 0,04929955}{16,72628335 - 0,04929955}$$

$$q_u = 1,612766781 \text{ kN/m}^2$$

6. Jarak 3cm, Kedalaman 3cm

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1) \tan 34,40$$

$$N_\gamma = 30,726$$

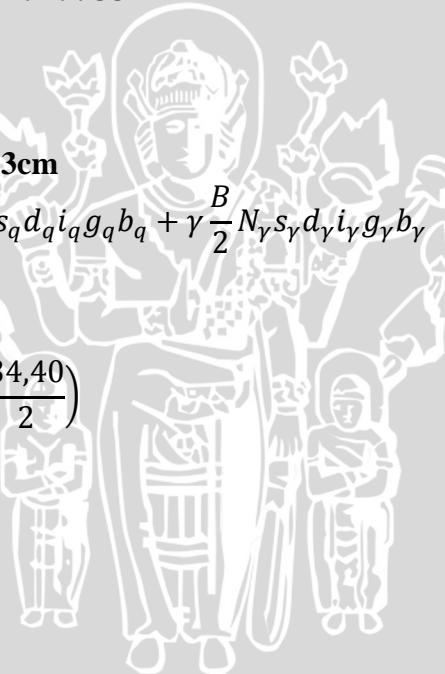
$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$

$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$



dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 3 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 3 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 293,4834371 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 29,34834371 \text{ kN/m}^2$$

Untuk $D1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = cN_c g_c + D_f \gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma g_\gamma$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 54)^5 = 0,003$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 3 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 3 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 0,865021906 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,0865021906 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 0,375 B$

$$D1 = 0B \rightarrow q_u = 0,865021906 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 29,34834371 \text{ m}^2$$

$$\frac{0,375B}{4B} = \frac{q_u - 0,865021906}{29,34834371 - 0,865021906}$$

$$q_u = 2,829799833 \text{ kN/m}^2$$

7. Jarak 3cm, Kedalaman 6cm

Untuk $D1 \geq 4B$ (tanah datar)

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$



$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1) \tan 34,40$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$

$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$

dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 6 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 6 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 419,7040408 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 41,97040408 \text{ kN/m}^2$$

Untuk $D_1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = c N_c g_c + D_f \gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma g_\gamma$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 54)^5 = 0,003$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 6 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 6 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 1,237048308 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,1237048308 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan intrapolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 0,375 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,123704831 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 41,97040408 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0,375B}{4B} = \frac{q_u - 0,123704831}{41,97040408 - 0,123704831}$$

$$q_u = 4,046832885 \text{ kN/m}^2$$

8. Jarak 3cm, Kedalaman 9cm

Untuk $D1 \geq 4B$ (tanah datar)

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1) \tan 34,40$$

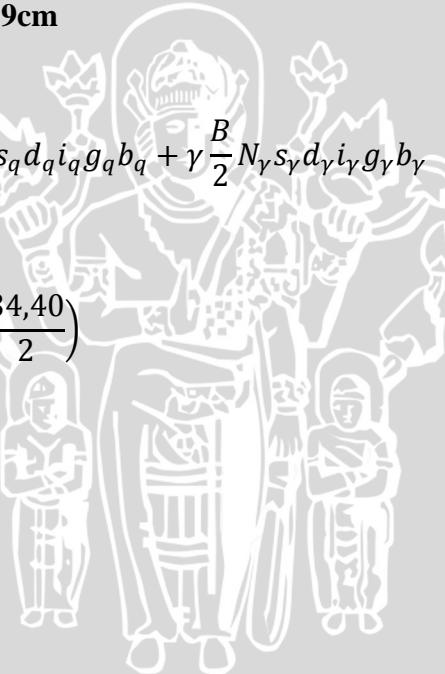
$$N_\gamma = 30,726$$

$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$

$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$



$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$

dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 9 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 9 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 545,9246444 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 54,59246444 \text{ kN/m}^2$$

Untuk $D1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = cNcg_c + D_f\gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N\gamma g_\gamma$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5\tan\beta)^5 = (1 - 0,5\tan54)^5 = 0,003$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 9 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 9 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 1,60907471 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,160907471 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 0,375 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,160907471 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 54,59246444 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0,375B}{4B} = \frac{q_u - 0,160907471}{54,59246444 - 0,160907471}$$

$$q_u = 5,263865937 \text{ kN/m}^2$$

9. Jarak 6cm, Kedalaman 0cm

Untuk $D_1 \geq 4B$ (tanah datar)

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1) \tan 34,40$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$

$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$



dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 0 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 0 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 167,2628335 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 16,72628335 \text{ kN/m}^2$$

Untuk $D_1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = cN_c g_c + D_f \gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma g_\gamma$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5\tan\beta)^5 = (1 - 0,5\tan 54)^5 = 0,003$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 0 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 0 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 0,492995504 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,0492995504 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 0,75 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,04929955 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 16,72628335 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0,75B}{4B} = \frac{q_u - 0,04929955}{16,72628335 - 0,04929955}$$

$$q_u = 3,176234013 \text{ kN/m}^2$$

10. Jarak 6cm, Kedalaman 3cm

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1) \tan 34,40$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$



$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$

$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$

dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 3 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 3 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 293,4834371 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 29,34834371 \text{ kN/m}^2$$

Untuk $D_1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = c N_c g_c + D_f \gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma g_\gamma$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan\beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 54)^5 = 0,003$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 3 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 3 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 0,865021906 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,0865021906 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D_1 = 0,75 B$

$$D_1 = 0 \rightarrow q_u = 0,865021906 \text{ kN/m}^2$$

$$D_1 = 4B \rightarrow q_u = 29,34834371 \text{ m}^2$$

$$\frac{0,75B}{4B} = \frac{q_u - 0,865021906}{29,34834371 - 0,865021906}$$

$$q_u = 5,573097476 \text{ kN/m}^2$$

11. Jarak 6cm, Kedalaman 6cm

Untuk $D_1 \geq 4B$ (tanah datar)

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1) \tan 34,40$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$

$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$



dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 6 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 6 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 419,7040408 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 41,97040408 \text{ kN/m}^2$$

Untuk $D_1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = cN_c g_c + D_f \gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma g_\gamma$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5\tan\beta)^5 = (1 - 0,5\tan 54)^5 = 0,003$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 6 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 6 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 1,237048308 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,1237048308 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 0,75 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,123704831 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 41,97040408 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0,75B}{4B} = \frac{q_u - 0,123704831}{41,97040408 - 0,123704831}$$

$$q_u = 7,969960939 \text{ kN/m}^2$$

12. Jarak 6cm, Kedalaman 9cm

Untuk $D1 \geq 4B$ (tanah datar)

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1)\tan\varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1)\tan 34,40$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$

$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$

dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 9 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 9 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 545,9246444 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 54,59246444 \text{ kN/m}^2$$

Untuk $D_1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = c N_c g_c + D_f \gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma g_\gamma$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5\tan\beta)^5 = (1 - 0,5\tan 54)^5 = 0,003$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 9 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 9 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 1,60907471 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,160907471 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 0,75 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,160907471 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 54,59246444 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0,75B}{4B} = \frac{q_u - 0,160907471}{54,59246444 - 0,160907471}$$

$$q_u = 10,3668244 \text{ kN/m}^2$$

13. Jarak 9cm, Kedalaman 0cm

Untuk $D1 \geq 4B$ (tanah datar)

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1) \tan 34,40$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$

$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$

dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 0 \text{ cm}$ sehingga diperoleh



$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 0 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 167,2628335 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 16,72628335 \text{ kN/m}^2$$

Untuk $D1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = cN_c g_c + D_f \gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma g_\gamma$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan\beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 54)^5 = 0,003$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 0 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 0 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 0,492995504 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,0492995504 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan intrapolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 1,125 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,04929955 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 16,72628335 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{1,125B}{4B} = \frac{q_u - 0,04929955}{16,72628335 - 0,04929955}$$

$$q_u = 4,739701244 \text{ kN/m}^2$$

14. Jarak 9cm, Kedalaman 3cm

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$



$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1)\cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1)\tan\varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1)\tan 34,40$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$

$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$

dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 3 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 3 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 293,4834371 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 29,34834371 \text{ kN/m}^2$$

Untuk $D_1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = c N_c g_c + D_f \gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma g_\gamma$$

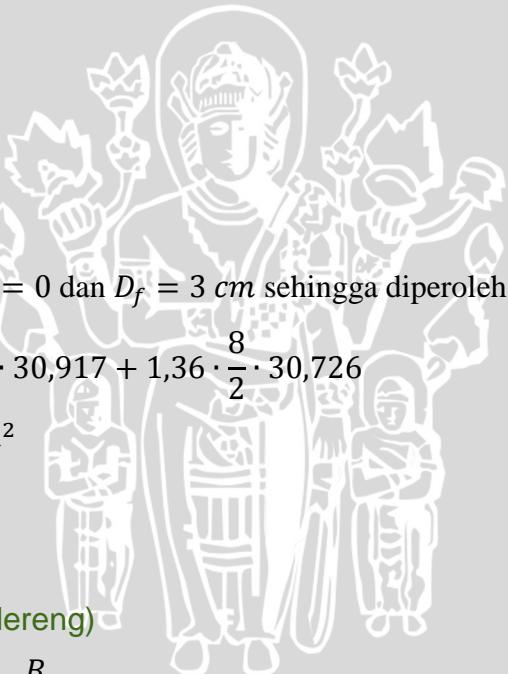
$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5\tan\beta)^5 = (1 - 0,5\tan 54)^5 = 0,003$$



dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 3 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 3 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 0,865021906 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,0865021906 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 1,125 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,865021906 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 29,34834371 \text{ /m}^2$$

$$\frac{1,125B}{4B} = \frac{q_u - 0,865021906}{29,34834371 - 0,865021906}$$

$$q_u = 8,316395119 \text{ kN/m}^2$$

15. Jarak 9cm, Kedalaman 6cm

Untuk $D1 \geq 4B$ (tanah datar)

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1) \tan 34,40$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$

$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$

dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 6 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 6 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 419,7040408 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 41,97040408 \text{ kN/m}^2$$

Untuk $D1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = cN_c g_c + D_f \gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma g_\gamma$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan\beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 54)^5 = 0,003$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 6 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 6 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 1,237048308 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,1237048308 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 1,125 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,123704831 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 41,97040408 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{1,125B}{4B} = \frac{q_u - 0,123704831}{41,97040408 - 0,123704831}$$

$$q_u = 11,89308899 \text{ kN/m}^2$$

16. Jarak 9cm, Kedalaman 9cm

Untuk $D_1 \geq 4B$ (tanah datar)

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 34,40} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{34,40}{2} \right)$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_c = (30,917 - 1) \cot 34,40$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1,5(30,917 - 1) \tan 34,40$$

$$N_\gamma = 30,726$$

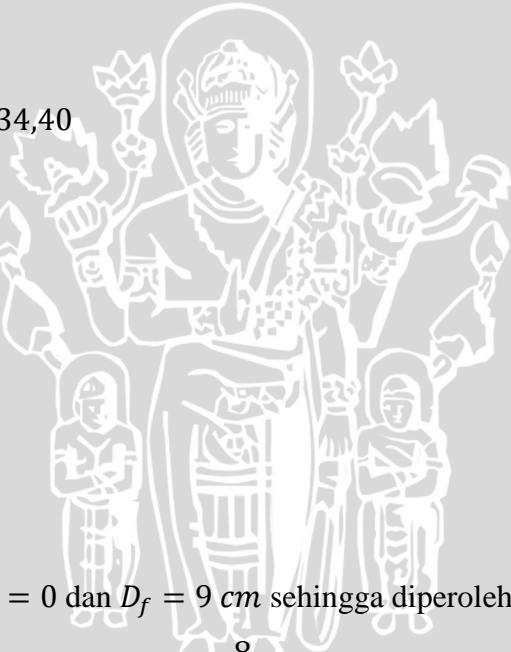
$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$

$$i_c, i_q, i_\gamma = 1$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = 1$$

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1$$



dengan mengasumsi nilai $c = 0$ dan $D_f = 9 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 9 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 545,9246444 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 54,59246444 \text{ kN/m}^2$$

Untuk $D_1 = 0 \text{ cm}$ (di tepi lereng)

$$q_u = cN_c g_c + D_f \gamma N_q g_q + \gamma \frac{B}{2} N_\gamma g_\gamma$$

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{54}{147} = 0,63$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5\tan\beta)^5 = (1 - 0,5\tan 54)^5 = 0,003$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 9 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 9 \cdot 1,36 \cdot 30,917 \cdot 0,003 + 1,36 \cdot \frac{8}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,003$$

$$q_u = 1,60907471 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,160907471 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 1,125 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,160907471 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 54,59246444 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{1,125B}{4B} = \frac{q_u - 0,160907471}{54,59246444 - 0,160907471}$$

$$q_u = 15,46978287 \text{ kN/m}^2$$

