

**PENGARUH VARIASI KEDALAMAN DAN JARAK PONDASI MENERUS DARI
TEPI LERENG TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI PADA PEMODELAN
FISIK LERENG TANAH PASIR DENGAN KEMIRINGAN 48° DAN D_r 74%**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

EDDY NASHRULLAH

0910610047 – 61

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN SIPIL

MALANG

2013

**PENGARUH VARIASI KEDALAMAN DAN JARAK PONDASI MENERUS DARI
TEPI LERENG TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI PADA PEMODELAN
FISIK LERENG TANAH PASIR DENGAN KEMIRINGAN 48° DAN D_r 74%**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

EDDY NASHRULLAH

0910610047 – 61

DOSEN PEMBIMBING

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

Ir. Herlien Indrawahyuni
NIP. 19480818 197603 2 001

**PENGARUH VARIASI KEDALAMAN DAN JARAK PONDASI MENERUS DARI
TEPI LERENG TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI PADA PEMODELAN
FISIK LERENG TANAH PASIR DENGAN KEMIRINGAN 48° DAN D_r 74%**

Disusun oleh :

EDDY NASHRULLAH

0910610047 – 61

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

Tanggal 16 September 2013

DOSEN PENGUJI

Ir. As'ad Munawir, MT

NIP. 19591111 198601 1 003

Ir. Herlien Indrawahyuni

NIP. 19480818 197603 2 001

Ir. Widodo Suyadi, M.Eng

NIP. 19490101 197408 1 001

Mengetahui

Ketua Program Studi S1
Teknik Sipil

Dr. Eng Indradi W, ST, M.Eng (Prac)

NIP. 19810220 200604 1 002

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, September 2013

Mahasiswa,

Nama : EDDY NASHRULLAH

NIM : 0910610047 - 61

Jurusan : TEKNIK SIPIL

Lembar Persembahan

Segala puji bagi Allah *subhanahu wa ta'ala*, rasa syukur yang tak terhingga atas segala nikmat yang telah di anugerahkan-Nya sehingga skripsi ini bisa terselesaikan. Shalawat beserta salam semoga selalu tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad *Shallallahu 'alaihi wa salam*, berkat kegigihan beliau lah sampai saat ini umat Islam masih dapat merasakan nikmatnya serta berharganya iman bagi kehidupan kita di dunia maupun di akhirat kelak.

Rasa terima kasih yang sangat besar juga saya ucapkan kepada orang-orang yang telah memberi warna dalam kehidupan yang singkat ini, antara lain;

1. Mamaku yang tercinta, Hj. Norkemala, AM.Keb yang telah memberi semangat, bahkan sudah menjadi teman curhat serta pemberi *"Mood Booster"* yang sangat ampuh bahkan di saat yang paling susah sekalipun.
2. Papahku tersayang, H. Fahmi Rizaini, SP, MP yang dengan kebijaksanaannya baik dengan sadar ataupun tidak, petuah-petuah yang biasanya sekedar ngobrol di rumah ataupun di mobil, tapi sangat banyak membantu dan memberi pengaruh kuat terhadap keputusan-keputusan yang ku ambil dalam menjalani hidup.
3. "ading"ku tersayang, Nizar Rahmatullah, yang selalu bilang "kapan pulang" dan nanya-nanya masalah elektronik dll, meskipun sepele, tapi itu juga memberi motivasi agar bisa secepatnya bisa menyelesaikan kuliah. Semoga kita bisa sukses dunia akhirat dan bisa membahagiakan orang tua ya zar, hhe.
4. Temen-temen sipil 2009



yang telah membantuku melewati hari-hari di perantauan. Semoga kita semua kelak bisa sukses dan bisa mengawal negri ini menuju negara maju, Amiin.

5. Temen-temen di Al-Hadiid, FORSIS, HMS, AMERA, IMM, IPMA, Asrama Nagara Dipa, dll yang telah memberi pengalaman yang sangat berharga baik dalam keorganisasian, maupun muamalah.
6. Temen-temen CupuClup, rofi, malik, harsya, kiago (sumeh), ferry, ferlic, aden, ody, obiet, dll, yang tak Cuma sebagai teman kuliah, atau sekedar teman main futsal, tapi juga teman saat menjelajahi tempat wisata di malang.
7. Teman satu penelitian, vivi, rizal, nanto, widya, lingga, yashinta, yang sudah bekerja keras dalam penelitian ini, tanpa kalian aku gak bisa lulus rekk.
8. Pihak-pihak lain yang tentunya masih banyak dan sangat berjasa, saya ucapkan terima kasih sebesar-besarnya.

>>Best regards, Eddy Nashrullah

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Segala puji dan rasa syukur saya hanturkan kepada Allah *Subhanahu wa ta'ala* atas segala rahmat, hidayah, serta berbagai nikmat-Nya sehingga skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Kedalaman Dan Jarak Pondasi Menerus Dari Tepi Lereng Terhadap Daya Dukung Pondasi Pada Pemodelan Fisik Lereng Tanah Pasir Dengan Kemiringan 48° Dan D_r 74%”** ini dapat terselesaikan.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik, serta diharapkan dapat berguna untuk memperkaya khazanah ilmu pengetahuan di bidang Geoteknik. Dalam kesempatan ini pula, saya ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang turut menyukseskan penyelesaian skripsi ini baik yang secara langsung maupun secara tidak langsung.

Dengan segala keterbatasan kemampuan 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.

Malang, September 2013

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
RINGKASAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Lereng	5
2.1.1 Pengertian Lereng.....	5
2.1.2 Tipe Keruntuhan Lereng.....	5
2.2 Pengaruh Kepadatan Relatif (Dr).....	7
2.3 Pondasi	7
2.3.1 Pengertian dan Jenis Pondasi.....	7
2.3.2 Pola Keruntuhan Pondasi	9
2.4 Daya Dukung Tanah (Bearing Capacity).....	11
2.4.1 Metode Terzaghi.....	12
2.4.2 Metode Hansen.....	14
2.4.3 Metode Vesic.....	17
2.4.4 Metode Mayerhof (1957)	19
2.4.5 Metode Shields (1990)	22
2.4.6 Metode GEO (1993).....	25
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Waktu dan Tempat.....	29
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	29

3.3 Jumlah dan perlakuan benda uji	32
3.4 Metode penelitian	32
3.4.1 Pengujian dasar	32
3.4.2 Persiapan benda uji.....	32
3.4.3 Model Test.....	33
3.4.4 Pengujian pembebanan.....	35
3.5 Metode Pengambilan Data	35
3.6 Variabel penelitian	37
3.7 Bagan Alir Tahapan Penelitian	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 Analisis Bahan	39
4.1.1 Analisis Saringan.....	39
4.1.2 Analisis Pemeriksaan Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>)	40
4.1.3 Analisis Pemeriksaan Kepadatan Tanah (<i>Compaction</i>)	41
4.1.3.1 Kepadatan Tanah Standar <i>Proctor Test</i>	41
4.1.3.2 Kepadatan Tanah <i>Model Test</i>	41
4.1.4 Analisis Pengujian Geser Langsung (<i>Direct Shear</i>).....	42
4.2 Pengujian <i>Model Test</i>	44
4.3 Daya Dukung Pondasi Pada Tanah Datar	47
4.3.1 Pengujian Daya Dukung Pondasi Pada Tanah Datar	47
4.3.2 Analisis Daya Dukung Pondasi Tanah Datar	49
4.4 Analisis Daya Dukung Pondasi Pada Lereng.....	51
4.4.1 Analitik.....	51
4.4.2 Eksperimen.....	53
4.4.3 Perbandingan Daya Dukung Dari Metode Analitik Dan Eksperimen.....	61
4.5 Perbandingan Relative Bearing Capacity (RBC).....	66
BAB V PENUTUP.....	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Keruntuhan pada lereng (slope failure).....	6
Gambar 2. 2	Keruntuhan pada kaki lereng (toe failure)	6
Gambar 2. 3	Keruntuhan di bawah kaki lereng	6
Gambar 2. 4	Bentuk Pondasi Telapak.....	8
Gambar 2. 5	Bentuk Pondasi rakit	9
Gambar 2. 6	General Shear Failure.....	10
Gambar 2. 7	Local Shear Failure	10
Gambar 2. 8	Punching Shear Failure	11
Gambar 2. 9	Zona Geser Berdasarkan Teori Terzaghi	13
Gambar 2. 10	Notasi Rumus Hansen	17
Gambar 2. 11	Pola Keruntuhan Pondasi di atas lereng menurut Mayerhof.....	19
Gambar 2. 12	Grafik Nilai N_{cq}	20
Gambar 2. 13	Grafik Nilai $N_{\gamma q}$	20
Gambar 2. 14	Grafik Prosentase Daya Dukung Tanah Datar Untuk Lereng Dengan Kemiringan 2:1	24
Gambar 2. 15	Grafik Prosentase Daya Dukung Tanah Datar Untuk Lereng Dengan Kemiringan 1,5 : 1	24
Gambar 2. 16	Pembebanan pada pondasi	26
Gambar 2. 17	Dimensi efektif pada dasar pondasi	26
Gambar 2. 18	Prosedur Interpolasi Linear untuk Menentukan Daya Dukung Ultimit Pondasi yang Terletak di Dekat Puncak Lereng.....	28
Gambar 3. 1	Peralatan untuk analisa saringan	30
Gambar 3. 2	Peralatan untuk analisa berat jenis tanah	30
Gambar 3. 3	Peralatan uji geser langsung.....	31
Gambar 3. 4	Pemeriksaan kepadatan	31
Gambar 3. 5	Peralatan pemadatan.....	31
Gambar 3. 6	Peralatan uji pembebanan	32
Gambar 3. 7	Model Lereng Percobaan	34
Gambar 3. 8	Model Box Pengujian.....	34
Gambar 3. 9	Contoh susunan pembebanan.....	35

Gambar 3. 10	Bagan alir percobaan.....	38
Gambar 4. 1	Grafik Pembagian Ukuran Butiran.....	39
Gambar 4. 2	Grafik Pemadatan.....	41
Gambar 4. 3	Grafik Hubungan Tegangan Geser dengan Tegangan Normal pada Lapisan 3	42
Gambar 4. 4	Grafik Hubungan Tegangan Geser dengan Tegangan Normal pada Lapisan 5	43
Gambar 4. 5	Grafik Hubungan Tegangan Geser dengan Tegangan Normal pada Lapisan 7	43
Gambar 4. 6	Grafik Hubungan Antara Berat Isi Kering dengan Jumlah Tumbukan.....	44
Gambar 4. 7	Perkiraan keruntuhan lereng jika tidak diberi beban.....	45
Gambar 4. 8	Keruntuhan yang terjadi saat percobaan	46
Gambar 4. 9	Penetapan Simbol.....	46
Gambar 4. 10	kondisi perletakan pondasi untuk pengujian pondasi di tanah datar.....	48
Gambar 4. 11	kondisi perletakan pondasi untuk pengujian pondasi di tanah datar pada saat percobaan	48
Gambar 4. 12	Grafik hubungan antara beban dengan penurunan pada tanah dengan permukaan datar	49
Gambar 4. 13	Grafik hubungan daya dukung dan penurunan	50
Gambar 4. 14	Grafik perbandingan nilai daya dukung antara eksperimental dan analitik	51
Gambar 4. 15	Faktor-faktor yang pengaruh daya dukung menurut Hansen.....	52
Gambar 4. 16	grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan pondasi 0 cm dari tepi lereng	54
Gambar 4. 17	Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan pondasi 3 cm dari tepi lereng	55
Gambar 4. 18	Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan pondasi 6 cm dari tepi lereng	56
Gambar 4. 19	Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan pondasi 6 cm dari tepi lereng	57
Gambar 4. 20	Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan kedalaman pondasi 0 cm	58
Gambar 4. 21	Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan kedalaman pondasi 3 cm	59

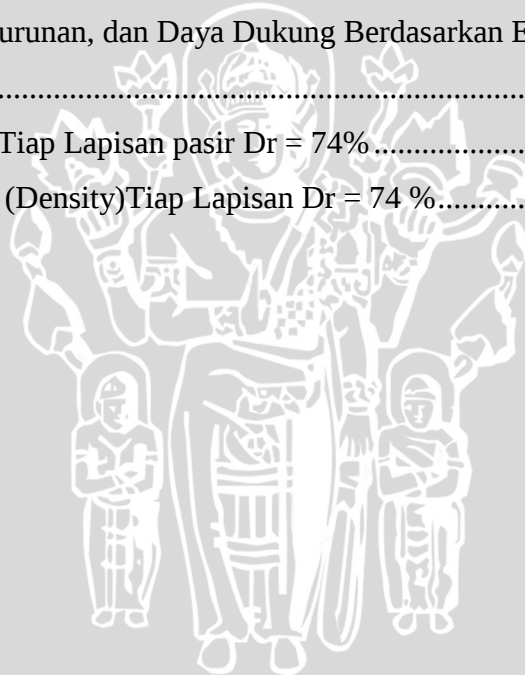
Gambar 4. 22	Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan kedalaman pondasi 6 cm	60
Gambar 4. 23	Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan kedalaman pondasi 9 cm	61
Gambar 4. 24	Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kondisi pondasi berjarak 0 cm dari tepi lereng.....	62
Gambar 4. 25	Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kondisi pondasi berjarak 3 cm dari tepi lereng.....	62
Gambar 4. 26	Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kondisi pondasi berjarak 6 cm dari tepi lereng.....	63
Gambar 4. 27	Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kondisi pondasi berjarak 9 cm dari tepi lereng.....	63
Gambar 4. 28	Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kedalaman pondasi 0 cm.....	64
Gambar 4. 29	Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kedalaman pondasi 3 cm.....	65
Gambar 4. 30	Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kedalaman pondasi 6 cm.....	65
Gambar 4. 31	Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kedalaman pondasi 9 cm.....	66
Gambar 4. 32	Nilai RBC dari hubungan Q_u maks terhadap rasio $D1/B$	67
Gambar 4. 33	Nilai RBC dari hubungan Q_u maks terhadap rasio Df/B	67
Gambar 4. 34	Hubungan RBC terhadap rasio $D1/B$	68
Gambar 4. 35	Hubungan RBC terhadap rasio Df/B	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kepadatan Relatif (Lambe and Whitman 1969).....	7
Tabel 2. 2 Faktor Kedalaman dan bentuk yang digunakan oleh Hansen.....	15
Tabel 2. 3 Faktor Kemiringan dan dasar tanah Rumus Hansen.....	16
Tabel 2. 4 Faktor-faktor kemiringan, tanah, dan alas untuk dipakai baik pada persamaan daya dukung Vesic.....	18
Tabel 2. 5 Tabel nilai N_{cq}	21
Tabel 2. 6 Tabel nilai N_{yq}	22
Tabel 2. 7 Faktor Daya Dukung GEO 1993	27
Tabel 3. 1. Variasi perlakuan pondasi.....	36
Tabel 4. 1 Berat Jenis Tanah Rata-Rata	40
Tabel 4. 2 Nilai-Nilai Sudut Geser Dalam.....	44
Tabel 4. 3 Rasio Jarak Pondasi Ke Tepi Lereng terhadap Lebar Pondasi	47
Tabel 4. 4 Rasio Kedalaman Pondasi terhadap Lebar Pondasi.....	47
Tabel 4. 5 Daya Dukung Pondasi (Q_u) Dengan Cara Analitik Menggunakan Metode Hansen (1970)	52
Tabel 4. 6 Daya dukung dan penurunan pondasi berdasarkan eksperimen pada jarak 0 cm dari tepi lereng	53
Tabel 4. 7 Daya dukung pondasi dan penurunan berdasarkan eksperimen pada jarak 3 cm dari tepi lereng	54
Tabel 4. 8 Daya dukung pondasi dan penurunan berdasarkan eksperimen pada jarak 3 cm dari tepi lereng	55
Tabel 4. 9 Daya dukung pondasi dan penurunan berdasarkan eksperimen pada jarak 3 cm dari tepi lereng	56
Tabel 4. 10 Daya dukung pondasi dan penurunan berdasarkan eksperimen pada Kedalaman 0 cm	57
Tabel 4. 11 Daya dukung pondasi dan penurunan berdasarkan eksperimen pada Kedalaman 0 cm	58
Tabel 4. 12 Daya dukung pondasi dan penurunan berdasarkan eksperimen pada Kedalaman 6 cm	59
Tabel 4. 13 Daya dukung pondasi dan penurunan berdasarkan eksperimen pada Kedalaman 9 cm	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Uji Gradasi Butiran (Grainsize).....	72
Lampiran 2. Analisis Uji Berat Jenis Butiran (Specivic Gravity).....	73
Lampiran 3 Analisis Uji Kepadatan Standart (Standart Compaction)	75
Lampiran 4. Data Hasil Pengujian Direct Shear Dr = 74%	77
Lampiran 5 Data Hasil Trial Error Jumlah Tumbukan Dr = 74%	88
Lampiran 6. Perhitungan Daya Dukung pada Tanah dengan Permukaan Horizontal Dr = 74%	90
Lampiran 7 Perhitungan Daya Dukung Tanah Pada Lereng Tanpa Perkuatan (Metode Hansen).....	93
Lampiran 8 Data Beban, Penurunan, dan Daya Dukung Berdasarkan Eksperimen Dr = 74%	119
Lampiran 9 Data Kadar Air Tiap Lapisan pasir Dr = 74%	126
Lampiran 10 Data Kepadatan (Density)Tiap Lapisan Dr = 74 %.....	131



RINGKASAN

Eddy Nashrullah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2013, *Pengaruh Variasi Kedalaman Dan Jarak Pondasi Menerus Dari Tepi Lereng Terhadap Daya Dukung Pondasi Pada Pemodelan Fisik Lereng Tanah Pasir Dengan Kemiringan 48^0 Dan D_r 74%*, Dosen Pembimbing : As'ad Munawir dan Herlien Indrawahyuni

Perkembangan jumlah penduduk serta sektor industri di Indonesia perlahan mulai menuntut pemanfaatan lahan yang lebih efektif. Saat ini perumahan warga maupun pusat industri terutama di kota-kota besar masih banyak yang terpaku untuk memanfaatkan lahan yang datar, sedangkan lahan sekitar pegunungan yang didominasi oleh lereng belum banyak dimanfaatkan. Kemiringan suatu lereng juga perlu ditinjau untuk mendukung keamanan suatu lereng. Selain itu, penentuan jarak pondasi dari tepi lereng serta kedalaman pondasi perlu ditinjau agar mengurangi resiko kelongsoran lereng. Penentuan jarak serta kedalaman pondasi terhadap tepi lereng yang tepat akan membantu dalam pengoptimalan daya dukung pondasi dan mengurangi sedikit resiko kelongsoran lereng.

Pada penelitian ini dipakai model test dengan ukuran panjang 1,50 m, lebar 1,0 m dan tinggi 1,0 m dengan variasi kedalaman 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm, serta variasi jarak yaitu 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm, menggunakan sudut kemiringan lereng sebesar 48^0 . Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kedalaman maupun jarak pondasi dari tepi lereng terhadap daya dukung pondasi pada pemodelan *unstable slope*. Proses pemadatan 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. Pembebanan dilakukan dengan menambahkan beban secara bertahap dengan kelipatan 20 kg hingga mencapai beban runtuh pada pemodelan lereng. Beban dimodelkan sebagai *strip footing* yang menyalurkan beban dari *load cell*. Daya dukung yang didapatkan dilakukan dengan pengolahan data dengan cara analitik dan pengolahan data melalui eksperimen.

Hasil dari variasi kedalaman pondasi dalam pemodelan fisik lereng pada penelitian ini adalah daya dukung pondasi yang dihasilkan akan semakin besar seiring dengan semakin dalamnya pondasi. Adapun untuk variasi jarak pondasi dari tepi lereng, semakin besar jarak, maka semakin besar pula daya dukung yang dihasilkan. Pendekatan cara perhitungan daya dukung secara analitik masih sedikit yang dapat digunakan untuk pendekatan daya dukung pondasi pada kondisi lereng *unstable slope*, salah satunya adalah metode Hansen. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin besar kedalaman dan jarak pondasi dari tepi lereng, maka daya dukung juga akan semakin besar.

Kata-kata kunci: daya dukung pondasi, *unstable slope*, variasi kedalaman pondasi, variasi jarak pondasi dari tepi lereng, daya dukung lereng

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan jumlah penduduk serta sektor industri di Indonesia perlahan mulai menuntut pemanfaatan lahan yang lebih efektif. Saat ini perumahan warga maupun pusat industri terutama di kota-kota besar masih banyak yang terpaksa untuk memanfaatkan lahan yang datar, sedangkan lahan sekitar pegunungan yang didominasi oleh lereng belum banyak dimanfaatkan. Sehingga pembangunan terkesan menumpuk dan tidak merata.

Pemanfaatan lereng dengan kemiringan tertentu sebagai tempat pemukiman maupun industri tentu membutuhkan perlakuan khusus, mengingat banyaknya bencana alam di Indonesia yang terjadi karena kurangnya daya dukung maupun stabilitas lereng, bahkan sampai menelan korban jiwa. Untuk itu, dalam meninjau berbagai faktor penentu keamanan harus benar-benar memperhitungkan kegagalan struktur bangunan maupun daya dukung yang dapat berakibat fatal. Salah satu faktor penentu keamanan dari struktur bangunan yang dibangun diatas atau pun didekat lereng adalah keterkaitannya dengan daya dukung lereng dan pondasi yang digunakan dari struktur tersebut.

Daya dukung pondasi yang digunakan pada suatu bidang miring (lereng) akan sangat berpengaruh terhadap faktor keamanan dari lereng. Dengan variasi nilai yang didapatkan dari percobaan hubungan antara sudut kemiringan lereng, jenis pondasi, kedalaman pondasi dan jarak pondasi dari tepi lereng akan dapat dianalisa daya dukung pada lereng tersebut.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya, dianalisa daya dukung dari suatu lereng dengan kemiringan tertentu dengan penambahan perkuatan pada lereng. Salah satu metode perkuatan tersebut yaitu dengan menambahkan pile pada lereng, dan kemudian dianalisa pengaruh panjang dan posisi pile terhadap daya dukung lereng yang kemiringannya telah ditentukan. Akan tetapi, masih belum ada ditemukan penelitian ataupun analisa yang dilakukan untuk mengetahui daya dukung lereng dengan menganalisanya dari variasi sudut kemiringan, kedalaman pondasi, jarak pondasi serta

jenis pondasi nya. Padahal variabel-variabel tersebut berpengaruh terhadap daya dukung lereng tersebut.

Sehingga dengan dilakukan analisa terhadap variable-variabel tersebut diharapkan akan didapatkan nilai parameter – parameter daya dukung lereng dari variasi kedalaman pondasi dan jaraknya dari tepi lereng, diharapkan ketika parameter ini bisa didapatkan, maka dapat digunakan dalam penentuan treatment selanjutnya yang akan diterapkan pada lereng tersebut.

1.2 Identifikasi Masalah

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

1. Perubahan atau 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. Penambahan beban yang akan ditransfer ke pondasi menuju tanah akan dapat bertambah sehingga menyebabkan tanah akan mengalami deformasi baik secara vertikal maupun horizontal. Bila beban bertambah akan menyebabkan deformasi plastis pada tanah dan daya dukung terus berkembang.
3. Perubahan kadar air didalam tanah akibat hujan atau hal lainnya, yang menimbulkan kemungkinga 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 tertetu.

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 kedalaman pondasi dan jarak pondasi ke tepi lereng ?
2. Bagaimana daya dukung pondasi pada lereng akibat rasio jarak dan kedalam pondasi terhadap lereng tanpa perkuatan jika dibandingkan dengan daya dukung pondasi pada tanah horizontal ?
3. Bagaimana pengaruh kedalaman pondasi dan jarak pondasi dari tepi lereng pada lereng tanpa perkuatan terhadap penurunan tanah yang terjadi ?
4. Berapa kedalaman pondasi 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 Pembatasan Masalah

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, dengan jenis tanah pasir berlempung 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 48°
8. Kedalaman pondasi bervariasi yaitu 0 cm, 3 cm, 6 cm, 9 cm.
9. Jarak pondasi ke tepi lereng bervariasi yaitu 0 cm, 3 cm, 6 cm, 9 cm
10. Jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi menerus

11. Ketinggian model lereng 70 cm.
12. Penempatan beban hanya pada satu posisi dan merupakan beban merata arah vertikal.
13. Pengidentifikasian daya dukung menggunakan pondasi menerus dengan lebar pondasi $B = 4$ cm dan jarak pondasi dari tepi lereng berbeda-beda serta kedalaman yang berbeda juga.
14. Karena beberapa faktor di lapangan tidak dapat dikondisikan dalam skala permodelan, sehingga hanya beberapa faktor penting seperti kemiringan lereng, ketinggian lereng dan pembebanan yang dapat dimodelkan.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

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

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh variasi jarak dan kedalaman pondasi terhadap daya dukung lereng dan pondasi yang digunakan
2. Membantu pada aplikasi di lapangan 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

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lereng

2.1.1 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 ke arah 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:

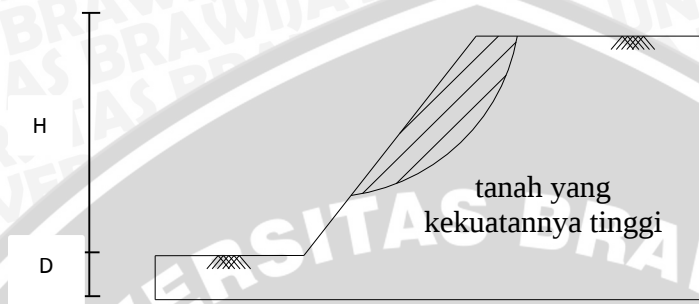
- Lereng tak berhingga (*infinite slopes*), atau lereng yang dapat dianggap tidak terhingga ketinggiannya.
- Lereng berhingga (*finite slopes*) atau lereng dengan tinggi yang terbatas.

2.1.2 Tipe Keruntuhan Lereng

Seperti yang kita ketahui, keruntuhan pada lereng dapat terjadi 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 ke arah bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor atau keruntuhan.

Pengamatan longsor atau keruntuhan pada lereng yang dilakukan oleh Collin (1846) menunjukkan bahwa kebanyakan peristiwa kelongsoran tanah terjadi dengan bentuk bidang longsor yang berupa lengkungan. Adapun tipe keruntuhan normal pada lereng adalah sebagai berikut :

1. Keruntuhan pada lereng (*slope failure*)



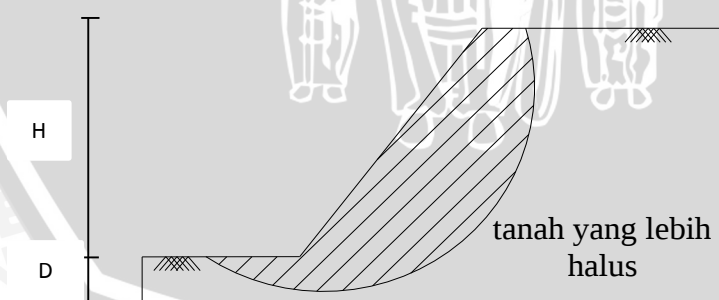
Gambar 2. 1 Keruntuhan pada lereng (*slope failure*)

2. Keruntuhan pada kaki lereng (*toe failure*)



Gambar 2. 2 Keruntuhan pada kaki lereng (*toe failure*)

3. Keruntuhan dibawah kaki lereng (*base failure*)



Gambar 2. 3 Keruntuhan di bawah kaki lereng

Perkiraan keruntuhan lereng diatas didasarkan pada faktor kedalaman, dimana :

$$D_f = \frac{D + H}{H}$$

Jika $D_f < 1$ maka keruntuhan muka lereng, jika $D_f = 1$ maka keruntuhan pada kaki lereng, dan jika $D_f > 1$ maka keruntuhan di bawah kaki lereng

Keruntuhan pada lereng terjadi karena sudut lereng sangat besar dan tanah yang dekat dengan kaki lereng tersebut memiliki kekuatan yang tinggi. Keruntuhan pada kaki lereng terjadi ketika tanah yang berada di atas dan di bawah kaki lereng bersifat homogen. Sedangkan keruntuhan dasar lereng terutama diakibatkan sudut lereng yang kecil dan tanah yang berada di bawah kaki lereng lebih halus dan lebih plastis daripada tanah di atasnya. Secara umum, longsor pada lereng disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Bertambahnya tegangan yang bekerja
2. Berkurangnya kuat geser material

2.2 Pengaruh Kepadatan Relatif (D_r)

Istilah kepadatan relatif umumnya dipakai untuk menunjukkan tingkat kepadatan dari tanah berbutir (*granular soil*) di lapangan. Harga kepadatan relatif (D_r) bervariasi, dari harga terendah = 0 untuk tanah yang sangat lepas sampai harga tertinggi = 1 untuk tanah yang sangat padat. Para ahli secara kualitatif menjelaskan tentang keadaan tanah berbutir kasar atas dasar kepadatan relatifnya.

Tabel 2. 1 Kepadatan Relatif (Lambe and Whitman 1969)

Relative Density %	Descriptive Term
0-15	Very Loose
15-35	Loose
35-65	Medium
65-85	Dense
85-100	Very Dense

Faktor daya dukung pondasi juga dipengaruhi oleh kepadatan relatif tanah, yaitu daya dukung pondasi akan meningkat seiring dengan peningkatan D_r tanah tersebut.

2.3 Pondasi

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 stuktur bangunan tersebut. Jenis pondasi dapat dikelompokkan dalam dua kelompok besar sebagai berikut :

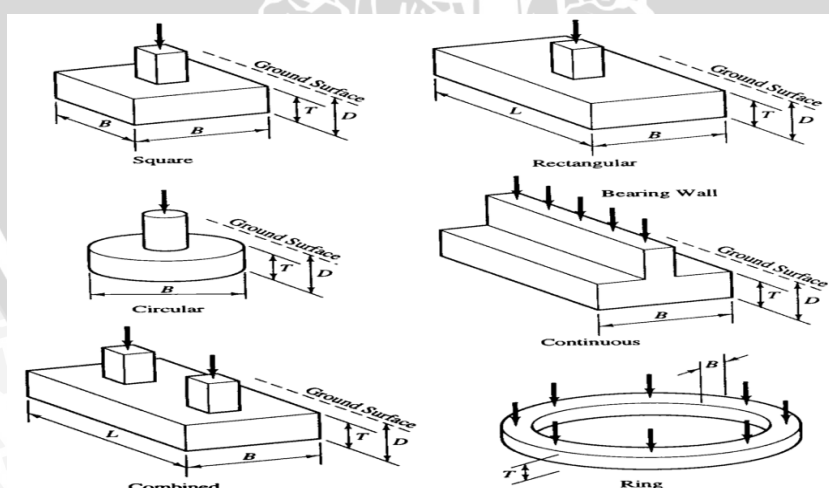
1. Pondasi dangkal (*Shallow Foundation*)

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

a. Pondasi telapak (*Spread footing*), dibedakan sebagai berikut :

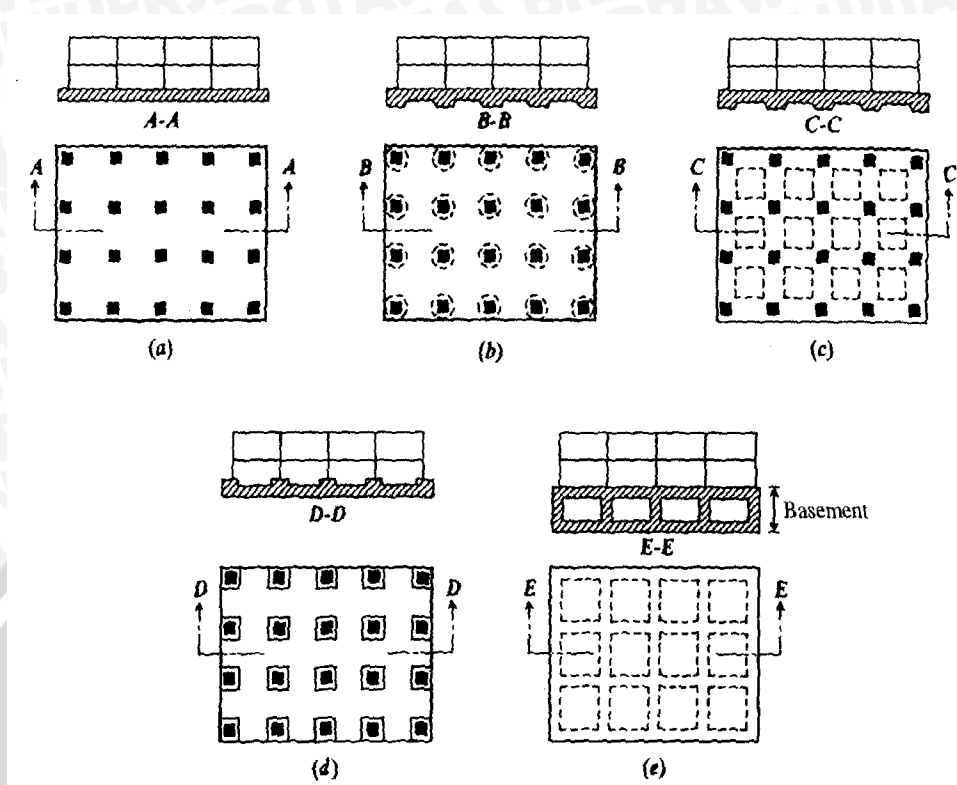
- *Isolated footing* (bujur sangkar, lingkaran, empat persegi)
- *Combined footing*
- *Continous/Strip footing* (Pondasi menerus)

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. 4 Bentuk Pondasi Telapak

b. Pondasi rakit (Raft/mat foundation)



Gambar 2.5 Bentuk Pondasi rakit

2. Pondasi Dalam (Deep Foundation), antara lain :

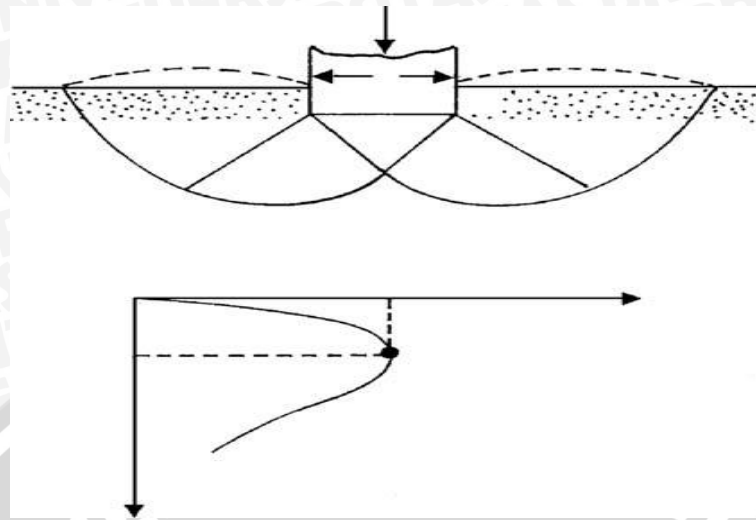
- a. Pondasi tiang (*pile foundation*)
- b. Pondasi sumuran (*well foundation*)
- c. Pondasi kaison (*caisson foundation*)

2.3.2 Pola Keruntuhan Pondasi

Berdasarkan dengan apa yang telah dibuktikan dilapangan, sebuah pondasi apabila dibebani maka pondasi tersebut akan meneruskan beban kelapisan tanah yang ada dibawahnya, sehingga menyebabkan tanah akan mengalami deformasi vertikal dan horizontal.

Apabila tanah mengalami pembebanan seperti beban pondasi, maka tanah akan mengalami distorsi dan penurunan. Jika beban ini bertambah terus maka penurunan juga akan bertambah dan akan menyebabkan deformasi plastis pada tanah. Berdasarkan hasil uji model, Vesic (1963) mengelompokkan mekanisme keruntuhan pondasi menjadi tiga, yaitu :

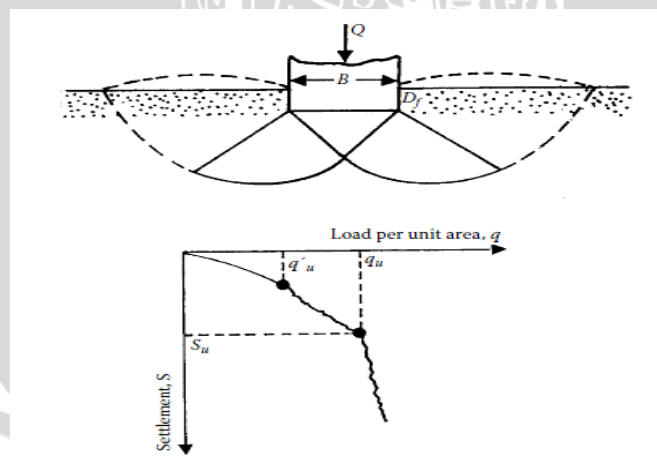
1) Keruntuhan Geser Umum (*General Shear Failure*)



Gambar 2. 6 General Shear Failure

Keruntuhan geser umum cenderung terjadi pada tanah pasir yang elatif padat (*dense sand*), pasir padat yaitu pasir yang mempunyai kepadatan relatif $D_r > 67\%$. Keruntuhan geser umum ini yaitu muncul tonjolan yang sangat jelas pada permukaan tanah disekitar pondasi yang dapat terjadi secara tiba-tiba, kadang kegagalan juga disertai dengan miringnya sebagian besar pondasi tersebut.

2) Keruntuhan Geser Lokal (*Local Shear Failure*)

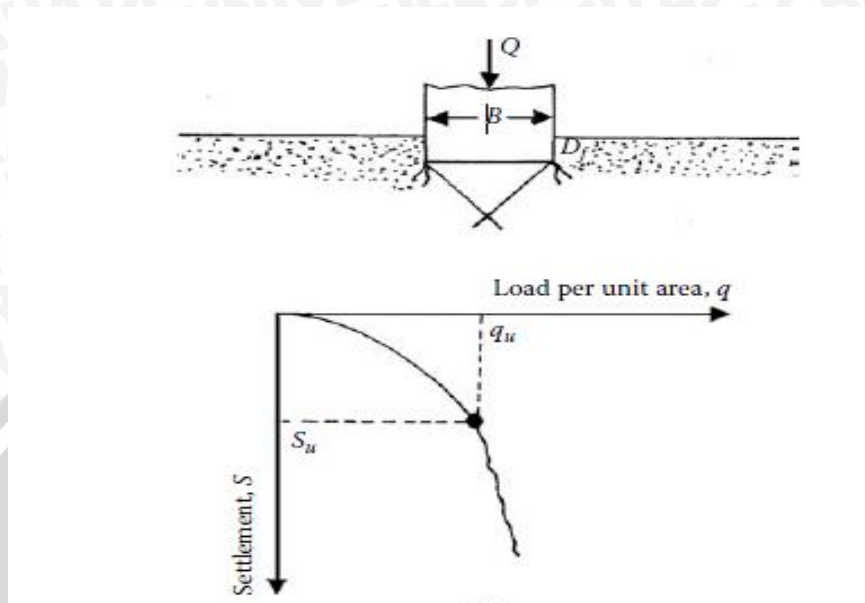


Gambar 2. 7 Local Shear Failure

Keruntuhan geser lokal cenderung terjadi pada tanah pasir tidak padat sampai sedang (*medium dense sand*), pasir dengan kondisi ini mempunyai kepadatan relatif $30\% < 67\%$. Keruntuhan geser lokal ini tidak terlihat begitu jelas, hingga mencapai 0,5 lebar

pondasi baru tampak jelas. Kedaan pondasi terus tenggelam dalam tanah, tanpa keruntuhan yang tiba-tiba terjadi.

3) Keruntuhan Penetrasi (*Punching Shear Failure*)



Gambar 2. 8 Punching Shear Failure

Keruntuhan penetrasi cenderung terjadi pada tanah pasir lepas (*lose sand*), pasir dengan kondisi ini mempunyai kepadatan relatif $D_r < 30\%$. Kompresibilitas tinggi dari tanah mengakibatkan keruntuhan yang terjadi permukaan secara geser vertikal. Karena kepadatan tanah terlalu rendah untuk menyebarkan keruntuhan yang terjadi pada permukaan maka permukaan tanah tidak tampak mengembung atau adanya indikasi berupa tonjolan

Berdasarkan pada apa yang telah didapatkan dilapangan, keruntuhan sangat dipengaruhi oleh density dari tanah dan juga dipengaruhi oleh rasio kedalaman-lebar pondasi D/B seperti yang ditunjukkan oleh Vesic (1973).

2.4 Daya Dukung Tanah (Bearing Capacity)

Apabila tanah mengalami pembebanan 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 tanah menyatakan kuat geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, 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) didefinisikan sebagai beban maksimum persatuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban dengan tanpa mengalami keruntuhan. Dan bila dinyatakan dalam sebuah persamaan, maka dapat dinyatakan :

$$q_u = \frac{P_u}{A} \quad (2-1)$$

$$q_{all} = \frac{q_u}{FS} \quad (2-2)$$

dengan :

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

P_u = beban ultimit (kN)

A = luas beban (m^2)

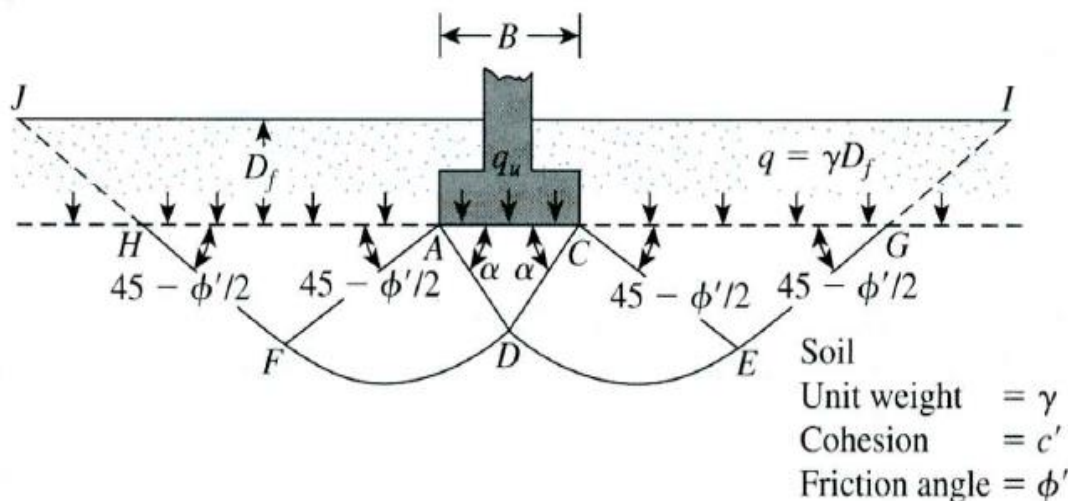
Q_{all} = daya dukung ijin (Kn/m^2)

FS = Faktor Keamanan

2.4.1 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 $D_f/B \leq 1$ dan berupa pondasi menerus dengan panjang tak hingga. Menurut Terzaghi, ketika pondasi dibebani, pada tanah tepat di bawah dasar pondasi terbentuk tiga zona geser seperti yang terlihat pada **gambar 2.9** berikut :



Gambar 2.9 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 :

$$q_u = cN_c + D_f \gamma N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma \quad (2-3)$$

Keterangan :

C = Kohesi (kN/m^2)

D_f = Kedalam Pondasi (m)

γ = Berat Volume Tanah (kN/m^3)

B = Lebar Pondasi (m)

N_γ = 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)

2.4.2 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.

$$q_u = c N_c i_c d_c s_c b_c g_c + q' N_q i_q d_q s_q b_q g_q + 0.5 B \gamma N_\gamma i_\gamma d_\gamma s_\gamma b_\gamma \quad (2-4)$$

Keterangan :

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

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

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

$$S_c, S_q, S_\gamma = \text{faktor bentuk pondasi}$$

$$d_c, d_q, d_\gamma = \text{faktor kedalaman}$$

$$i_c, i_q, i_\gamma = \text{faktor kemiringan beban}$$

$$g_c, g_q, g_\gamma = \text{faktor kemiringan permukaan tanah}$$

$$b_c, b_q, b_\gamma = \text{faktor kemiringan alas}$$

Tabel 2. 2 Faktor Kedalaman dan bentuk yang digunakan oleh Hansen

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

Shape and depth factors for use in either the Hansen (1970) or Vesic (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, Vesic, respectively.

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

Notes:

1. Note use of "effective" base dimensions B' , L' by Hansen but not by Vesic.
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 $s_{i,B}$, $s_{i,L}$ and $d_{i,B}$, $d_{i,L}$. For i, L subscripts of Eq. (4-2), presented in Sec. 4-6, use ratio L'/B' or D/L' .

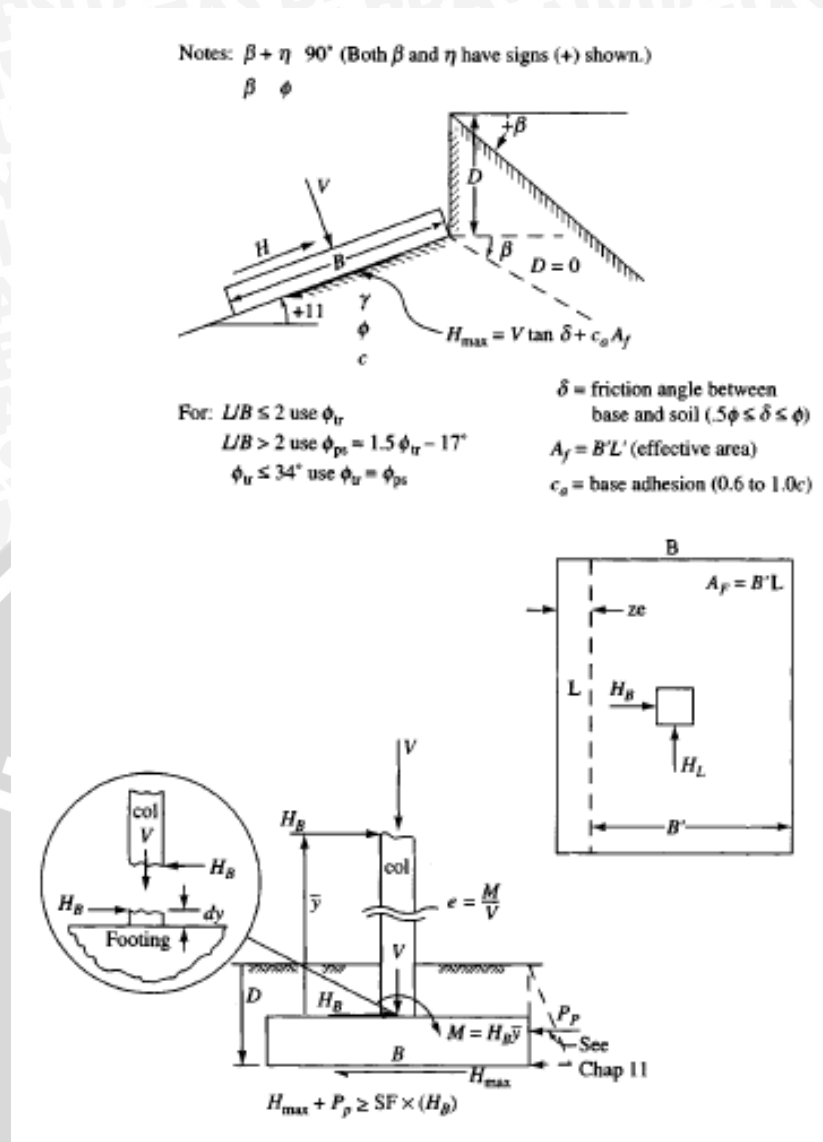
Tabel 2. 3 Faktor Kemiringan dan dasar tanah Rumus Hansen

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)
$i'_c = 0.5 - \sqrt{1 - \frac{H_i}{A_f C_a}}$ $i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$ $i_q = \left[1 - \frac{0.5 H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_1}$ $2 \leq \alpha_1 \leq 5$	$g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$ $g_c = 1.0 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$ $g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$
	Base factors (tilted base)
$i_\gamma = \left[1 - \frac{0.7 H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_2}$ $i_\gamma = \left[1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ/450^\circ) H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_2}$ $2 \leq \alpha_2 \leq 5$	$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi = 0)$ $b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi > 0)$ $b_q = \exp(-2\eta \tan \phi)$ $b_\gamma = \exp(-2.7\eta \tan \phi)$ 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. 10 Notasi Rumus Hansen

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.

2.4.3 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 :

$$N\gamma = 2(Nq+1)\tan \phi \quad (2-5)$$

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 2.2** berikut :

Tabel 2. 4 Faktor-faktor kemiringan, tanah, dan alas untuk dipakai baik pada persamaan daya dukung 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)
$i'_c = 1 - \frac{mH_i}{A_f c_a N_c} \quad (\phi = 0)$	$g'_c = \frac{\beta}{5.14} \quad \beta \text{ in radians}$
$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1} \quad (\phi > 0)$	$g_c = i_q - \frac{1 - i_q}{5.14 \tan \phi} \quad \phi > 0$
i_q , and m defined below	i_q defined with i_c
$i_q = \left[1.0 - \frac{H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^m$	$g_q = g_\gamma = (1.0 - \tan \beta)^2$
Base factors (tilted base)	
$i_y = \left[1.0 - \frac{H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{m+1}$	$b'_c = g'_c \quad (\phi = 0)$
$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$	$b_c = 1 - \frac{2\beta}{5.14 \tan \phi}$
$m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B}$	$b_q = b_\gamma = (1.0 - \eta \tan \phi)^2$

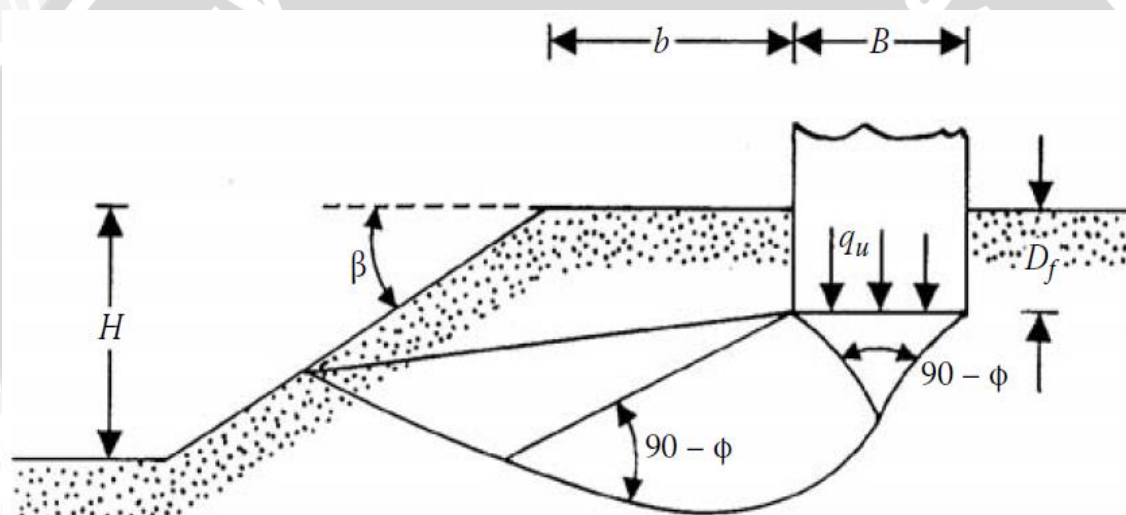
Notes:

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).

2.4.4 Metode Mayerhof (1957)

Dalam teori nya Mayerhof menyarankan persamaan daya dukung dengan mempertimbangkan bentuk pondasi, kemiringan beban dan kuat geser tanah di atas dasar pondasi. Apa yng disarankan oleh Mayerhof ini cukup bermanfaat dalam menjawab tantangan dalam permasalahan geoteknok 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 diperkenal kan oleh Mayerhof adalah sebagai berikut :

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

(2 – 6)

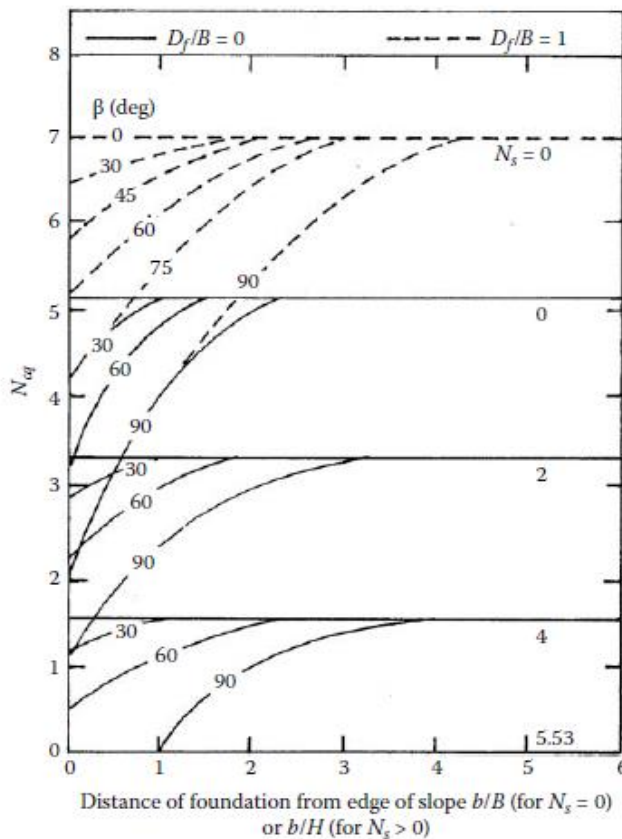
Lebih lanjut Mayerhof memberikan persamaan untuk daya dukung pondasi dengan mempertimbangkan bentuk pondasi, eksentrisitas beban, kemiringan beban, dan kuat geser tanah diatas dasar pondasinya yang dijelaskan dalam rumus persamaan daya dukung ultimit Mayerhof sebagai berikut :

$$q_u = cN_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + D_f \cdot \gamma \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \quad \dots(2-7)$$

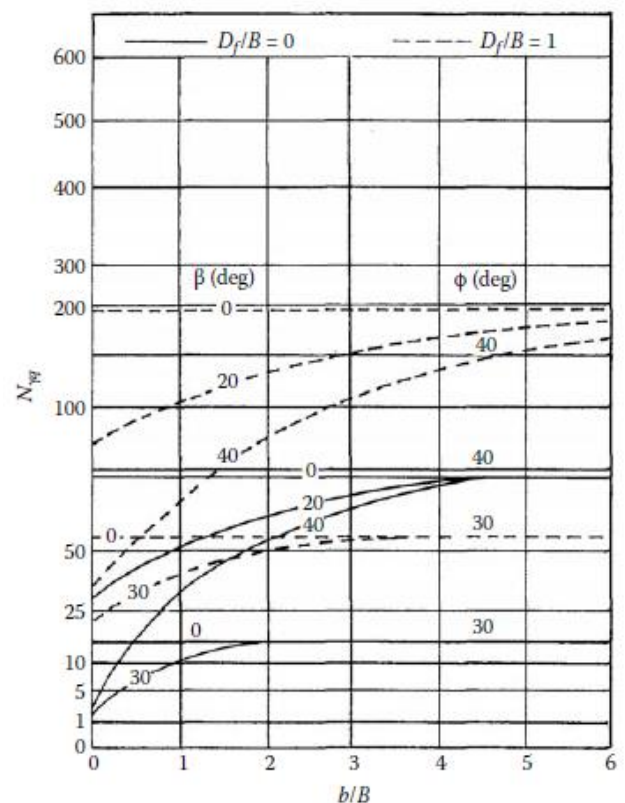
dengan :

- $F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ = Faktor bentuk pondasi
 $F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ = Faktor kedalaman pondasi
 $F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$ = Faktor kemiringan beban

Dengan N_{cq} dan $N_{\gamma q}$ adalah faktor daya dukung yang tergantung pada β (sudut kemiringan lereng), ϕ (sudut geser dalam) dan D/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_{yq} berikut ini :

Tabel 2. 5 Tabel nilai N_{cq}

Meyerhof meth 4—cohesive soils ($\phi = 0$)				Bearing capacity factors near slopes									
				N_{cq}									
				b/B or b/H									
D/B	N_c	α , deg	Z	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
0	0	0		5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
		18.4	3H:1V	4.55	4.90	5.12	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
		21.8	2.5H:1V	4.44	4.80	5.12	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
		26.6	2H:1V	4.29	4.79	5.11	5.14	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	5.14
		33.7	1.5H:1V	4.04	4.60	5.07	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
		60		3.08	4.06	4.82	5.12	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
		90		1.93	3.00	3.90	4.68	5.00	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
		2		3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
		18.4	3H:1V	3.08	3.23	3.32	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
		21.8	2.5H:1V	3.03	3.21	3.32	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
		26.6	2H:1V	2.97	3.18	3.32	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
		30		2.92	3.16	3.32	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
		33.7	1.5H:1V	2.83	3.09	3.28	3.32	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
		60		2.16	2.62	3.00	3.22	3.32	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
		90		1.04	1.71	2.28	2.65	2.97	3.14	3.27	3.33	3.33	3.33
		4		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
		18.4	3H:1V	1.32	1.43	1.49	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
		21.8	2.5H:1V	1.28	1.42	1.49	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
		26.6	2H:1V	1.23	1.40	1.48	1.50	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	1.50
		33.7	1.5H:1V	1.12	1.32	1.43	1.48	1.49	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
		60		0.52	0.83	1.10	1.30	1.42	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
		90				0.63	0.60	0.98	1.21	1.33	1.41	1.48	1.50
		1		7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
		15		6.50	6.68	6.82	6.94	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
		18.4	3H:1V	6.35	6.57	6.75	6.90	6.98	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
		21.8	2.5H:1V	6.21	6.46	6.68	6.86	6.96	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
		26.6	2H:1V	6.01	6.31	6.59	6.81	6.94	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
		30		5.86	6.20	6.52	6.77	6.92	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
		33.7	1.5H:1V	5.68	6.06	6.40	6.69	6.87	6.98	7.00	7.00	7.00	7.00
		45	1H:1V	5.14	5.62	6.05	6.43	6.73	6.93	7.00	7.00	7.00	7.00
		60		4.11	4.80	5.44	5.95	6.41	6.74	6.98	7.00	7.00	7.00
		90				4.00	4.67	5.27	5.75	6.25	6.63	6.88	7.00

Sumber : National Engineering Hand Book, 2007 : 8

Tabel 2. 6 Tabel nilai $N_{\gamma q}$

Meyerhof method—cohesionless soils				Bearing capacity factors near slopes							
ϕ , 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
0	0	0		15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
	18.4	3H:1V		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:1V		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:1V		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:1V		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:1V		36.8	41.4	46.0	51.5	56.1	64.4	71.8	82.8
	20			32.0	37.0	42.0	48.0	53.0	62.0	70.0	82.0
	21.8	2.5H:1V		29.4	34.7	39.9	46.0	51.2	60.7	68.8	81.4
	26.6	2H:1V		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:1V		133.3	140.6	148.0	154.4	159.0	171.9	182.0	200.4
	20			124.0	132.0	140.0	147.0	152.0	166.0	177.0	197.0
	21.8	2.5H:1V		116.2	124.4	132.7	140.1	145.7	160.5	172.2	193.4
	26.6	2H:1V		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

Sumber : National Engineering Hand Book, 2007 : 8

2.4.5 Metode Shields (1990)

Shield bersama dengan peneliti lainnya telah mencoba melakukan penelitian terhadap faktor daya dukung $N_{\gamma q}$ untuk sebuah pondasi pada lereng yang memiliki sudut geser yang rendah. Pada penelitian yang dilakukan oleh Shields ia menggunakan pemodelan box pasir berukuran besar dengan panjang 15 m dan lebar 2 m dan tinggi 2,2 m. Sebuah lereng dengan perbandingan H : V yaitu 2 : 1 dipilih sebagai pemodelan karena dianggap ukuran tersebut adalah uluran standar dari sebuah lereng, lereng dibuat dengan

faktor-faktor penentu yang ada. Dari percobaan tersebut Shield melaporkan prosentase daya dukung tanah datar yang ia temukan dengan menggunakan persamaan *Gemperline* untuk menghitung nilai $N_{\gamma q}$ dan menggunakan persamaan daya dukung Mayerhof untuk tanah datar.

$$q = 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma q} \quad \dots(2-8)$$

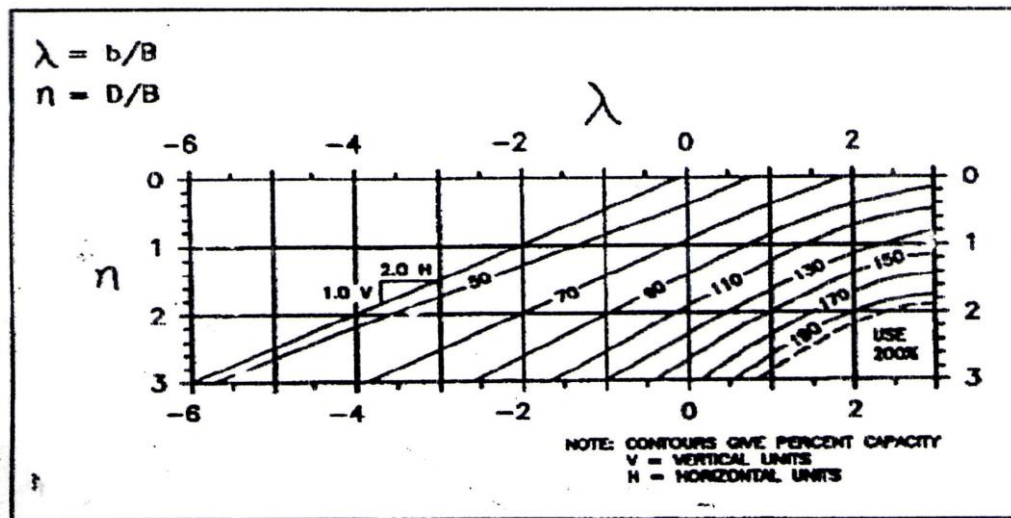
Adapun persamaan Gemperline adalah sebagai berikut :

$$N_{\gamma q} = f_{\phi} \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, b/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \times f_{\beta, b/B, B/L} \quad \dots(2-9)$$

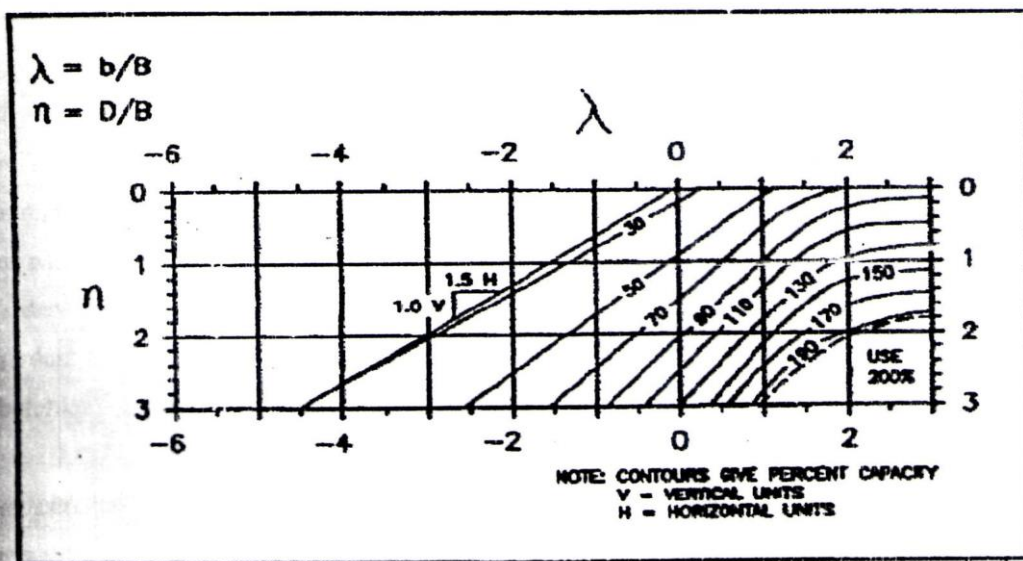
Dengan :

ϕ	= sudut geser dalam tanah (°)
β	= sudut kemiringan lereng (°)
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. 14 Grafik Prosentase Daya Dukung Tanah Datar Untuk Lereng Dengan Kemiringan 2:1



Gambar 2. 15 Grafik Prosentase Daya Dukung Tanah Datar Untuk Lereng Dengan Kemiringan 1,5 : 1

2.4.6 Metode GEO (1993)

Persamaan daya dukung ultimit berdasarkan metode GEO (1993) adalah sebagai berikut :

$$q_u = \frac{Q_u}{B_f' L_f'} = c' N_c \zeta_{cs} \zeta_{ci} \zeta_{ct} \zeta_{cg} + 0.5 B_f' \gamma_s' N_\gamma \zeta_{\gamma s} \zeta_{\gamma i} \zeta_{\gamma t} \zeta_{\gamma g} + q N_q \zeta_{qs} \zeta_{qi} \zeta_{qt} \zeta_{qg}$$

Dengan :

N_c, N_γ, N_q = factor daya dukung

Q_u = beban ultimit

q_u = daya dukung ultimit

q = tekanan overbuden

c' = kohesi efektif

γ_s' = berat isi efektif tanah

B_f = lebar pondasi

L_f = panjang pondasi

$B_f' = B_f - 2e_B$

$L_f' = L_f - 2e_L$

e_L = beban eksentris pada panjang pondasi

e_B = beban eksentris pada lebar pondasi

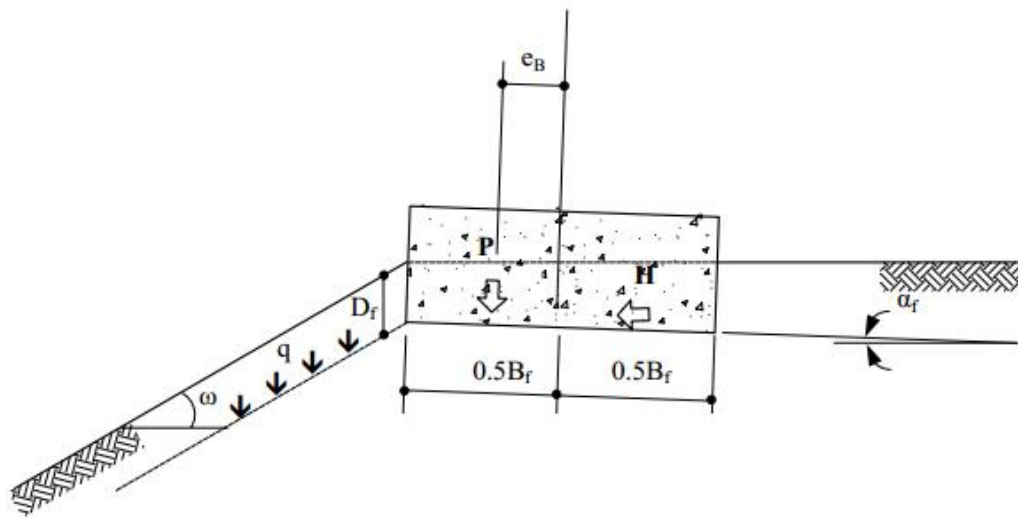
$\zeta_{cs}, \zeta_{\gamma s}, \zeta_{qs}$ = faktor bentuk pondasi

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

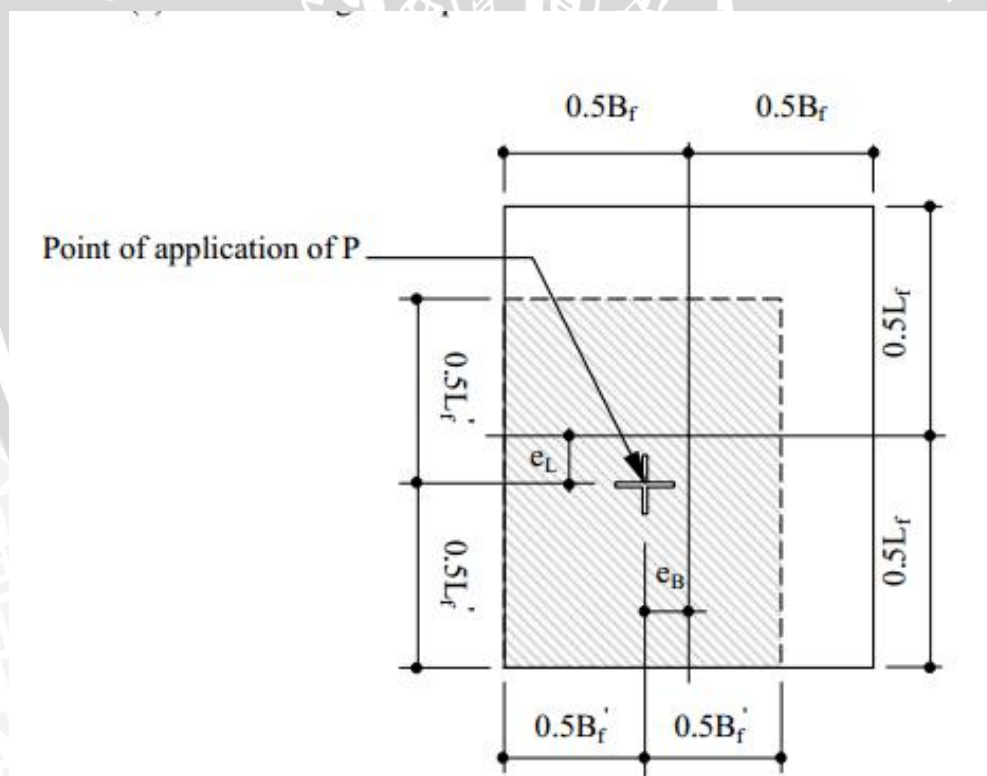
$\zeta_{cg}, \zeta_{\gamma g}, \zeta_{qg}$ = faktor kemiringan permukaan tanah

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

Berikut pembebanan pada pondasi dan dimensi efektif pada dasar pondasi :



Gambar 2. 16 Pembebanan pada pondasi



Gambar 2. 17 Dimensi efektif pada dasar pondasi

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

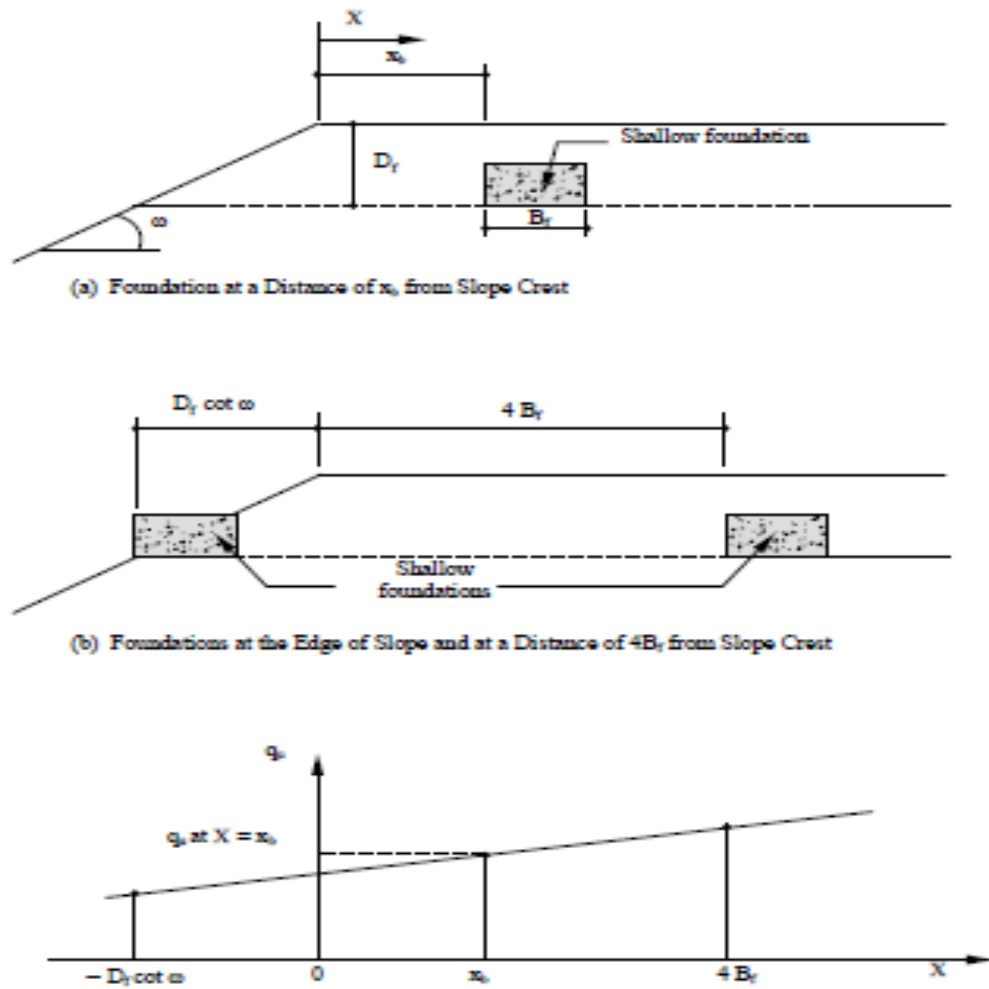
Tabel 2. 7 Faktor Daya Dukung GEO 1993

Parameters	$c' - \phi'$ soil	For undrained condition ($\phi = 0$)
Bearing capacity factors	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$	$N_c = 2 + \pi$
	$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \phi'$	$N_\gamma = 0$
	$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 (45^\circ + \frac{\phi'}{2})$	$N_q = 1$
Shape factors	$\zeta_{sa} = 1 + \frac{B_f N_q}{L_f N_c}$	$\zeta_{sa} = 1 + 0.2 \frac{B_f}{L_f}$
	$\zeta_{sq} = 1 - 0.4 \frac{B_f}{L_f}$	$\zeta_{sq} = 1$
	$\zeta_{s\phi} = 1 + \frac{B_f}{L_f} \tan \phi'$	
Inclination factors	$\zeta_{si} = \zeta_{s\phi} - \frac{1 \cdot \zeta_{sq}}{N_c \tan \phi'}$	$\zeta_{si} = 0.5 + 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{c' B_f / L_f}}$
	$\zeta_{sq} = \left(1 - \frac{H}{P + B_f L_f' c' \cot \phi'}\right)^{m_i + 1}$	$\zeta_{sq} = 1$
	$\zeta_{s\phi} = \left(1 - \frac{H}{P + B_f L_f' c' \cot \phi'}\right)^{m_\phi}$	
Tilt factors	$\zeta_{sa} = \zeta_{s\phi} - \frac{1 \cdot \zeta_{sq}}{N_c \tan \phi'}$	$\zeta_{sa} = 1 - \frac{2\alpha_r}{\pi + 2}$
	$\zeta_{sq} = (1 - \alpha_r \tan \phi')^2$ for $\alpha_r < 45^\circ$	$\zeta_{sq} = 1$
	$\zeta_{s\phi} \approx \zeta_{sq}$	
Ground sloping factors	$\zeta_{sg} = e^{-2\omega \tan \phi'}$	$\zeta_{sg} = 1 - \frac{2\omega}{\pi + 2}$
	$\zeta_{sq} \approx \zeta_{sg}$	$\zeta_{sg} = 1$
	$\zeta_{sg} = (1 - \tan \omega)^2$ for $\omega \leq 45^\circ$	
	$\zeta_{sg} = 0$ for $\omega > 45^\circ$	

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_r = inclination of the base of the footing
 ω = sloping inclination in front of the footing
 $m_i = \frac{2 + \frac{B_f'}{L_f'}}{1 + \frac{B_f'}{L_f'}}$ = load inclination along dimension B_f' ; $m_\phi = \frac{2 + \frac{L_f'}{B_f'}}{1 + \frac{L_f'}{B_f'}}$ = load inclination along dimension L_f'

Sumber : Geotechnical Engineering Office, 2006:45

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 ($b \geq 4B$), maka menggunakan analisis daya dukung di tanah datar.



Gambar 2. 18 Prosedur Interpolasi Linear untuk Menentukan Daya Dukung Ultimit Pondasi yang Terletak di Dekat Puncak Lereng

Berikut persamaan interpolasi linier :

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

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Waktu : November 2012 sampai dengan April 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
- Termometer

c. Peralatan uji geser langsung

- alat uji geser langsung
- ring untuk pengambilan sampel
- Timbangan

d. Peralatan uji elastisitas bahan

- *proving ring*
- *dial gauge*

e. Pemeriksaan kepadatan dan pemeriksaan kadar air

- *density ring*
- timbangan digital
- Cawan
- Oven

f. Peralatan pemadatan

- Proktor standar
- Mold
- timbangan

g. Peralatan uji pembebanan

- dongkrak hidrolik
- pondasi
- proving ring
- dial gauge



(a) Saringan



(b) Timbangan digital

Gambar 3. 1 Peralatan untuk analisa saringan

(Sumber : Penulis)



Labu ukur

Gambar 3. 2 Peralatan untuk analisa berat jenis tanah

(Sumber : Penulis)



(a) Peralatan geser langsung

Gambar 3. 3 Peralatan uji geser langsung

(Sumber : Penulis)



(a) Density ring

Gambar 3. 4 Pemeriksaan kepadatan

(Sumber : Penulis)



(a) Proktor standar

Gambar 3. 5 Peralatan pemadatan

(Sumber : Penulis)



(a) Load Cell



(b) Dial gauge



(c) Dongkrak Hidrolik

Gambar 3. 6 Peralatan uji pembebanan

(Sumber : Penulis)

3.3 Jumlah dan perlakuan benda uji

Pada percobaan ini dibuat 16 buah benda uji dengan 4 kedalaman pondasi dan 4 variasi jarak pondasi dari tepi lereng untuk lereng dengan sudut kemiringan 48^0 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

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. pemadatan tersebut digunakan alat penumbuk *Standart Compaction* dengan spesifikasi berat 5,5 lb dan tinggi jatuh 1 ft. Jumlah tumbukan yang dilakukan sebanyak 180 kali. Jumlah tumbukan diambil berdasarkan hasil pengujian awal yang mencapai kepadatan tanah yang akan digunakan.

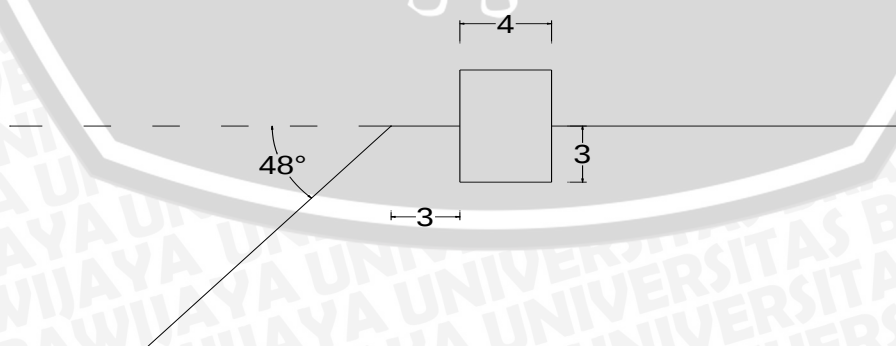
3.4.3 Model Test

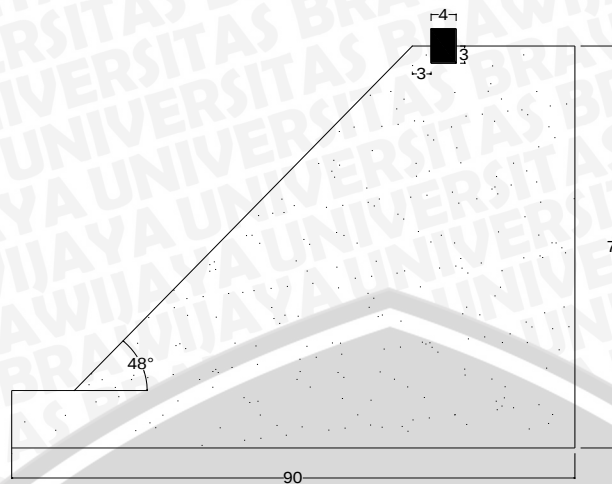
Pemodelan lereng yang dibuat di laboratorium dirancang menyerupai kondisi yang terdapat di lapangan. Pemodelan ini bertujuan untuk mempermudah dalam pengamatan dan mengurangi volume bahan, sehingga dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan dan menghemat lahan penelitian.

Langkah-langkah percobaan pada model test :

1. Mempersiapkan tanah pasir dengan gradasi halus sampai sedang
2. Memasukkan per lapisan tanah ke dalam box dipadatkan setiap lapisan setinggi 10 cm dengan menggunakan alat *proctor*
3. Membuat kemiringan lereng dengan sudut yang telah ditentukan (48°)
4. Memberikan beban pada pondasi menerus sepanjang lebar lereng sesuai dengan variable yang ditentukan
5. Memberikan beban pada pondasi menerus di atas lereng secara bertahap
6. Melakukan pembacaan alat-alat uji pembebanan terhadap model test
7. Pengamatan dilakukan sampai model test sudah tidak dapat dibebani lagi

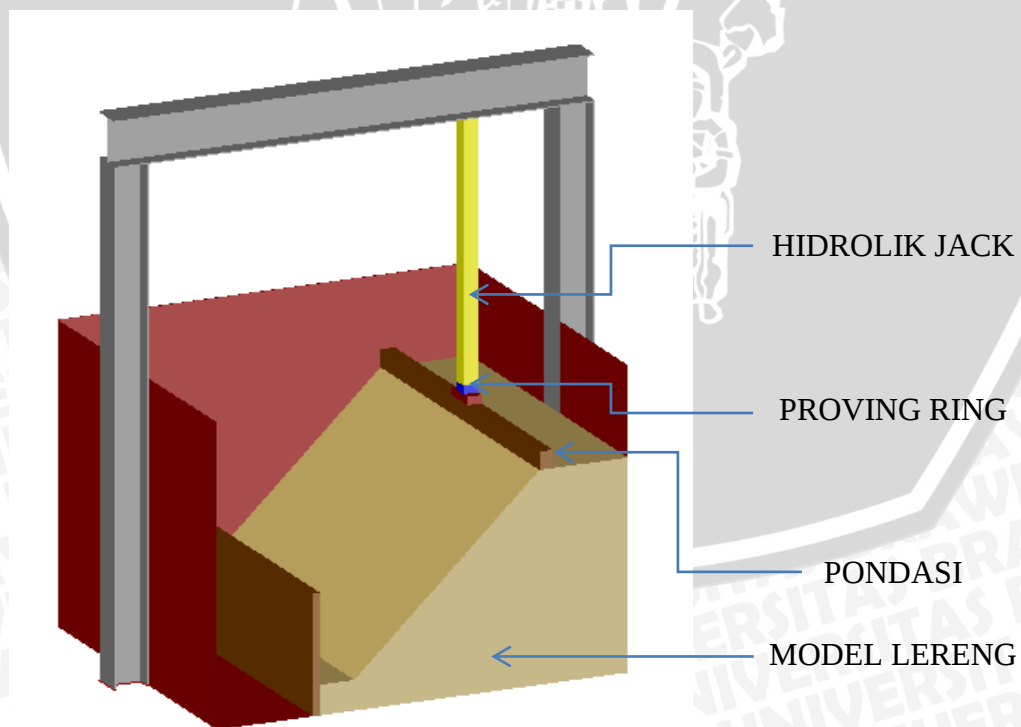
Adapun model benda uji yang akan di buat adalah sebagai berikut





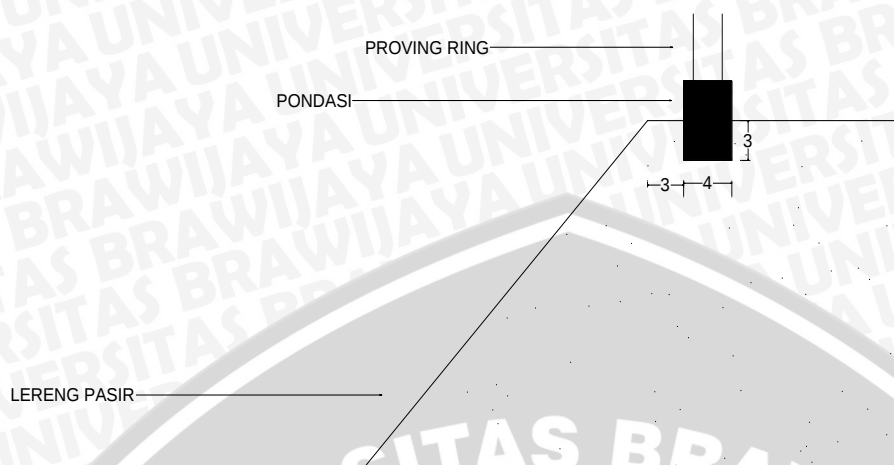
Gambar 3. 7 Model Lereng Percobaan

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 fiberglass diharapkan dapat digunakan supaya dapat diamati dan dilihat saat pelaksanaan.



Gambar 3. 8 Model Box Pengujian

3.4.4 Pengujian pembebanan



Gambar 3. 9 Contoh susunan pembebanan

Pembebanan dilakukan dengan menggunakan dongkrak hidrolik. Sebagai pengukur besarnya beban yang terjadi, digunakan *manometer* yang berkapasitas 250 kg/cm². 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 4 x 6 x 98 cm³. Beban yang diberikan diusahakan dapat berupa beban merata pada permukaan atas model lereng, dengan ukuran luasan beban 4 x 98 cm².

3.5 Metode Pengambilan Data

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

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

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

Tabel 3. 1. Variasi perlakuan pondasi

Jenis tanah (kepadatan)	Jenis Pondasi	Kedalaman Pondasi	Jarak Pondasi ke tepi lereng	Sudut lereng
Tanah Pasir (Dr 74%)	Menerus	0 cm	0 cm	48°
Tanah Pasir (Dr 74%)	Menerus	5 cm	3 cm	48°
Tanah Pasir (Dr 74%)	Menerus	10 cm	6 cm	48°
Tanah Pasir (Dr 74%)	Menerus	15 cm	9 cm	48°

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 180 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 mulai dari 15 – 45 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.

3.6 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 :

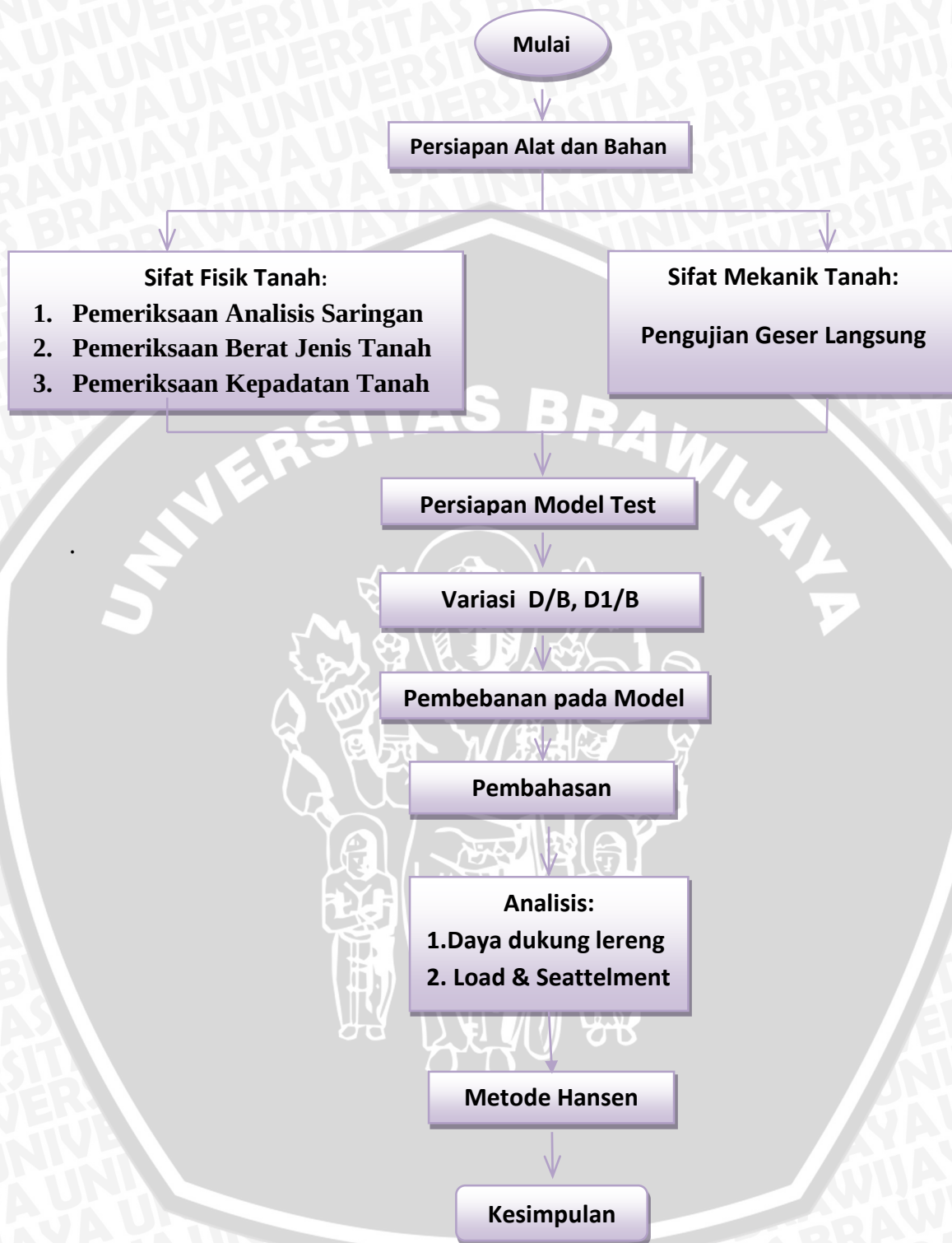
a. Variabel bebas dalam penelitian ini antara lain:

- 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 Pondasi (pondasi lajur)
- sudut kemiringan lereng
- jenis tanah pasir dengan kepadatan relative (D_r) = 74% dan kadar air sebesar 12%

b. Variabel *dependent* dalam penelitian ini antara lain:

- Pola keruntuhan yang terjadi
- Beban maksimum yang mampu ditahan oleh lereng
- Faktor keamanan setelah terjadi kelongsoran
- Daya dukung Lereng menahan beban diatasnya

3.7 Bagan Alir Tahapan Penelitian



Gambar 3. 10 Bagan alir percobaan

BAB IV

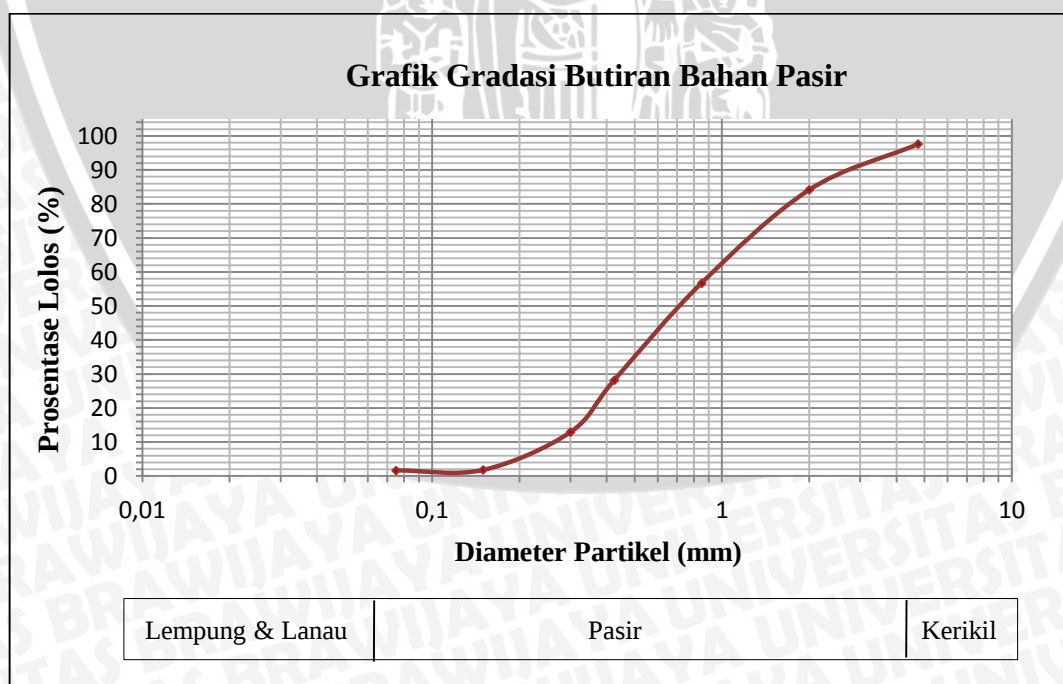
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Bahan

Pada penelitian ini digunakan jenis tanah berupa pasir lepas yang berasal dari pinggiran aliran sungai di daerah lumajang. Berdasarkan pengamatan langsung, pasir yang digunakan merupakan pasir lepas dan seragam. Sedangkan untuk pondasi lajur, digunakan balok kayu yang dilapisi baja.

4.1.1 Analisis Saringan

Tujuan pengujian ini adalah untuk penentuan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dan agregat halus yang digunakan dalam penelitian dengan menggunakan saringan. Dari analisis saringan tersebut diperoleh data tanah yang lolos saringan no. 200 sebesar 1,165%. Sehingga berdasarkan klasifikasi tanah dengan sistem *Unified* tanah tersebut digolongkan sebagai tanah berbutir kasar jenis SP (*Poorly Graded Sand*) karena prosentase tanah yang lolos dari saringan no. 200 kurang dari 5%. Adapun data yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4. 1 berikut.



Gambar 4. 1 Grafik Pembagian Ukuran Butiran

4.1.2 Analisis Pemeriksaan Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Tujuan dari analisis pemeriksaan berat jenis (*specific gravity*) ini yaitu untuk menentukan berat jenis tanah yang lolos dari saringan no. 4 dengan menggunakan labu ukur (*Picnometer*). Setelah pemeriksaan, data yang didapat dimasukkan ke dalam persamaan berikut.

$$G_s = \frac{G_T \times W_s}{W_s - W_1 + W_2} \quad (4-1)$$

Dengan :

- G_s = berat jenis tanah
- G_T = berat jenis air
- W_s = berat tanah kering
- W_1 = berat labu ukur + air + tanah
- W_2 = berat labu ukur + air

Nilai berat jenis yang didapat dari pengujian laboratorium yaitu sebesar 2,709 gr/cm³ disajikan pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Berat Jenis Tanah Rata-Rata

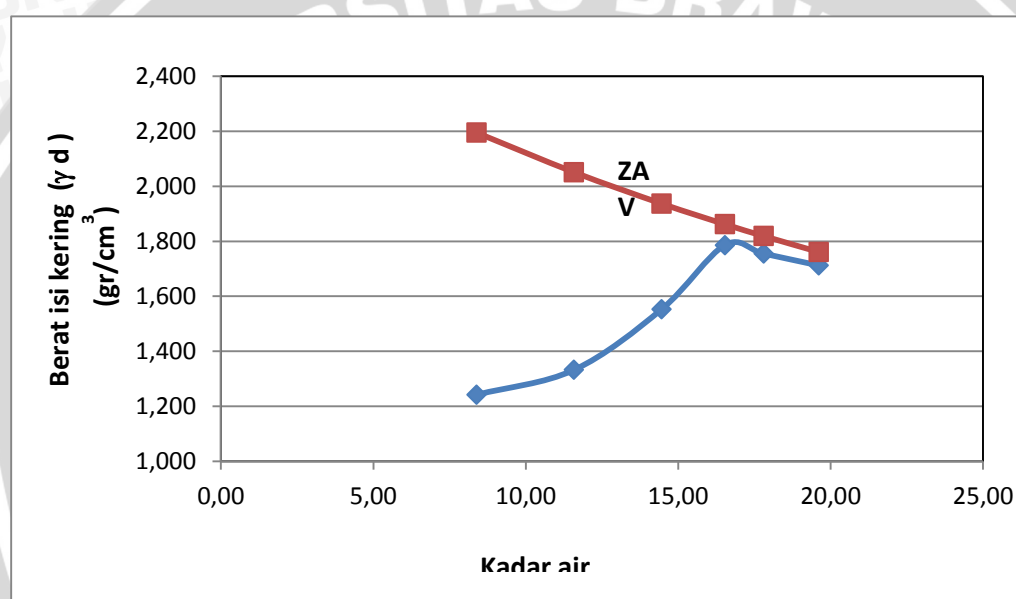
Labu ukur	A	B	Satuan
Berat jenis	2.709	2.669	gram/cm ³
Berat jenis rata-rata	2,689		gram/cm ³

Sumber: Hasil Analisis, 2011

4.1.3 Analisis Pemeriksaan Kepadatan Tanah (*Compaction*)

4.1.3.1 Kepadatan Tanah Standar *Proctor Test*

Tujuan dari analisis kepadatan tanah standar yaitu untuk menentukan hubungan antara kepadatan tanah dan kadar air dengan pemadatan tanah di dalam *mould*. Adapun *mould* yang digunakan berdiameter 102 mm (4 inchi), *proctor* seberat 4,54 kg (10 lbs), dan tinggi jatuh 45,7 cm (18 inchi) karena tanah yang digunakan adalah tanah yang lolos dari ayakan no. 4. Dari pengujian yang dilakukan di laboratorium ini diperoleh berat isi kering maksimum (γ_{dmax}) sebesar 1,8 gr/cm³ dengan kadar air optimum sebesar 18%. Data yang diperoleh dari pengujian tersebut disajikan pada gambar 4.2 berikut.



Gambar 4. 2 Grafik Pemadatan

Karena hampir tidak mungkin mendapatkan nilai kepadatan maksimum di lapangan (boks penelitian), maka ditentukan kepadatan relatif optimum yang dapat dicapai sebesar 74% dari kondisi ideal. Sehingga γ_d rencana = 1,32 gr/cm³ dan kadar air = 12 %

4.1.3.2 Kepadatan Tanah *Model Test*

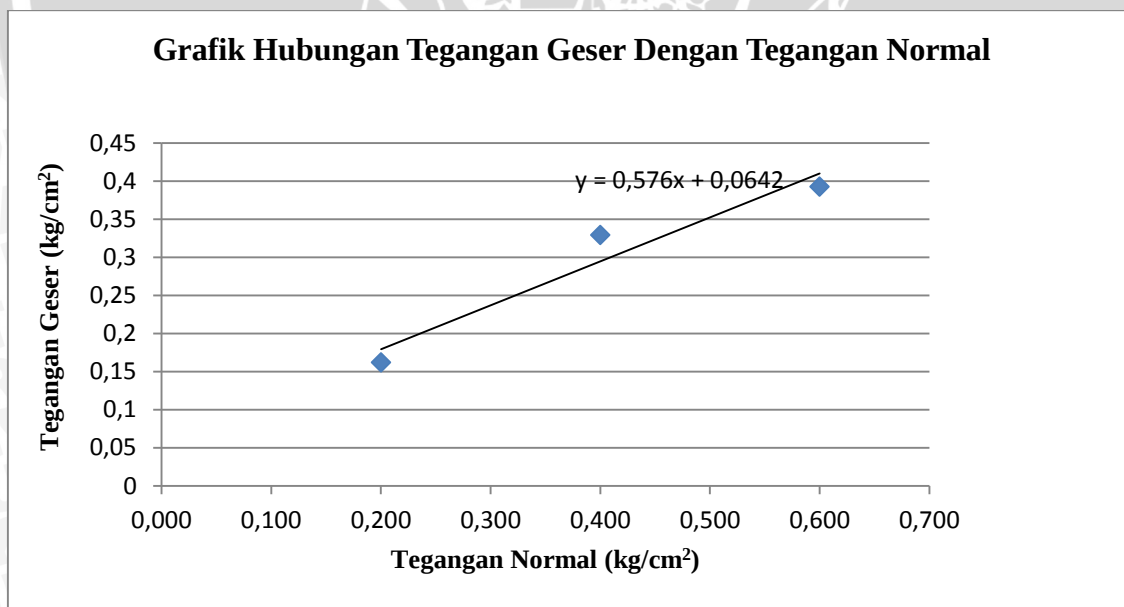
Dalam penentuan berat isi kering pada *model test*, digunakan *sand cone* yang juga menghasilkan berat isi kering (γ_{lap}). Berat isi kering (γ_{lap}) ini dibandingkan dengan berat isi kering yang dihasilkan dari analisis kepadatan tanah standar menggunakan *proctor* di laboratorium (γ_{lab}) agar dapat diperoleh kepadatan relatif (D_r). Berat isi kering (γ_{lap}) yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebesar 1,33 gr/cm³ untuk kepadatan relatif sebesar 74%.

Dalam penelitian ini digunakan istilah kepadatan tanah *model test* karena saat percobaan dalam model box sangat sulit didapatkan kepadatan maksimum seperti pada percobaan di laboratorium. Oleh karena itu digunakan *sand cone* untuk menentukan berat isi kering (γ_{lap}) yang kemudian dibandingkan dengan γ_{lab} untuk memperoleh kepadatan relatif (Dr).

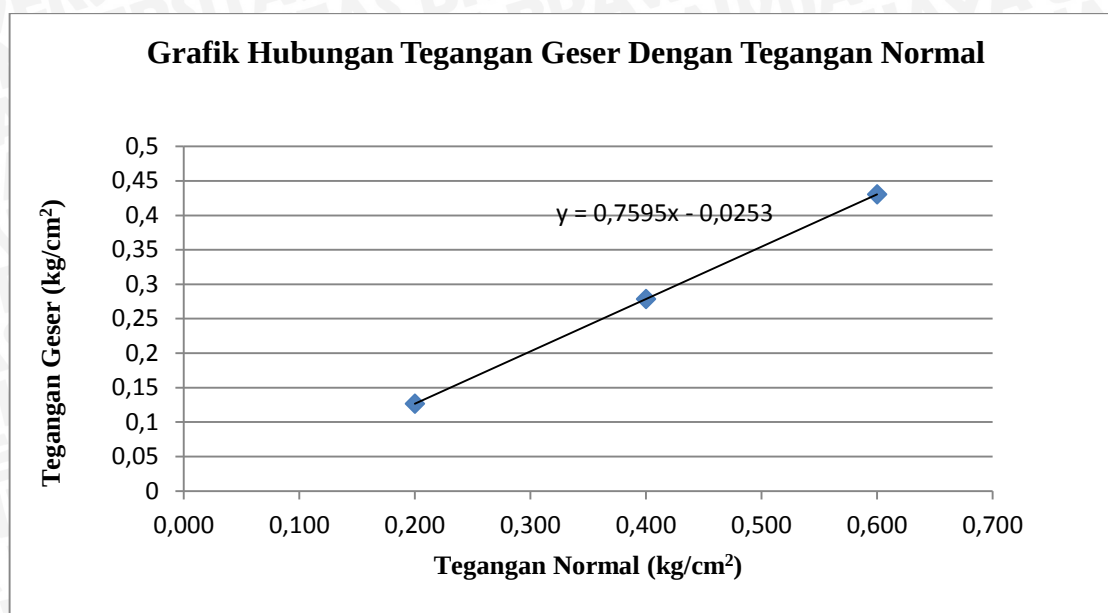
4.1.4 Analisis Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*)

Tujuan dari analisis pengujian geser langsung (*Direct Shear*) yaitu untuk menentukan nilai kohesi tanah (c) dan nilai sudut geser dalam (ϕ). Adapun nilai kohesi dan sudut geser didapatkan melalui grafik hubungan antara tegangan geser maksimum (τ) dengan tegangan normal (σ). Titik-titik yang diperoleh dihubungkan agar 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 $\tau = \sigma \tan \phi$.

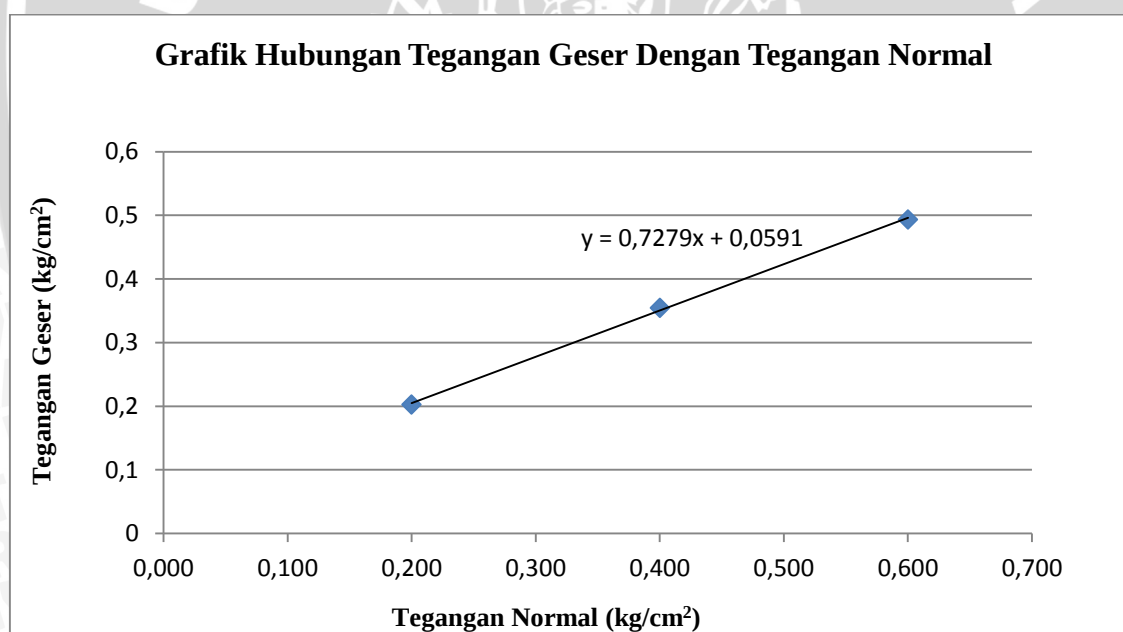
Untuk setiap lapisan yang berbeda (lapisan 3, 5, dan 7) diambil tiga sampel tanah lalu kemudian sampel tersebut di uji. Pada Gambar 4.3, Gambar 4.4, dan Gambar 4.5, disajikan contoh hasil pengujian *Direct Shear* pada tanah $Dr = 74\%$.



Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Tegangan Geser dengan Tegangan Normal pada Lapisan 3



Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Tegangan Geser dengan Tegangan Normal pada Lapisan 5



Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Tegangan Geser dengan Tegangan Normal pada Lapisan 7

Untuk hasil selengkapnya dari percobaan *direct shear* dapat dilihat pada **Lampiran 4**. Adapun nilai-nilai sudut geser dalam yang diperoleh dari pengujian disajikan pada tabel 4.2 berikut ini.

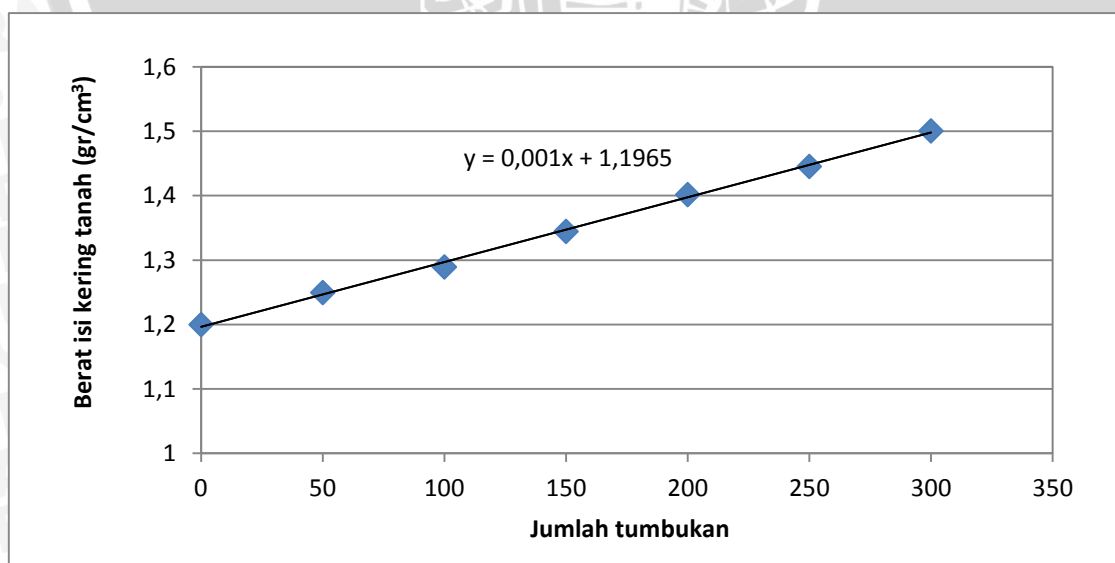
Tabel 4. 2 Nilai-Nilai Sudut Geser Dalam

Kepadatan Relatif (Dr)	Lapisan	Sudut Geser Dalam (ϕ)	ϕ Rata-Rata
74%	3	29,94°	34,40°
	5	37,21°	
	7	36,05°	

Sumber: Hasil Analisis, 2011

4.2 Pengujian Model Test

Dalam penelitian ini dibuat pemodelan lereng pasir dalam boks berukuran 100 cm x 100 cm x 70 cm. Metode yang digunakan yaitu dengan membagi lereng menjadi tujuh lapisan. Tinggi model lereng adalah 70 cm, sehingga tinggi per lapisan yaitu 10 cm. Pada setiap lapisan pasir dilakukan pemadatan. Untuk mendapatkan nilai kepadatan yang diinginkan, dalam penelitian digunakan metode dengan menggunakan proktor standar. Adapun untuk mengetahui jumlah tumbukan per lapisan yang sesuai agar memperoleh kepadatan yang diinginkan, maka dilakukan *trial error* pada model test sebelum melaksanakan pengujian. Hasil *trial error* ini dapat dilihat pada **Gambar 4.8** dan hasil selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 5**.



Gambar 4. 6 Grafik Hubungan Antara Berat Isi Kering dengan Jumlah Tumbukan

Berdasarkan grafik tersebut, untuk DR 74% didapatkan jumlah tumbukan per lapisan yaitu sebanyak 180 kali tumbukan. Untuk kontrol kepadatan dan mengetahui kadar air, setiap kali selesai melakukan pemadatan pada setiap lapisan diambil sampel tanah dengan *density ring*. Prosen ini terus dilakukan hingga pasir mencapai tujuh lapisan. Setelah selesai sampai lapisan ketujuh, terlebih dahulu model pasir didiamkan selama ± 30 menit untuk memberi kesempatan jika masih ada perpindahan partikel yang terjadi, setelah itu baru dibentuk lereng dengan sudut kemiringan 48° untuk selanjutnya dilakukan pengujian.

Pengujian model dalam penelitian ini difokuskan pada seberapa besar daya dukung pondasi pada setiap kondisi yang dibuat berbeda. Hal ini disebabkan model lereng yang digunakan dalam penelitian merupakan lereng yang mantap, sehingga daya dukung sangat berpengaruh. Selain itu, pada saat penelitian terlihat bahwa keruntuhan yang terjadi tidak pada bidang longsor yang diperkirakan melainkan pada bidang miring lereng, sehingga hal ini membuktikan bahwa dalam kasus ini daya dukunglah yang berpengaruh.



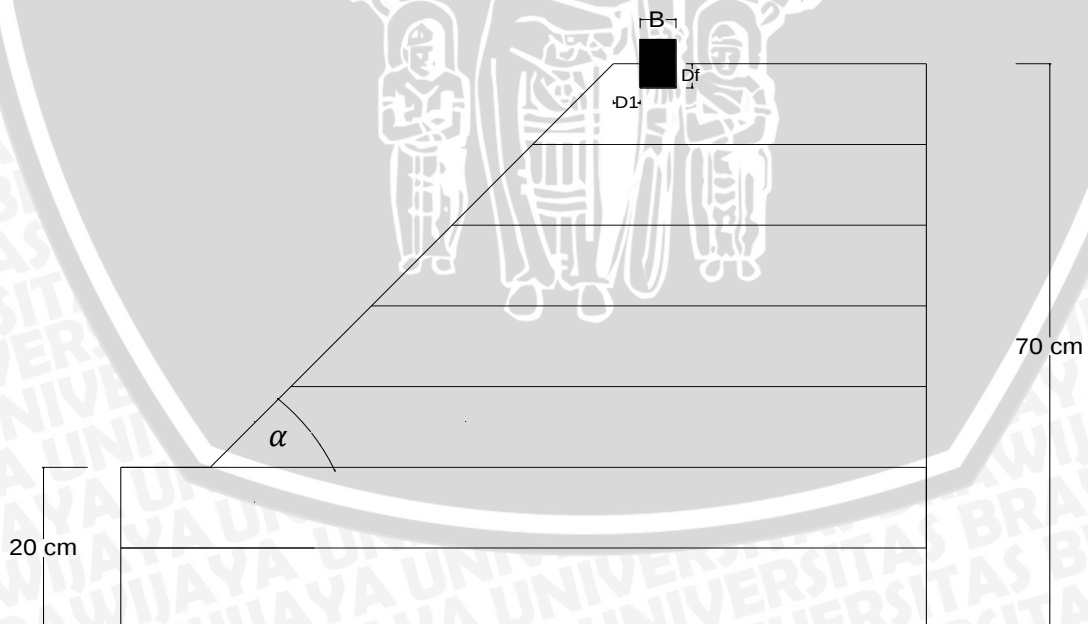
Gambar 4. 7 Perkiraan keruntuhan lereng jika tidak diberi beban



Gambar 4. 8 Keruntuhan yang terjadi saat percobaan

Penambahan beban dilakukan dengan interval 20 kg. Pengujian dianggap selesai jika model lereng sudah tidak mampu lagi menahan beban yang ditambahkan, ini ditandai dengan pembebanan yang sudah tidak bisa ditambah lagi yang terlihat pada *load cell*.

Dalam penelitian ini juga ditetapkan simbol-simbol yang digunakan untuk pengidentifikasian variabel. Lebar pondasi diberi simbol B , sudut kemiringan lereng diberi simbol α , jarak pondasi dari tepi lereng diberi simbol $D1$, dan kedalaman pondasi diberi simbol Df . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Penetapan Simbol

4.3 Daya Dukung Pondasi Pada Tanah Datar

Untuk memudahkan dalam penyebutan, maka digunakan perbandingan rasio $D1/B$ dan Df/B dimana $D1$ adalah jarak pondasi ke tepi lereng, Df adalah kedalaman pondasi, dan B adalah lebar pondasi. Besarnya rasio untuk masing-masing variabel dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Rasio Jarak Pondasi Ke Tepi Lereng terhadap Lebar Pondasi

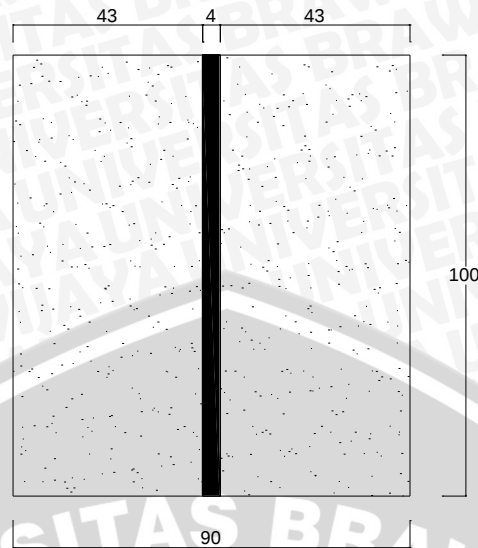
Jarak Pondasi	D1	B	D1/B
0	0	4	0
3	3	4	0.75
6	6	4	1.5
9	9	4	2.25

Tabel 4. 4 Rasio Kedalaman Pondasi terhadap Lebar Pondasi

Kedalaman Pondasi	Df	B	Df/B
0	0	4	0.000
3	3	4	0.750
6	6	4	1.500
9	9	4	2.250

4.3.1 Pengujian Daya Dukung Pondasi Pada Tanah Datar

Pada penelitian ini, selain melakukan percobaan pada pemodelan lereng pasir tanpa perkuatan yang diberi variasi kedalaman dan jarak pondasi ke tepi lereng, juga dilakukan percobaan pada tanah datar. Hasil dari percobaan pada tanah dasar ini dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari percobaan pada pemodelan lereng, sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui besar daya dukung relatif yang ada pada lereng. Berikut disajikan gambar kondisi perletakan pondasi untuk pengujian pondasi di tanah datar pada **Gambar 4.10** dan **Gambar 4.11**.



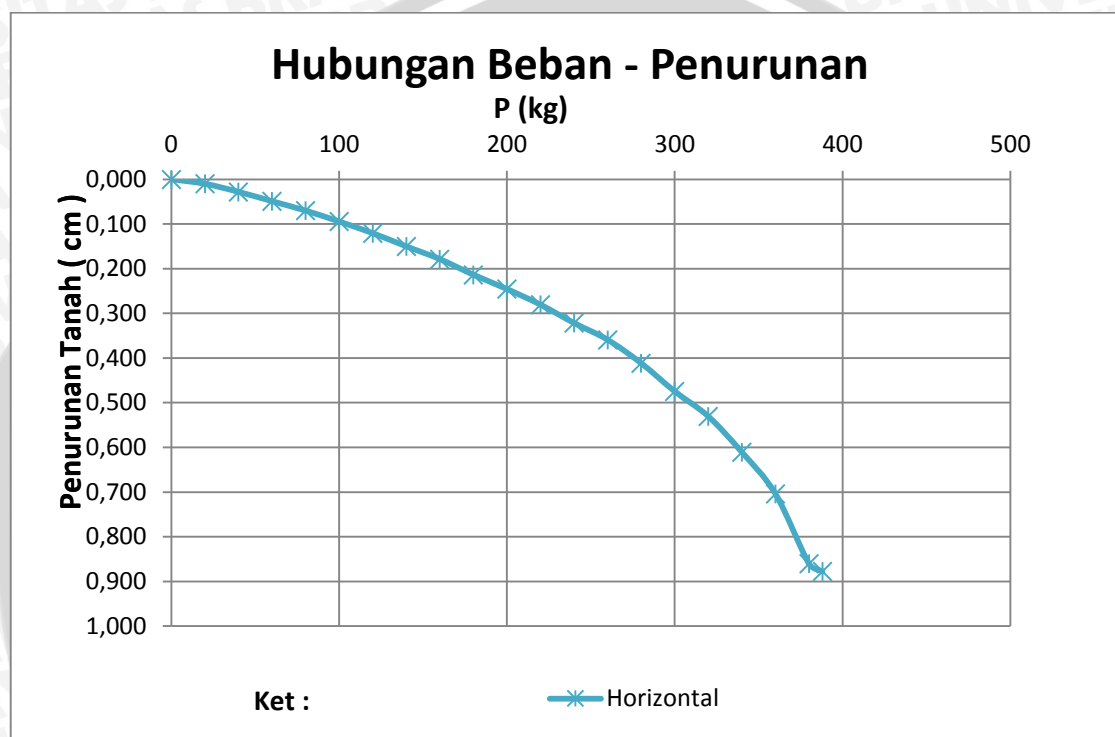
Gambar 4. 10 kondisi perletakan pondasi untuk pengujian pondasi di tanah datar



Gambar 4. 11 kondisi perletakan pondasi untuk pengujian pondasi di tanah datar pada saat percobaan

Pada uji pembebanan yang telah dilakukan pada model, didapatkan besarnya beban maksimum (Q_u) yang mampu ditahan oleh pondasi pada permukaan tanah datar adalah sebesar $98,98 \text{ KN/m}^2$. untuk mendapatkan beban maksimum yang mampu ditahan oleh pondasi, maka dilakukan prosedur pembebanan seperti pada Gambar 4.11. Pemberian beban dilakukan dengan memompa pompa *hidraulic*. Diantara pondasi dan pompa *hidraulic*, diletakkan balok kayu untuk transfer beban serta *load cell* yang berfungsi untuk membaca seberapa besar beban yang diberikan pada tengah pondasi. Pemberian beban dilakukan secara bertahap dengan interval 20 kg agar sampai beban

maksimum dan beban sudah tidak bisa lagi ditambahkan. Adapun untuk membaca penurunan yang terjadi untuk setiap penambahan beban, digunakan *dial gauge* dengan ketelitian 0.01 mm yang diletakkan pada kiri dan kanan pondasi. Grafik hubungan antara beban dengan penurunan pada tanah dengan permukaan datar dapat dilihat pada Gambar 4.12.

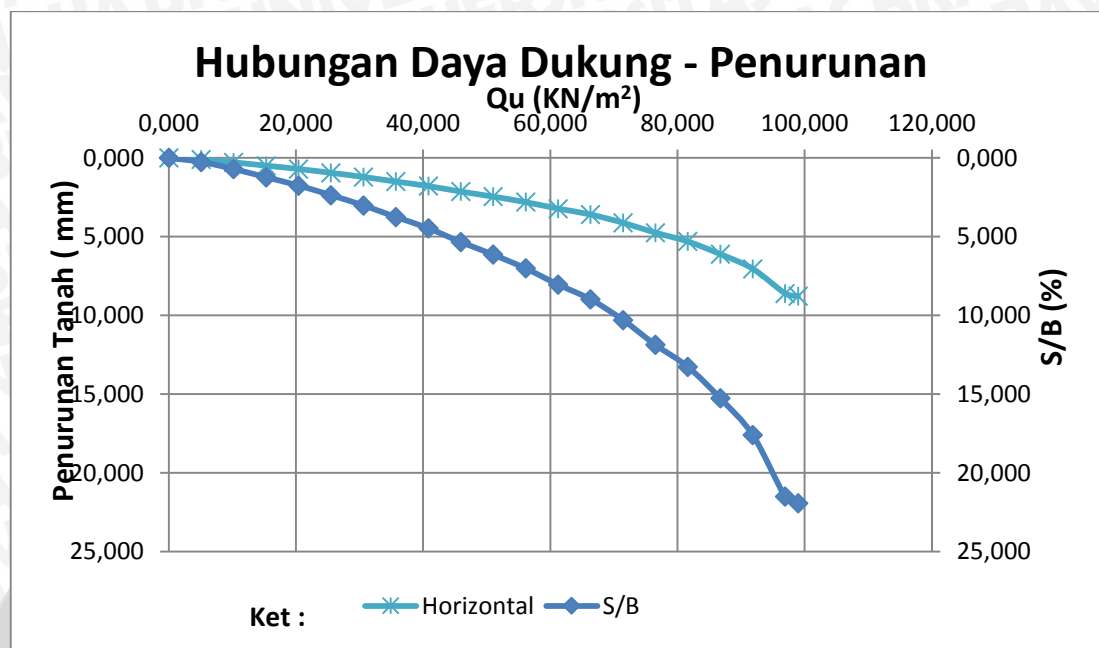


Gambar 4. 12 Grafik hubungan antara beban dengan penurunan pada tanah dengan permukaan datar

4.3.2 Analisis Daya Dukung Pondasi Tanah Datar

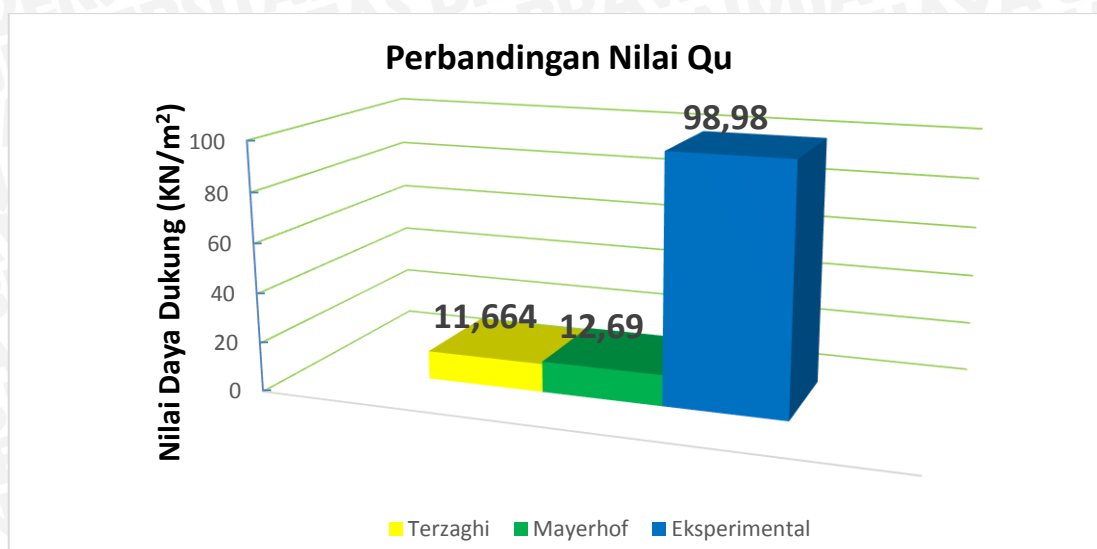
Analisis daya dukung yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan dengan metode analitik dan eksperimental. Pada metode analitik digunakan dua persamaan daya dukung, yaitu persamaan daya dukung Mayerhof dan persamaan daya dukung Terzaghi, sedangkan untuk eksperimental mengacu pada analisis besarnya daya dukung yang dicoba pada model di laboratorium. Metode analitik dan eksperimental tentunya mempunyai perbedaan. Dari yang telah diamati, hasil daya dukung maksimum (Q_u maks) yang dicoba pada laboratorium jauh lebih besar dari daya dukung maksimum (Q_u

maks) yang dihitung dengan metode analitik. Berikut ini disajikan grafik hubungan antara daya dukung dan penurunan yang terjadi pada percobaan pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 13 Grafik hubungan daya dukung dan penurunan

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar daya dukung, maka semakin besar pula penurunan dan persentase rasio perbandingan penurunan dan lebar pondasi (S/B). dari grafik diatas juga dapat diketahui bahwa daya dukung maksimum (Qu maks) yang dapat ditahan oleh pondasi adalah sebesar 98,98 KN/m². Adapun perbandingan antara daya dukung pondasi yang didapat dari metode analitik dan eksperimental dapat dilihat pada Gambar 4.14.



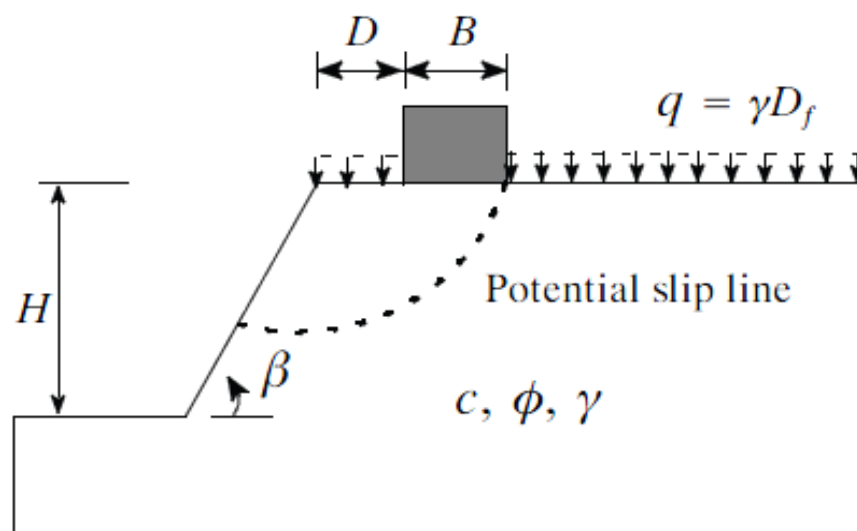
Gambar 4. 14 Grafik perbandingan nilai daya dukung antara eksperimental dan analitik

4.4 Analisis Daya Dukung Pondasi Pada Lereng

Seperti halnya pada analisis daya dukung pondasi untuk tanah datar, untuk analisis daya dukung pondasi pada lereng juga digunakan dua metode sebagai perbandingan, yaitu metode analitik dan eksperimental.

4.4.1 Analitik

Pada perhitungan daya dukung pondasi dengan menggunakan metode analitik, digunakan metode Hansen (1970). Penggunaan metode ini dikarenakan rumus daya dukung pada metode Hansen dapat menghasilkan nilai daya dukung yang lebih rasional untuk kasus daya dukung pondasi pada lereng akibat pengaruh penempatan pondasi jika dibandingkan dengan metode lainnya seperti metode Terzaghi maupun Mayerhof. Hal ini disebabkan karena metode yang lain tersebut memiliki cakupan yang cukup luas dan tidak ada pengkoreksian faktor-faktor yang mempengaruhi daya dukung secara detail seperti yang dilakukan Hansen.



Gambar 4. 15 Faktor-faktor yang pengaruh daya dukung menurut Hansen

Sumber : Arnold, 2008

Dalam tulisannya, Arnold (2008) mengatakan bahwa kasus daya dukung pada lereng telah lama di teliti, dan banyak juga ditemukan perbandingan-perbandingan yang didapatkan, dari sekian banyak hasil yang ditemukan, hasil yang mendekati rasional adalah yang dirumus kan oleh Hansen. Oleh karena itu, metode Hansen dinilai paling relevan untuk penelitian ini.

Hasil perhitungan daya dukung pondasi dengan metode analitik pada variasi jarak dan kedalaman pondasi disajikan pada Tabel 4.5, dan untuk lebih lengkap terdapat pada Lampiran 8.

Tabel 4. 5 Daya Dukung Pondasi (Q_u) Dengan Cara Analitik Menggunakan Metode Hansen (1970)

D1/B	Qu (kN/m ²)			
	Df = 0 cm	Df = 3 cm	Df = 6 cm	Df = 9 cm
0	0,1421	0,3567	0,5712	0,7857
0,75	1,648	4,1352	6,6225	9,1097
1,5	3,1538	7,9138	12,6737	17,4337
2,25	4,6596	11,6923	18,725	25,7577

Sumber : Analisis 2013

4.4.2 Eksperimen

Pada pengujian di laboratorium, didapatkan data beban maksimum yang dapat ditahan oleh tanah serta besarnya penurunan yang terjadi saat pembebanan. Beban maksimum yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung besarnya daya dukung tanah. Ketika beban maksimum dicapai, maka penurunannya pun dapat dilihat pada *dial gauge* yang terpasang di kedua sisi pondasi sehingga dapat diketahui besar penurunan yang terjadi.

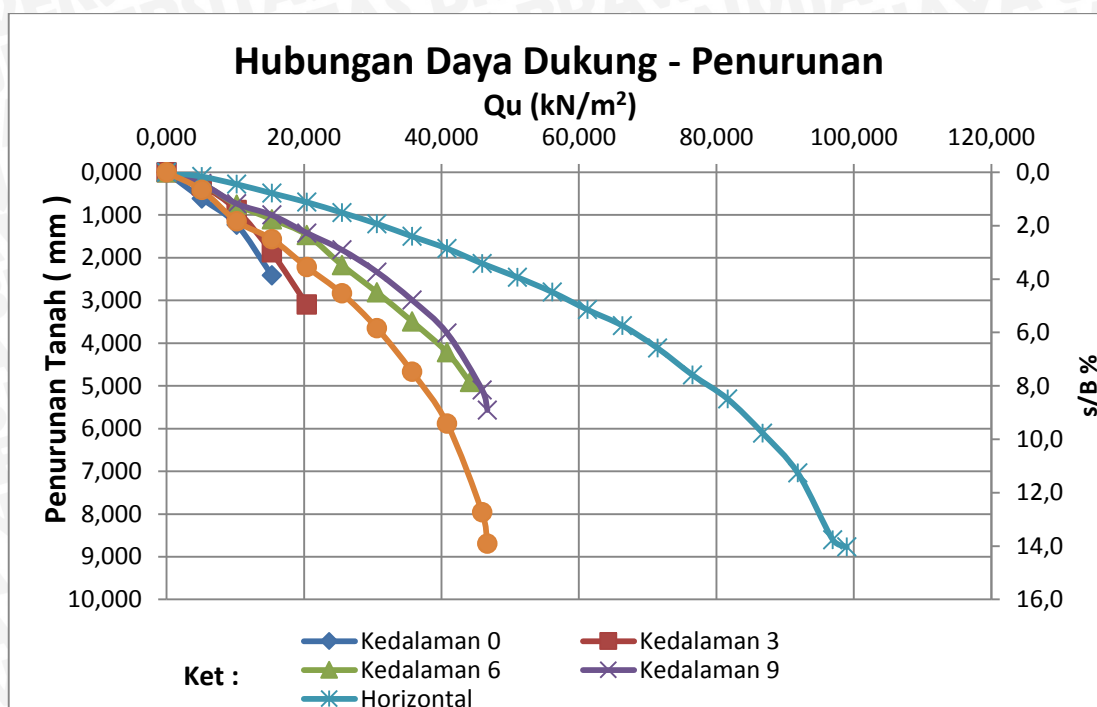
4.4.2.1 Variasi Kedalaman Pondasi Dengan Jarak Pondasi 0 cm Dari Tepi Lereng

Berdasarkan pengujian pembebanan pada model di laboratorium, maka didapatkan nilai daya dukung maksimum serta penurunan yang terjadi pada saat beban maksimum pada kondisi pondasi berjarak 0 cm dari tepi lereng dengan kedalaman 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 6 Daya dukung dan penurunan pondasi berdasarkan eksperimen pada jarak 0 cm dari tepi lereng

Df/B	Beban P (kg)	qu (kN/m ²)	Penurunan (mm)
0	60	15,306	2,410
0,75	80	20,408	3,095
1,5	173	44,133	4,910
2,25	183	46,684	5,565

Dari hasil pembacaan pada saat percobaan di laboratorium, diketahui besarnya penurunan yang terjadi pada setiap interval pembebanan yang dilakukan. Oleh karena itu dapat diamati hubungan antara daya dukung dan penurunan yang terjadi pada saat pondasi diberikan pembebanan ketika berada pada jarak 0 cm dari tepi lereng untuk kedalaman 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm hingga lereng mengalami keruntuhan pada saat daya dukung maksimum tercapai. Berikut disajikan grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada lereng berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan.



Gambar 4. 16 grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan pondasi 0 cm dari tepi lereng

4.4.2.2 Variasi Kedalaman Pondasi Dengan Jarak Pondasi 3 cm Dari Tepi Lereng

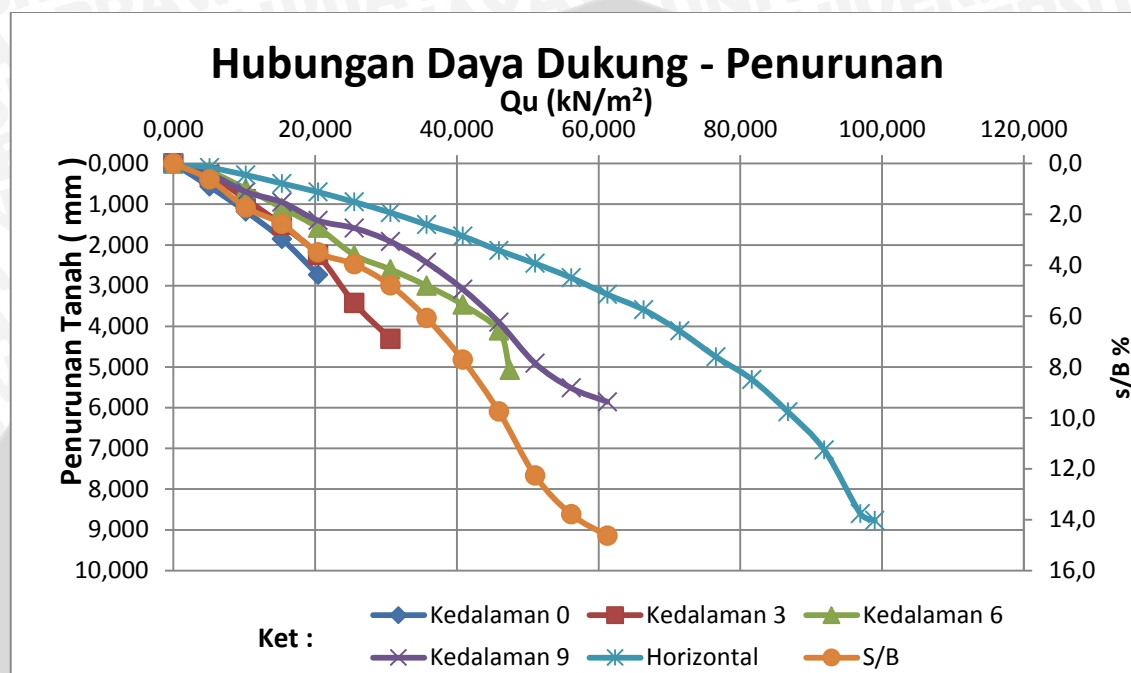
Berdasarkan pengujian pembebanan pada model di laboratorium, maka didapatkan nilai daya dukung maksimum serta penurunan yang terjadi pada saat beban maksimum pada kondisi pondasi berjarak 3 cm dari tepi lereng dengan kedalaman 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 7 Daya dukung pondasi dan penurunan berdasarkan eksperimen pada jarak 3 cm dari tepi lereng

Df/B	Beban P (kg)	qu (kN/m ²)	Penurunan (mm)
0	80	20,408	2,735
0,75	120	30,612	4,305
1,5	186	47,449	5,070
2,25	240	61,224	5,855

Dari hasil pembacaan pada saat percobaan di laboratorium, diketahui besarnya penurunan yang terjadi pada setiap interval pembebanan yang dilakukan. Oleh karena itu dapat diamati hubungan antara daya dukung dan penurunan yang terjadi pada saat pondasi

diberikan pembebanan ketika berada pada jarak 3 cm dari tepi lereng untuk kedalaman 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm hingga lereng mengalami keruntuhan pada saat daya dukung maksimum tercapai. Berikut disajikan grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada lereng berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan.



Gambar 4. 17 Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan pondasi 3 cm dari tepi lereng

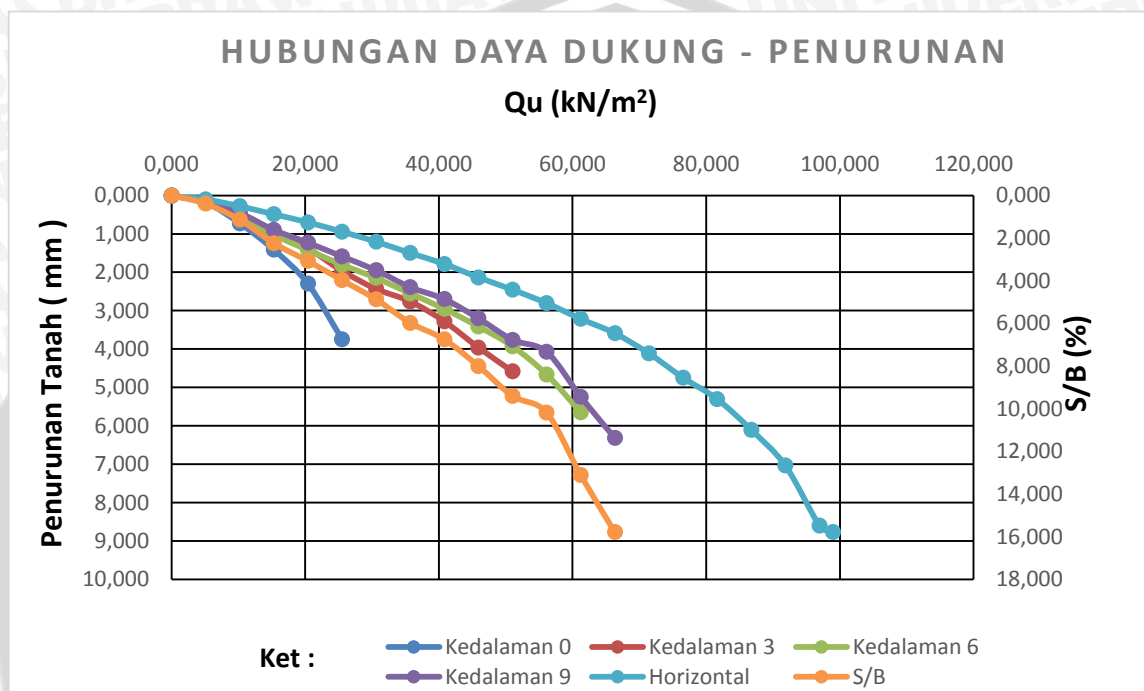
4.4.2.3 Variasi Kedalaman Pondasi Dengan Jarak Pondasi 6 cm Dari Tepi Lereng

Berdasarkan pengujian pembebanan pada model di laboratorium, maka didapatkan nilai daya dukung maksimum serta penurunan yang terjadi pada saat beban maksimum pada kondisi pondasi berjarak 6 cm dari tepi lereng dengan kedalaman 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 8 Daya dukung pondasi dan penurunan berdasarkan eksperimen pada jarak 3 cm dari tepi lereng

Df/B	Beban P (kg)	qu (kN/m ²)	Penurunan (mm)
0	100	25,510	3,745
0,75	200	51,020	4,585
1,5	240	61,224	5,645
2,25	260	66,327	6,315

Dari hasil pembacaan pada saat percobaan di laboratorium, dapat pula diamati hubungan antara daya dukung dan penurunan yang terjadi pada saat pondasi diberikan pembebanan ketika berada pada jarak 6 cm dari tepi lereng untuk kedalaman 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm hingga lereng mengalami keruntuhan pada saat daya dukung maksimum tercapai. Berikut disajikan grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada lereng berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan.



Gambar 4. 18 Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan pondasi 6 cm dari tepi lereng

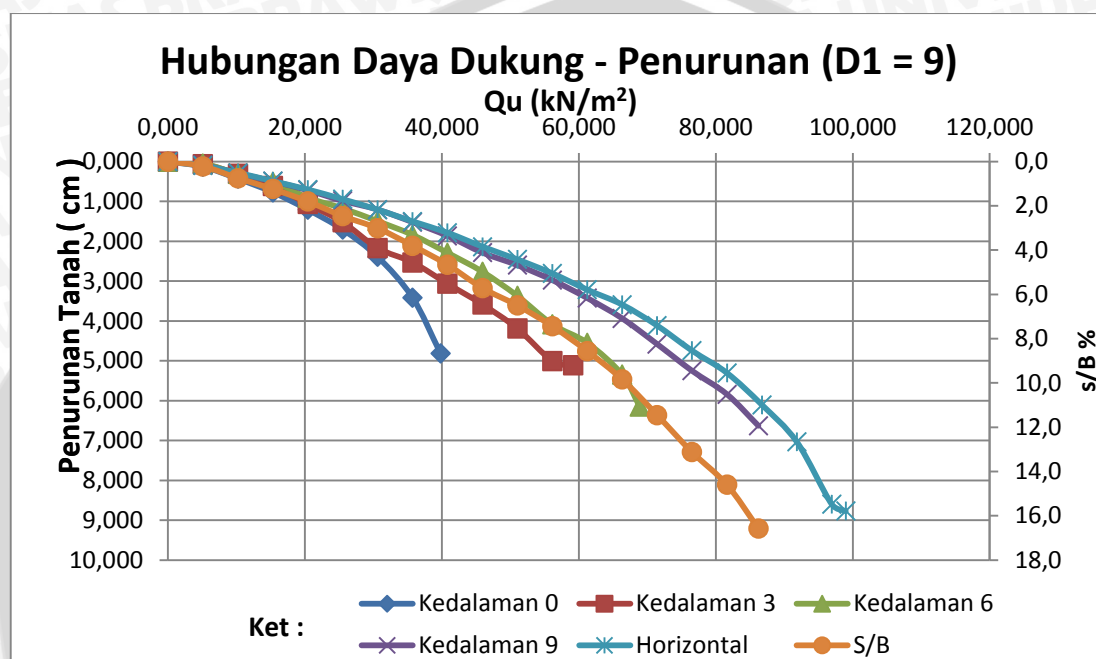
4.4.2.4 Variasi Kedalaman Pondasi Dengan Jarak Pondasi 9 cm Dari Tepi Lereng

Berdasarkan pengujian pembebanan pada model di laboratorium, maka didapatkan nilai daya dukung maksimum serta penurunan yang terjadi pada saat beban maksimum pada kondisi pondasi berjarak 6 cm dari tepi lereng dengan kedalaman 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 9 Daya dukung pondasi dan penurunan berdasarkan eksperimen pada jarak 3 cm dari tepi lereng

Df/B	Beban P (kg)	qu (kN/m ²)	Penurunan (mm)
0	156	39,796	4,810
0,75	232	59,184	5,115
1,5	270	68,878	6,145
2,25	338	86,224	6,630

Dari hasil pembacaan pada saat percobaan di laboratorium, dapat diamati hubungan antara daya dukung dan penurunan yang terjadi pada saat pondasi diberikan pembebanan ketika berada pada jarak 6 cm dari tepi lereng untuk kedalaman 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm hingga lereng mengalami keruntuhan pada saat daya dukung maksimum tercapai. Berikut disajikan grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada lereng berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan.



Gambar 4. 19 Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan pondasi 6 cm dari tepi lereng

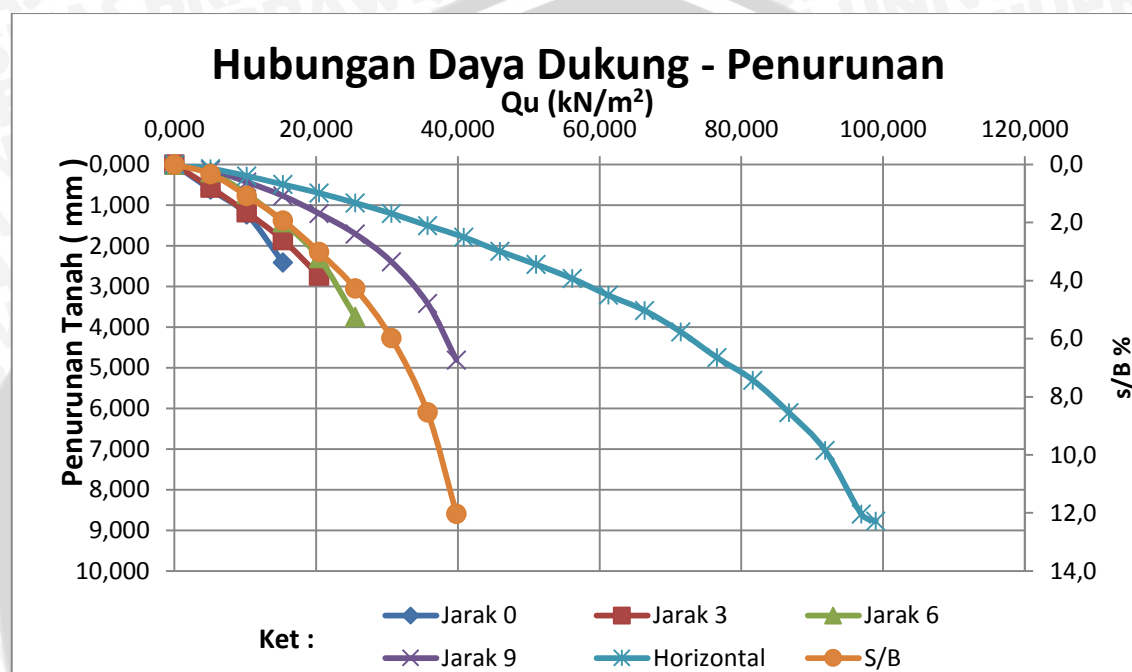
4.4.2.5 Variasi Jarak Pondasi Dari Tepi Lereng Dengan Kedalaman Pondasi 0 cm

Berdasarkan pengujian pembebanan pada model di laboratorium pula didapatkan nilai daya dukung maksimum serta penurunan yang terjadi pada saat beban maksimum pada kondisi Kedalaman pondasi 0 cm dan jarak pondasi tepi lereng 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 10 Daya dukung pondasi dan penurunan berdasarkan eksperimen pada Kedalaman 0 cm

D1/B	Beban P (kg)	qu (kN/m ²)	Penurunan (mm)
0	60	15,306	2,410
0,75	80	20,408	2,735
1,5	100	25,510	3,745
2,25	156	39,796	4,810

Dari hasil pembacaan pada saat percobaan di laboratorium, diketahui besarnya penurunan yang terjadi pada setiap interval pembebanan yang dilakukan. Hanya saja berbeda dengan sebelumnya, disini dibandingkan antara penurunan yang terjadi pada jarak 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm dengan meninjau kedalaman yang sama, yaitu 0 cm. Berikut disajikan grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada lereng berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan.



Gambar 4. 20 Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan kedalaman pondasi 0 cm

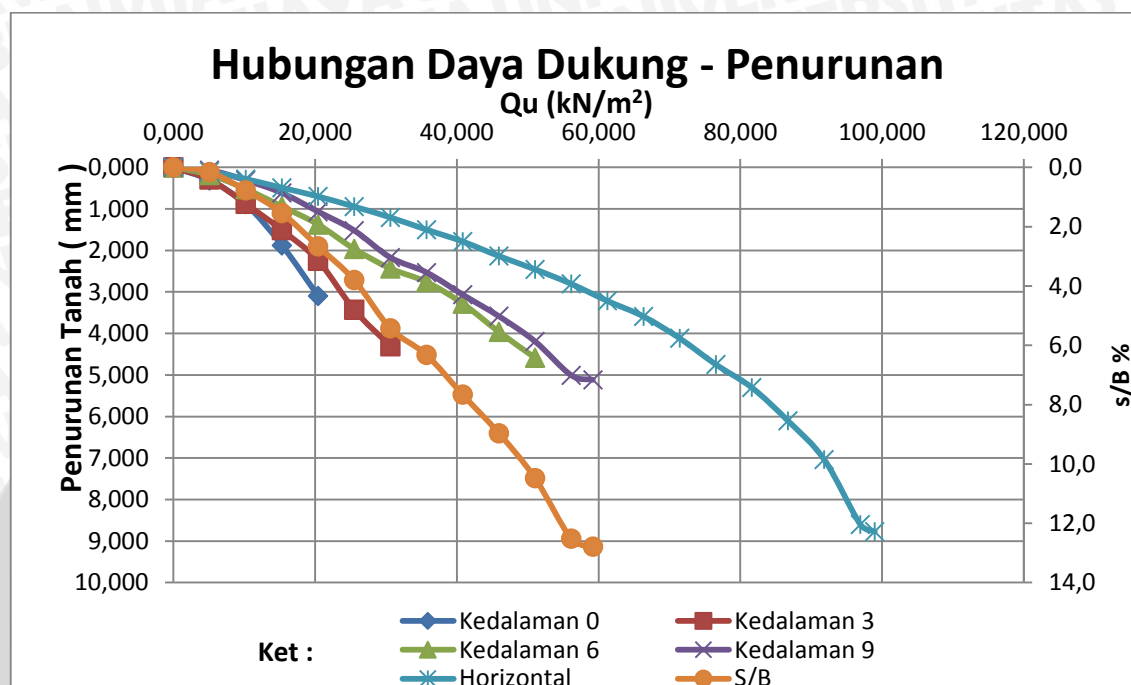
4.4.2.6 Variasi Jarak Pondasi Dari Tepi Lereng Dengan Kedalaman Pondasi 3 cm

Berdasarkan pengujian pembebanan pada model di laboratorium pula didapatkan nilai daya dukung maksimum serta penurunan yang terjadi pada saat beban maksimum pada kondisi Kedalaman pondasi 3 cm dan jarak pondasi tepi lereng 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 11 Daya dukung pondasi dan penurunan berdasarkan eksperimen pada Kedalaman 0 cm

D1/B	Beban P (kg)	qu (kN/m ²)	Penurunan (mm)
0	80	20,408	3,095
0,75	120	30,612	4,305
1,5	200	51,020	4,585
2,25	232	59,184	5,115

Dari hasil pembacaan pada saat percobaan di laboratorium, diketahui besarnya penurunan yang terjadi pada setiap interval pembebanan yang dilakukan. Berikut disajikan grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada lereng berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan.



Gambar 4. 21 Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan kedalaman pondasi 3 cm

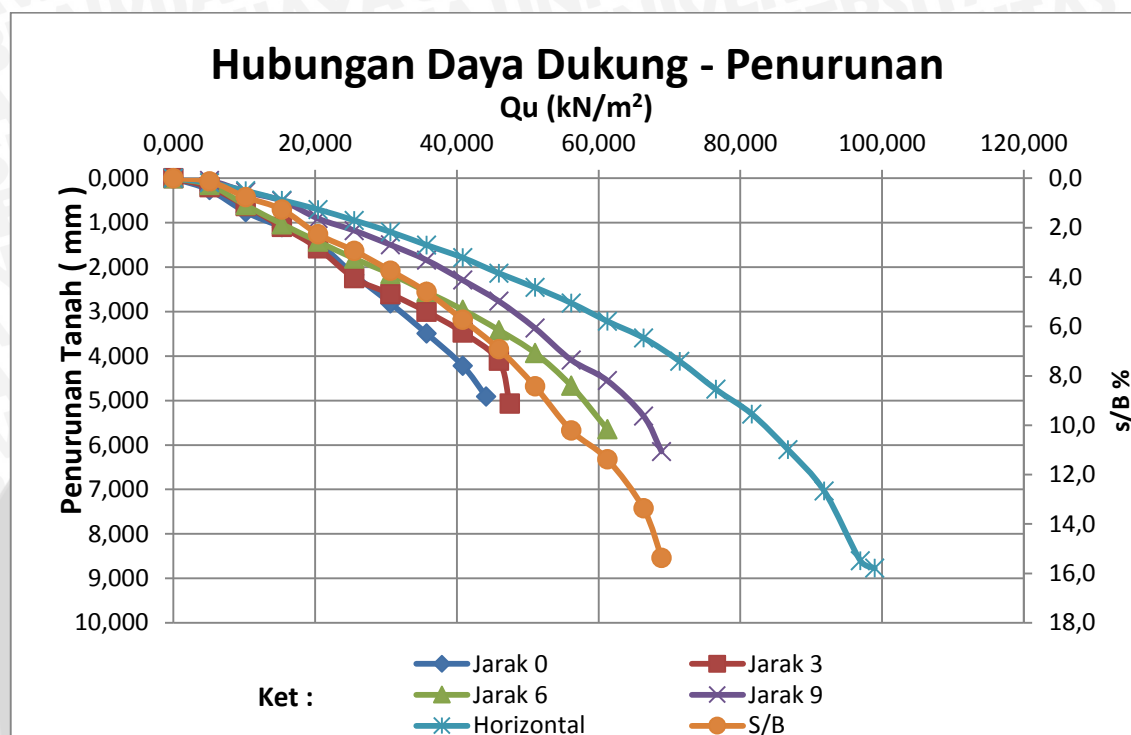
4.4.2.7 Variasi Jarak Pondasi Dari Tepi Lereng Dengan Kedalaman Pondasi 6 cm

Berdasarkan pengujian pembebanan pada model di laboratorium pula didapatkan nilai daya dukung maksimum serta penurunan yang terjadi pada saat beban maksimum pada kondisi Kedalaman pondasi 6 cm dan jarak pondasi tepi lereng 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 12 Daya dukung pondasi dan penurunan berdasarkan eksperimen pada Kedalaman 6 cm

D1/B	Beban P (kg)	qu (kN/m ²)	Penurunan (mm)
0	173	44,133	4,910
0,75	186	47,449	5,070
1,5	240	61,224	5,645
2,25	270	68,878	6,145

Dari hasil pembacaan pada saat percobaan di laboratorium, diketahui besarnya penurunan yang terjadi pada setiap interval pembebanan yang dilakukan. Berikut disajikan grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada lereng berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan.



Gambar 4. 22 Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan kedalaman pondasi 6 cm

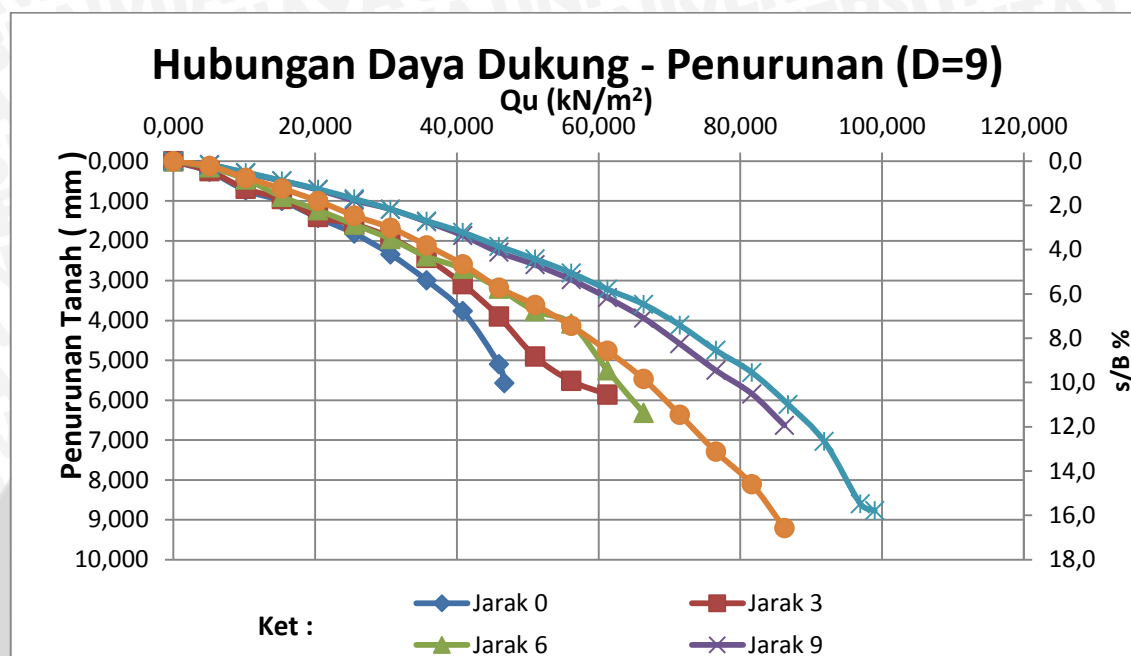
4.4.2.8 Variasi Jarak Pondasi Dari Tepi Lereng Dengan Kedalaman Pondasi 0 cm

Berdasarkan pengujian pembebanan pada model di laboratorium pula didapatkan nilai daya dukung maksimum serta penurunan yang terjadi pada saat beban maksimum pada kondisi Kedalaman pondasi 0 cm dan jarak pondasi tepi lereng 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 13 Daya dukung pondasi dan penurunan berdasarkan eksperimen pada Kedalaman 9 cm

D1/B	Beban P (kg)	qu (kN/m ²)	Penurunan (mm)
0	183	46,684	5,565
0,75	240	61,224	5,855
1,5	260	66,327	6,315
2,25	338	86,224	6,630

Dari hasil pembacaan pada saat percobaan di laboratorium, diketahui besarnya penurunan yang terjadi pada setiap interval pembebanan yang dilakukan. Berikut disajikan grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada lereng berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan.



Gambar 4. 23 Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan lereng dengan kedalaman pondasi 9 cm

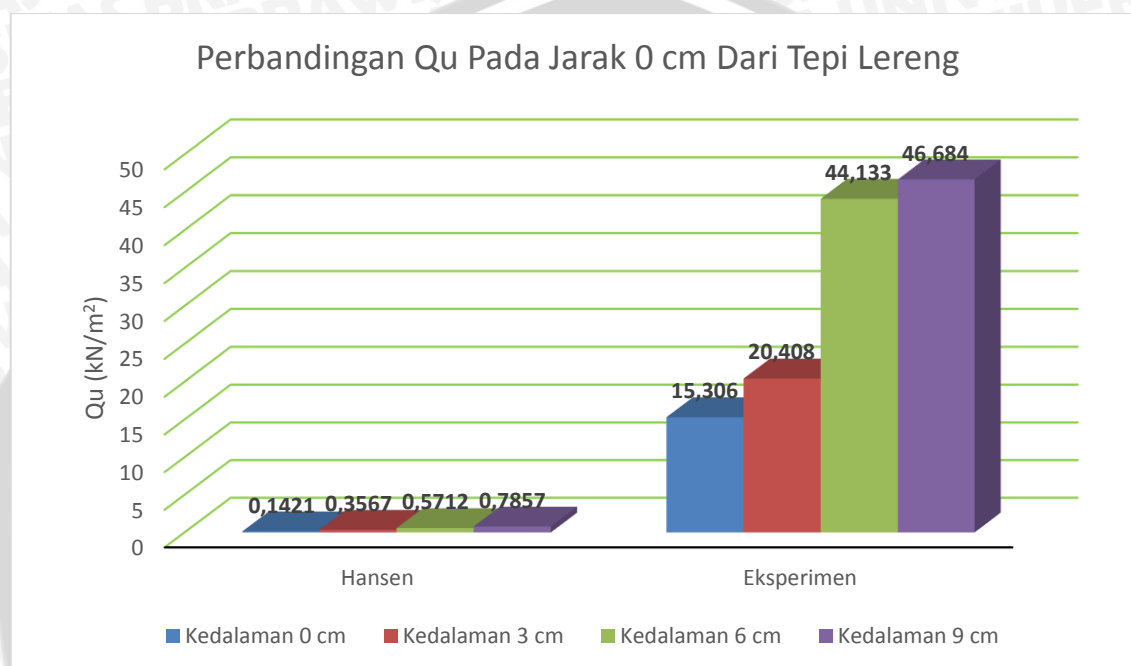
4.4.3 Perbandingan Daya Dukung Dari Metode Analitik Dan Eksperimen

Daya dukung yang dihasilkan dari perhitungan dengan metode analitik ternyata mempunyai nilai yang berbeda dengan hasil yang didapatkan pada percobaan yang telah dilakukan di laboratorium. Nilai daya dukung yang diperoleh dari percobaan di laboratorium menunjukkan angka yang jauh lebih besar daripada yang dihitung dengan metode analitik. Adapun untuk mengetahui seberapa besar perbedaan tersebut, maka dibuat grafik perbandingan antara keduanya.

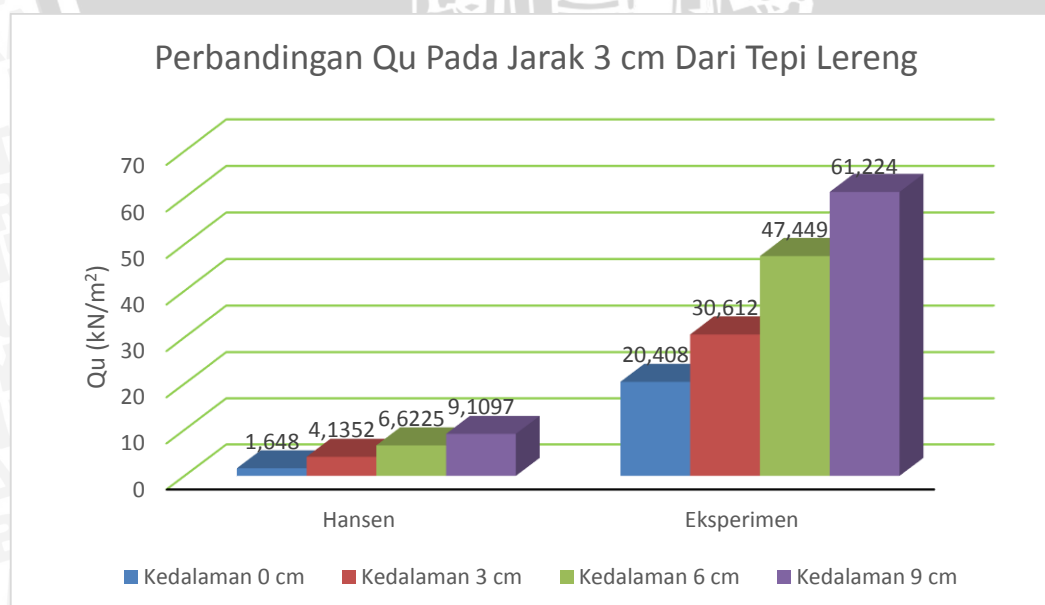
Agar lebih memudahkan dalam membandingkan antara daya dukung metode analitik dengan eksperimen yang telah dilakukan, pembahasan dibagi menjadi dua yaitu variasi kedalaman pondasi terhadap jarak dari tepi lereng, dan variasi jarak pondasi dari tepi lereng terhadap kedalaman pondasi. Sehingga dapat terlihat pengaruh kedalaman maupun jarak pondasi dari tepi lereng terhadap daya dukung tanah.

4.4.3.1 Perbandingan Variasi Kedalaman Terhadap Jarak Pondasi dari Tepi Lereng

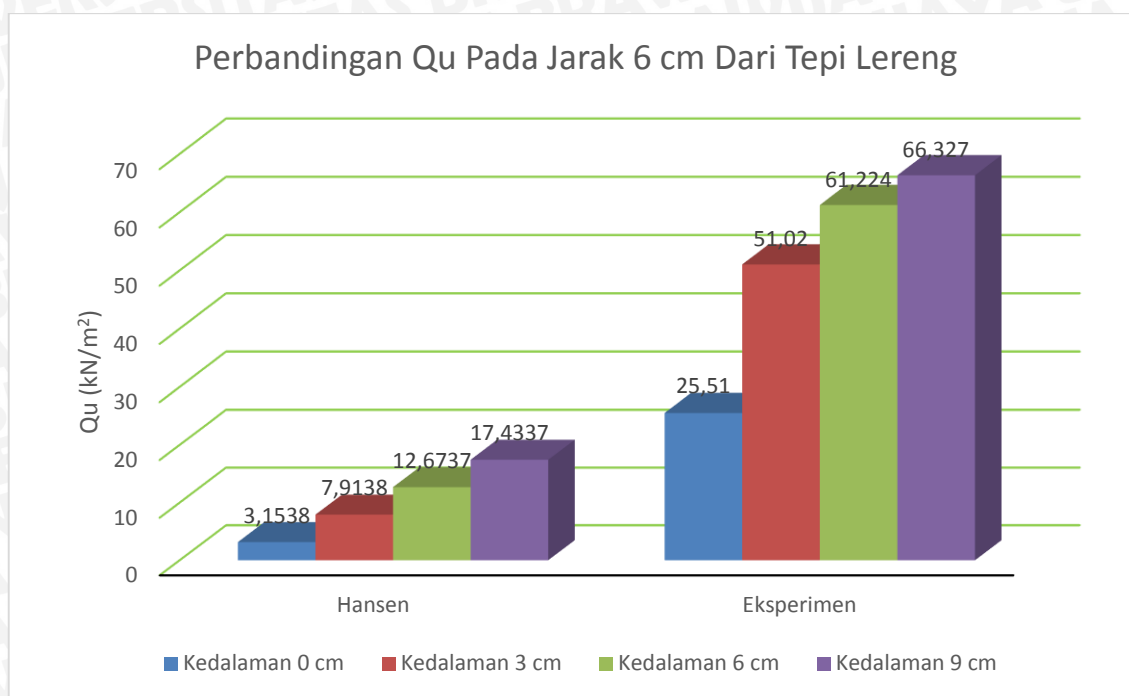
Dalam perbandingan variasi kedalaman terhadap jarak pondasi dari tepi lereng ini sama dengan yang ada pada hubungan antara Q_u dengan penurunan. Disini pada jarak yang sama dari tepi lereng, dibandingkan besar daya dukung pada kedalaman 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm antara metode analitik dan eksperimen. Perbandingan tersebut disajikan pada grafik berikut.



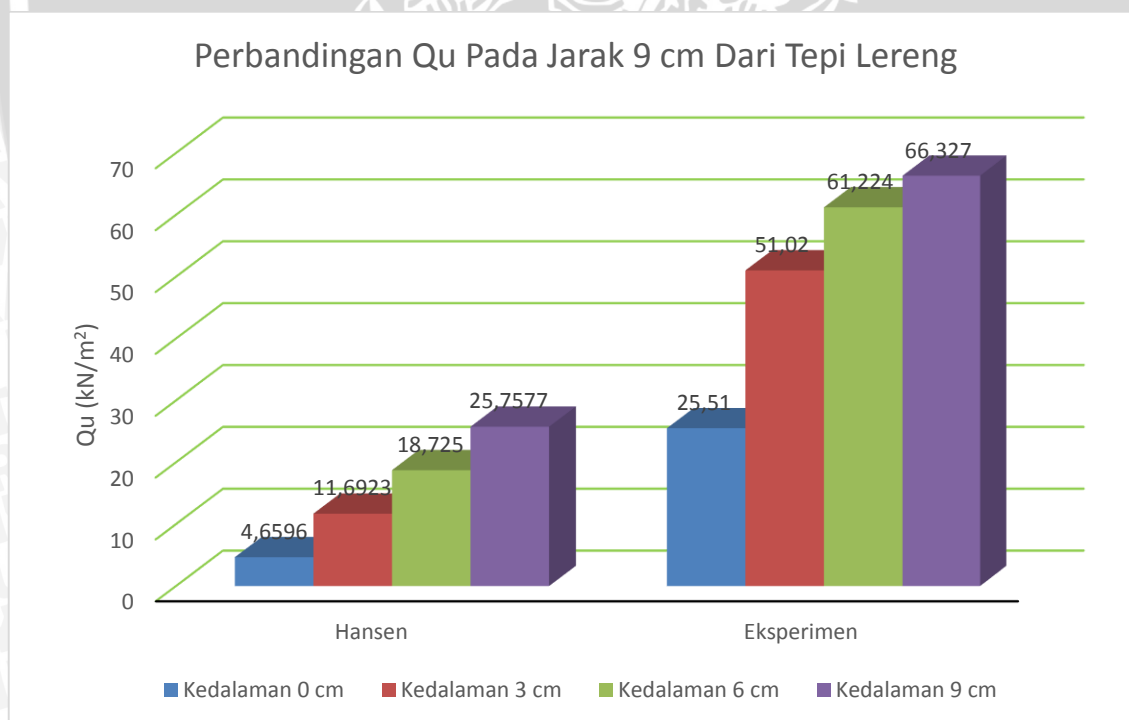
Gambar 4. 24 Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kondisi pondasi berjarak 0 cm dari tepi lereng



Gambar 4. 25 Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kondisi pondasi berjarak 3 cm dari tepi lereng



Gambar 4. 26 Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kondisi pondasi berjarak 6 cm dari tepi lereng



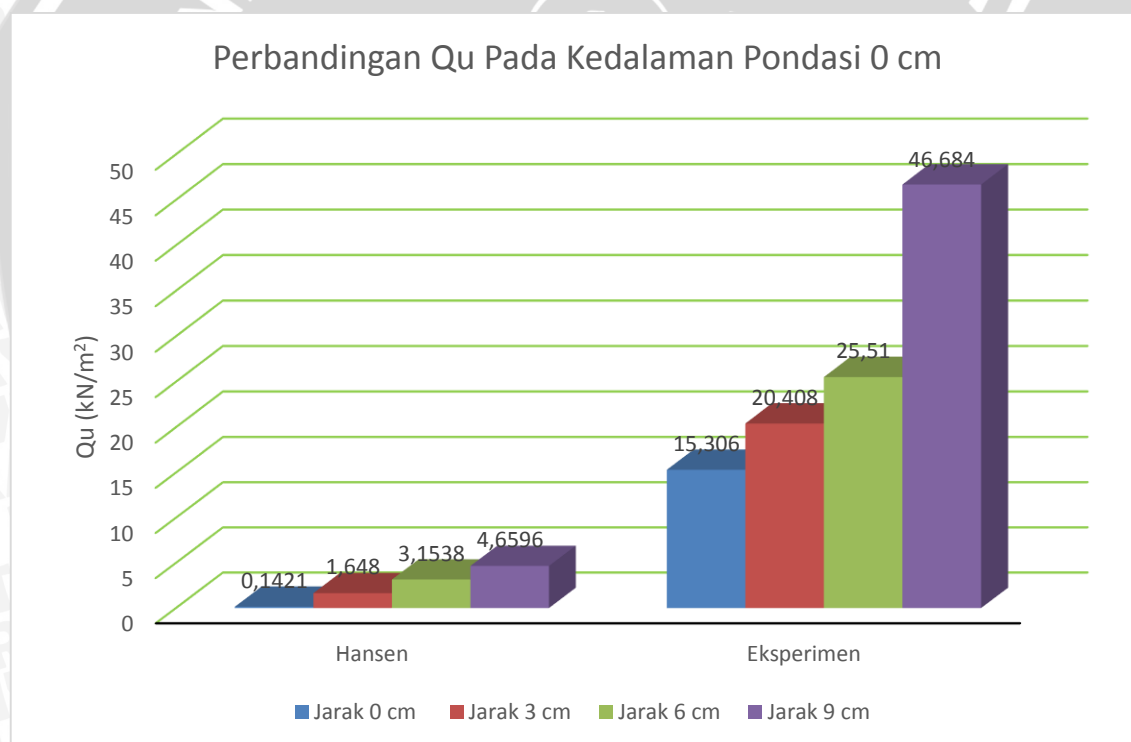
Gambar 4. 27 Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kondisi pondasi berjarak 9 cm dari tepi lereng

Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa perbedaan antara daya dukung dari metode analitik dan eksperimen cukup signifikan, namun yang ditinjau bukan seberapa besar

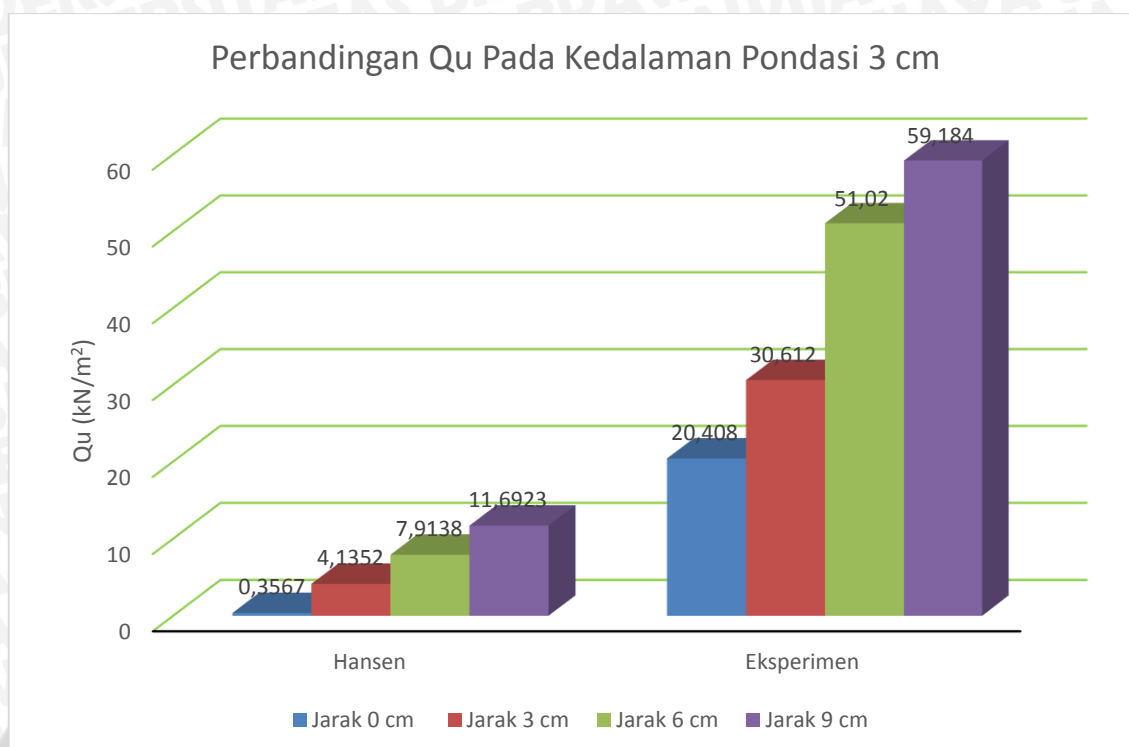
perbedaan diantara keduanya, tapi bagaimana pola perilaku daya dukung pada tiap variabel. Disini keduanya memiliki pola yang sama, yaitu semakin dalam dan besar jarak pondasi dari tepo lereng, maka daya dukung tanah akan semakin besar.

4.4.3.2 Perbandingan Variasi Jarak Pondasi dari Tepi Lereng Terhadap Kedalaman

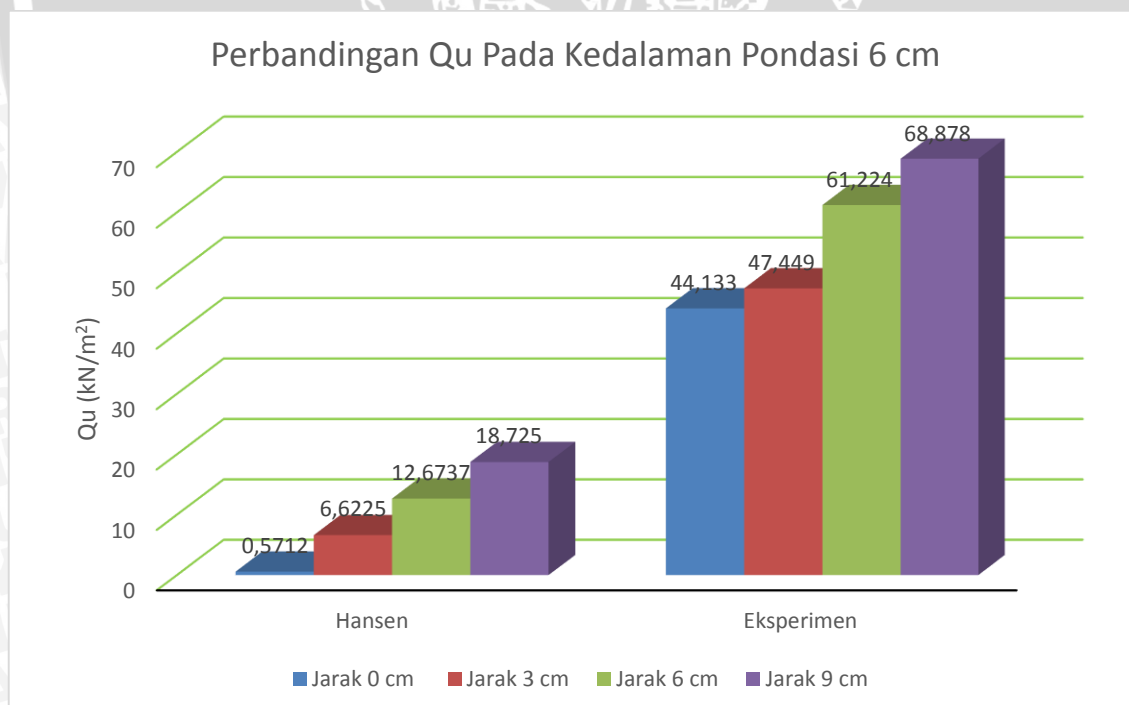
Perbandingan variasi jarak pondasi dari tepi lereng terhadap kedalaman pondasi hampir sama dengan perbandingan variasi kedalaman terhadap jarak pondasi dari tepi lereng hanya saja tinjauannya yang berbeda. Disini yang dibandingkan adalah bagaimana daya dukung maksimum (Q_u maks) pada tiap-tiap variabel yang dilakukan pada penelitian (eksperimen) dengan daya dukung maksimum (Q_u maks) yang didapat dari metode analitik ditinjau dengan kedalaman yang sama dan jarak pondasi dari tepi lereng yang berbeda beda, yaitu jarak 0 cm, 3 cm, 6 cm, dan 9 cm. sehingga dapat dilihat pengaruh dari variabel-variabel yang ada terhadap daya dukung.



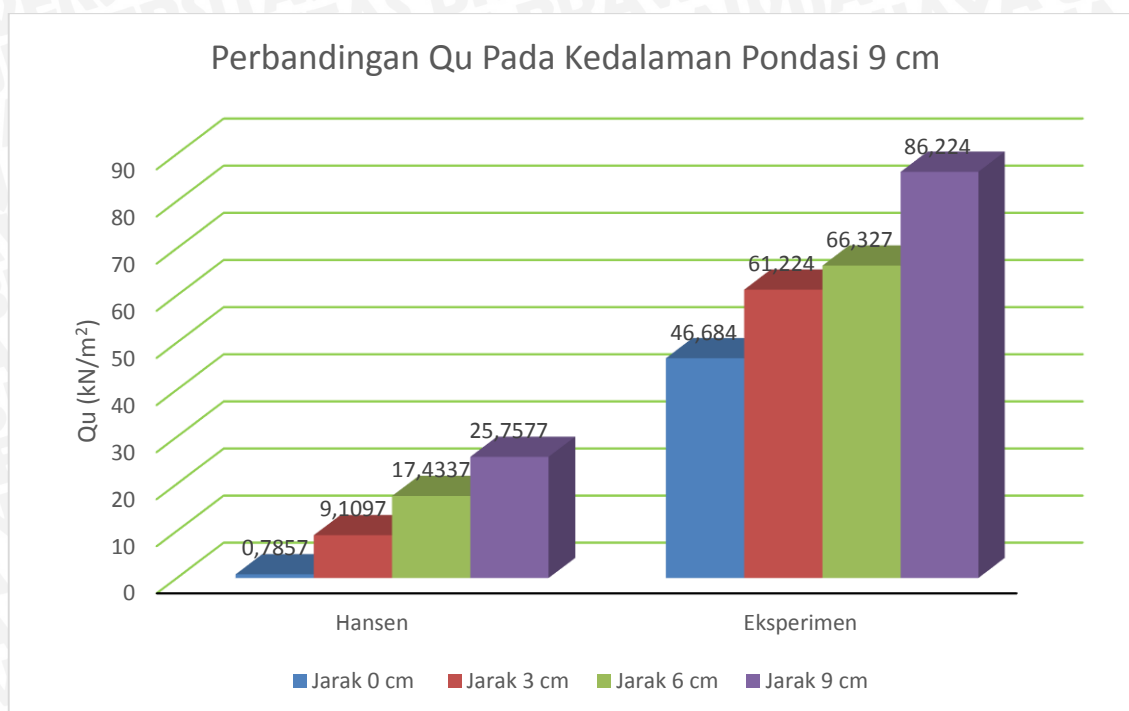
Gambar 4. 28 Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kedalaman pondasi 0 cm



Gambar 4. 29 Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kedalaman pondasi 3 cm



Gambar 4. 30 Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kedalaman pondasi 6 cm

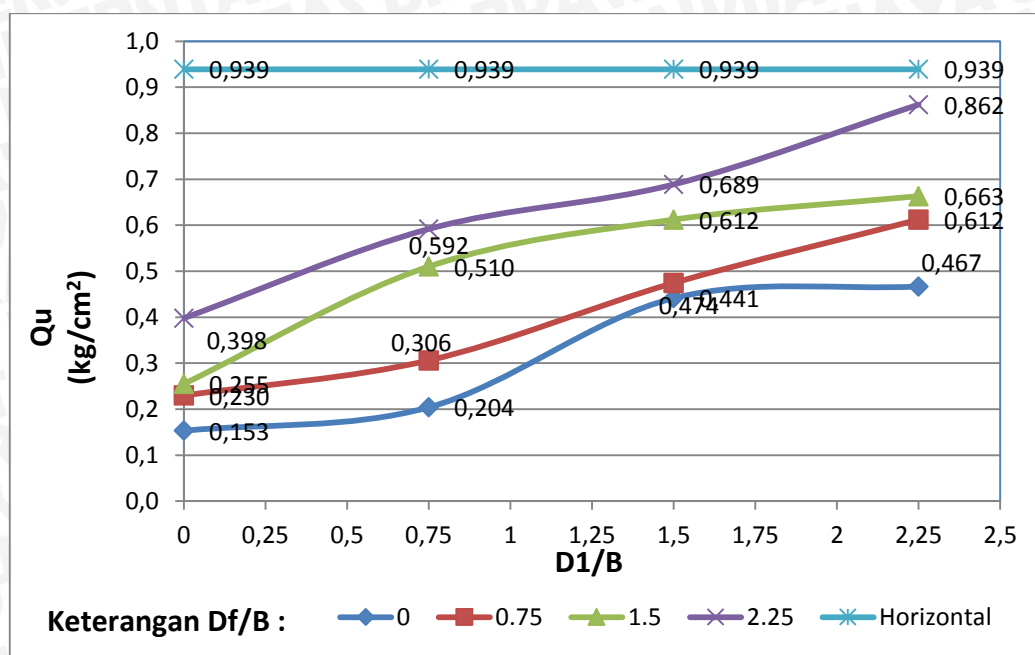


Gambar 4. 31 Grafik perbandingan daya dukung antara metode analitik dan eksperimen dengan kedalaman pondasi 9 cm

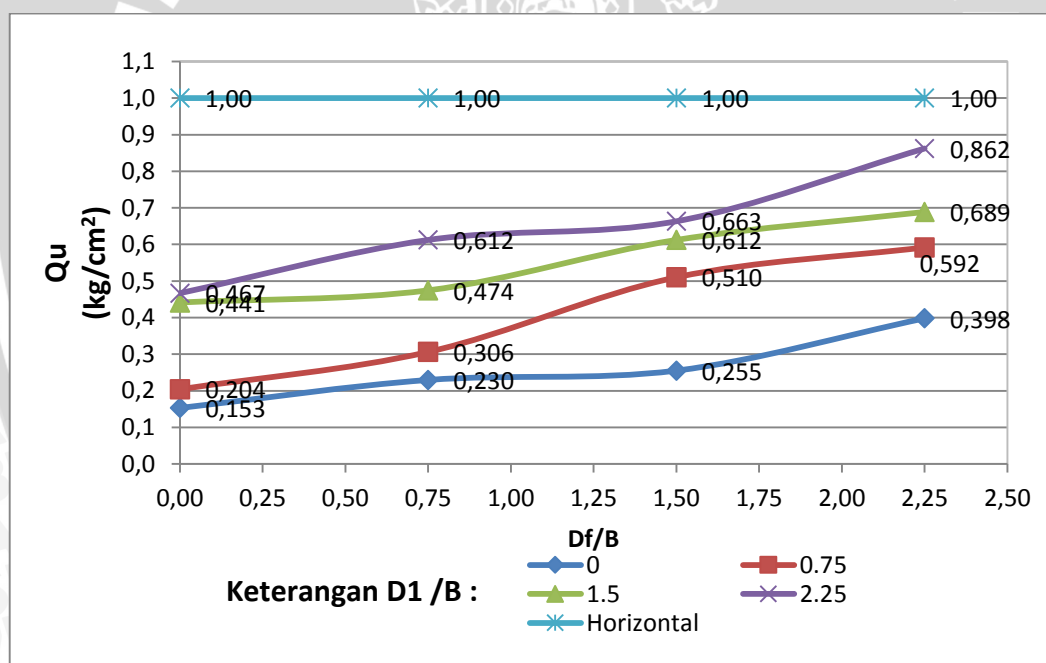
Dari grafik di atas, dapat dilihat bahwa pola perubahan daya dukung yang terjadi karena perubahan jarak pondasi dari tepi lereng tidak jauh berbeda dengan pola perudahan daya dukung yang disebabkan oleh perubahan kedalaman. Sehingga dapat dikatakan bahwa pengaruh perubahan kedalaman pondasi dan jarak pondasi dari tepi lereng hampir sama.

4.5 Perbandingan Relative Bearing Capacity (RBC)

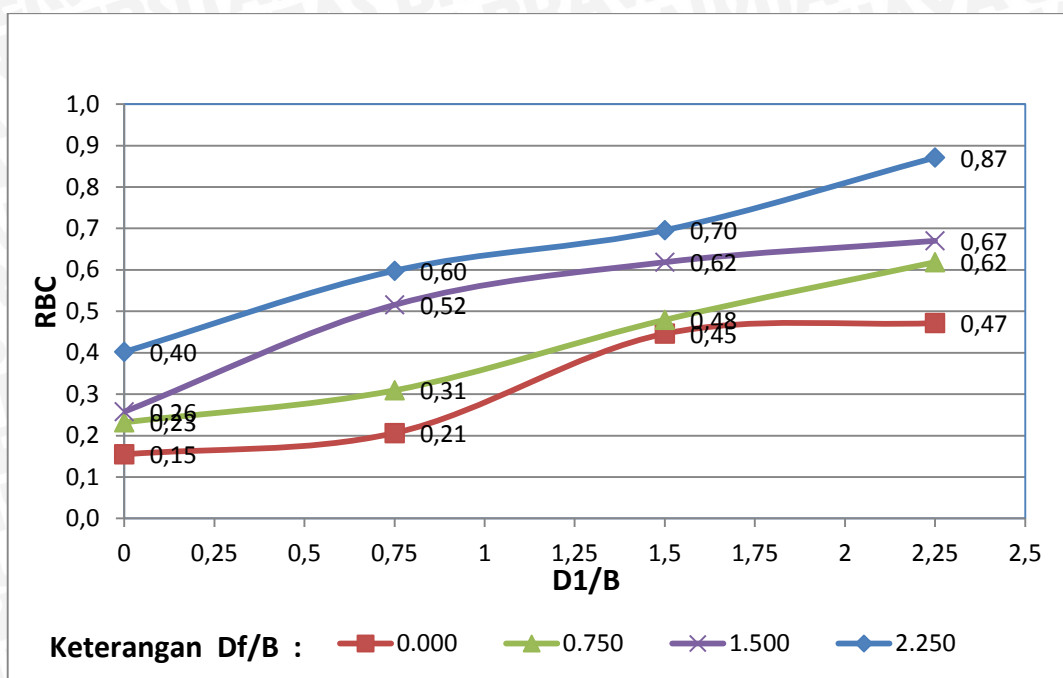
Relative Bearing Capacity (RBC) Merupakan nilai dari hasil perbandingan antara daya dukung pada lereng dengan daya dukung pada tanah datar. Pada kasus yang dibahas dalam penelitian ini, dilakukan perbandingan antara daya dukung pada variasi jarak pondasi dari tepi lereng yang disederhanakan menjadi rasio $D1/B$ dan variasi kedalaman pondasi yang disederhanakan menjadi rasio Df/B dengan daya dukung yang didapat dari percobaan pada tanah datar.



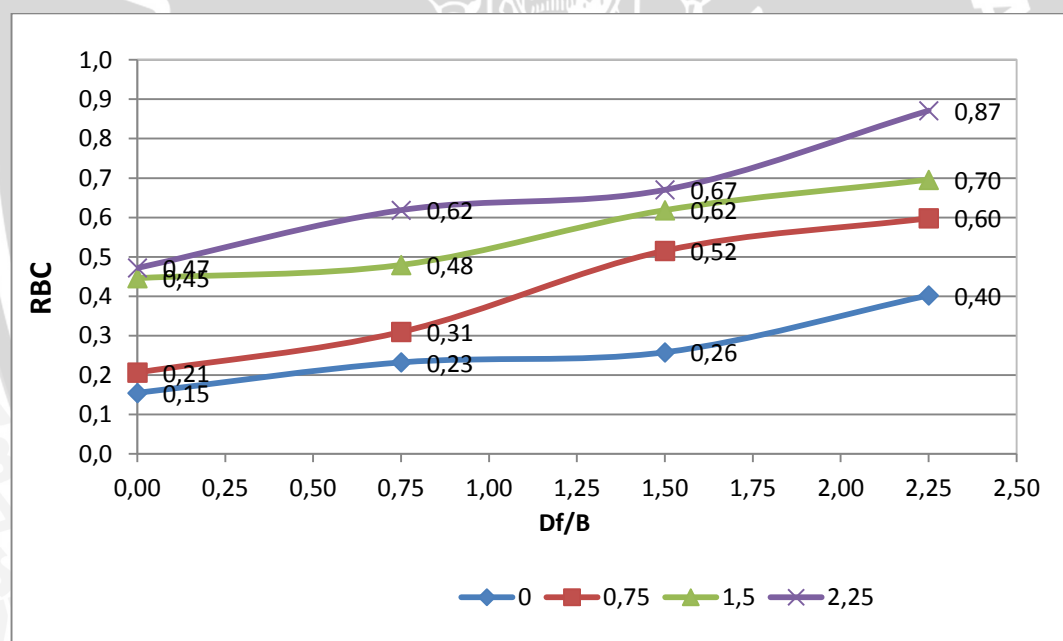
Gambar 4. 32 Nilai RBC dari hubungan Q_u maks terhadap rasio D1/B



Gambar 4. 33 Nilai RBC dari hubungan Q_u maks terhadap rasio Df/B



Gambar 4. 34 Hubungan RBC terhadap rasio $D1/B$



Gambar 4. 35 Hubungan RBC terhadap rasio Df/B

Dari penjelasan grafik-grafik diatas, dapat diketahui bahwa semakin besar rasio $D1/B$ maka nilai RBC juga akan mengalami peningkatan. Begitu juga dengan rasio Df/B , semakin besar rasio Df/B maka nilai RBC juga mengalami peningkatan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Pengaruh Variasi Kedalaman Dan Jarak Pondasi Menerus Dari Tepi Lereng Terhadap Daya Dukung Pondasi Pada Pemodelan Fisik Lereng Tanah Pasir Dengan Kemiringan 48° Dan D_r 74% dan analisa yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh daya dukung pondasi pada lereng akibat adanya variasi kedalaman pondasi dan jarak pondasi ke tepi lereng yaitu terhadap penambahan nilai daya dukung jika semakin jauh jarak pondasi dari tepi lereng dan semakin dalam pondasi tersebut. Hasil eksperimen ini juga diperkuat dengan analisis daya dukung Hansen, karena faktor-faktor koreksi Hansen lebih rasional untuk digunakan dalam kasus penelitian ini jika dibandingkan dengan analisis yang lain.
2. Jika dibandingkan dengan daya dukung pondasi pada tanah datar, daya dukung pondasi akibat rasio jarak dan kedalaman pondasi memang lebih kecil, namun pada jarak dan kedalaman terbesar ($D_1 = 9$ dan $D_f = 9$) daya dukung pondasi lereng mendekati daya dukung pondasi pada tanah datar.
3. Penurunan tanah akan terus bertambah seiring dengan penambahan beban. Sehingga semakin besar beban yang mampu di tahan maka penurunan yang terjadi akan semakin besar pula. Dalam kasus perubahan kedalaman dan jarak pondasi dari tepi lereng, pada beban yang sama (di awal pembebanan) penurunan yang terjadi akan semakin kecil jika semakin dalam dan semakin jauh jarak pondasi dari tepi lereng.
4. Untuk mendapatkan daya dukung yang besar pada lereng dapat disiasati dengan menambah kedalaman pondasi maupun jarak pondasi dari tepi lereng itu sendiri.
5. Ketika dilakukan pembebanan secara terus menerus pada pondasi, maka tanah akan melakukan perlawanan terhadap tekanan yang terjadi. Namun karena

tekanan tersebut lebih besar dan terus ditambahkan, maka akan terjadi penurunan pada tanah sampai akhirnya tanah runtuh ketika mencapai daya dukung maksimum yang dapat ditahan olehnya. Keruntuhan ini ditandai dengan tidak bisanya beban untuk ditambahkan lagi pada saat pengujian.

5.2 Saran

Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan pemodelan fisik lereng pasir, sehingga tidak bisa mencakup semua kondisi yang ada di lapangan. Untuk itu ada beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk penelitian serupa kedepannya, antara lain :

1. Lakukan kalibrasi alat terutama alat pembebanan untuk menghindari kesalahan pembacaan.
2. gunakan alat yang dalam kondisi baik karena akan sangat mempengaruhi hasil yang didapat.
3. Hindari kebocoran pada boks pengujian, karena akan berpengaruh pada kadar air.
4. Lakukan pengecekan kadar air dan kepadatan dengan teliti pada setiap percobaan, agar tidak melenceng dari asumsi awal.
5. pertimbangkan metode pemadatan dan metode memasuk-keluarkan pasir dari boks yang lebih efektif, karena pada penelitian ini sangat memakan waktu dan tenaga.
6. memberikan variasi pondasi yang lain, karena pada penelitian ini hanya menggunakan pondasi lajur.

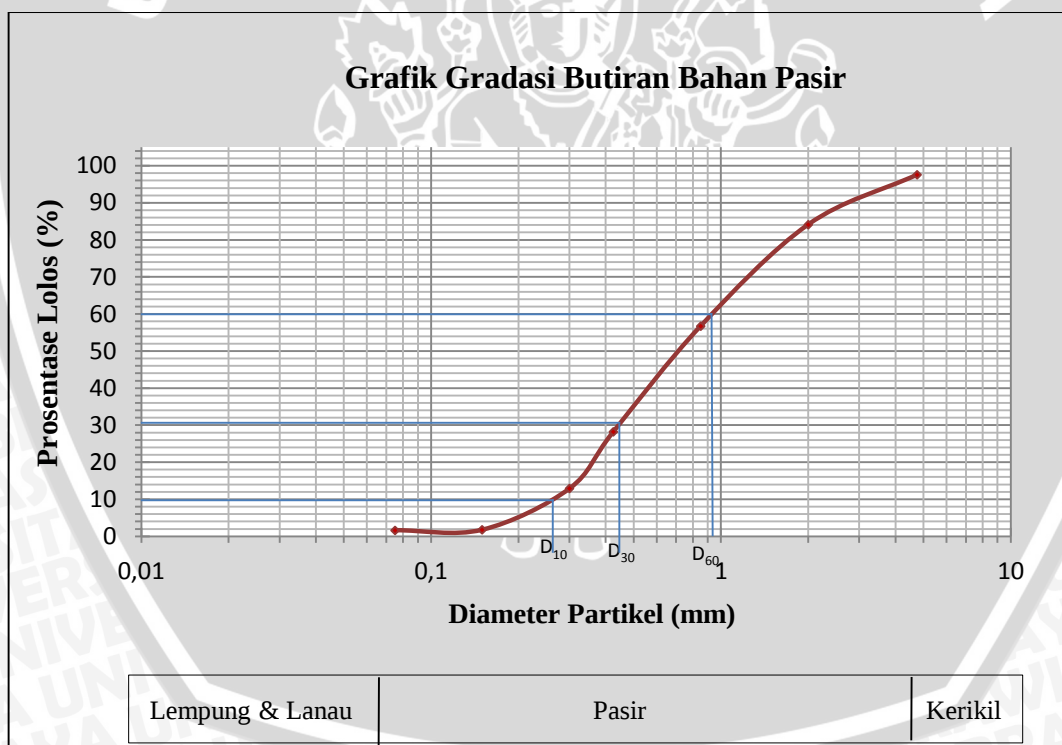
DAFTAR PUSTAKA

- Suroso, As'ad Munawir, dan Herlien Indrawahyuni, *Buku Ajar Teknik Pondasi*.
Malang: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Das, Braja M. 1984. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*.
Jakarta: Penerbit Erlangga
- Lestari, Agustin Dita. 2012. *Pengaruh Kepadatan Dan Variasi Diameter Tiang (Pile) Terhadap Daya Dukung Tanah Pada Pemodelan Fisik Lereng Pasir*. Skripsi.
Malang: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Bowles, J.E. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H.C. 1994. *Mekanika Tanah 1*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H.C. 1994. *Mekanika Tanah 2*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Terzaghi, K. & Peck, R.B. 1993. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 1*.
Jakarta: Erlangga.
- Wing Ip, Kai. 2005. *Bearing Capacity for Foundation near Slope*. Canada.
- Terzaghi, K (1943), *Theoretical Soil Mechanics*, Jhon Wiley and Sons, New York.
- Shields, D.H., Chandler, N. and Garnier, J.(1990)., “ Bearing Capacity of Foundation in Slopes” . Journal of Geotechnical Engineering , ASCE , Vol. 116, No. GT3, pp. 528-537
- Das, Braja M, “ Foundation Engineering” , Fourth Edition, PWS Publishing, New York 1998.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Uji Gradasi Butiran (Grainsize)

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



Dari grafik di atas diperoleh:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.92}{0.27} = 3.407 < 6$$

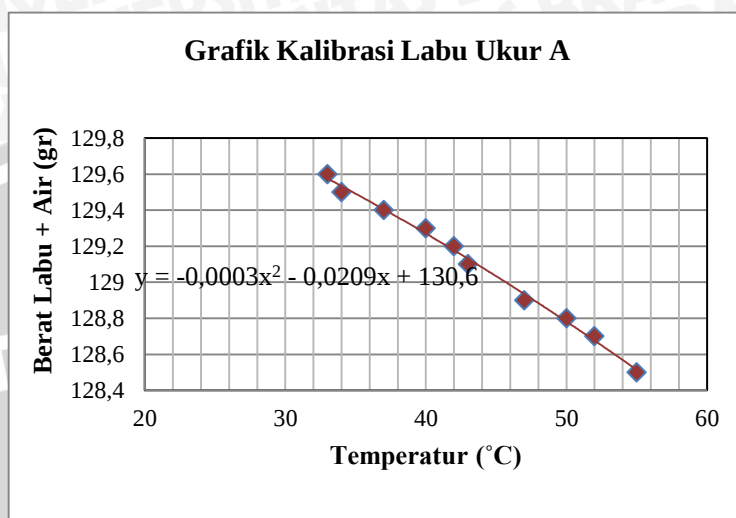
$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.45^2}{0.27 \times 0.92} = 0.815$$

Karena $Cu < 6$ dan Cc tidak di antara 1-3, maka pasir tersebut digolongkan pada SP (Pasir bergradasi jelek)

Lampiran 2. Analisis Uji Berat Jenis Butiran (Specivic Gravity)

1. Labu Ukur A

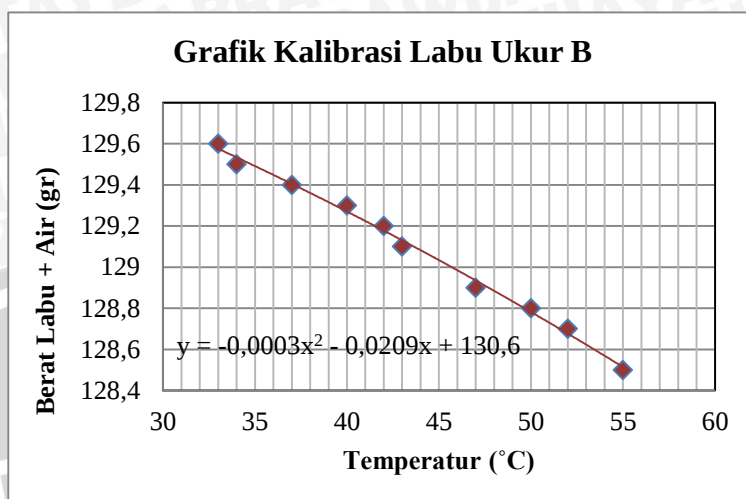
No	Berat Labu+Air (gr)	Temperatur (°C)
1	128.5	55
2	128.7	52
3	128.8	50
4	128.9	47
5	129.1	43
6	129.2	42
7	129.3	40
8	129.4	37
9	129.5	34
10	129.6	33



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
Gs =(Ws*G1)/(Ws-(W1-W2))	-	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 Analisis Uji Kepadatan Standart (Standart Compaction)

Data :

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

• Perhitungan Water Content

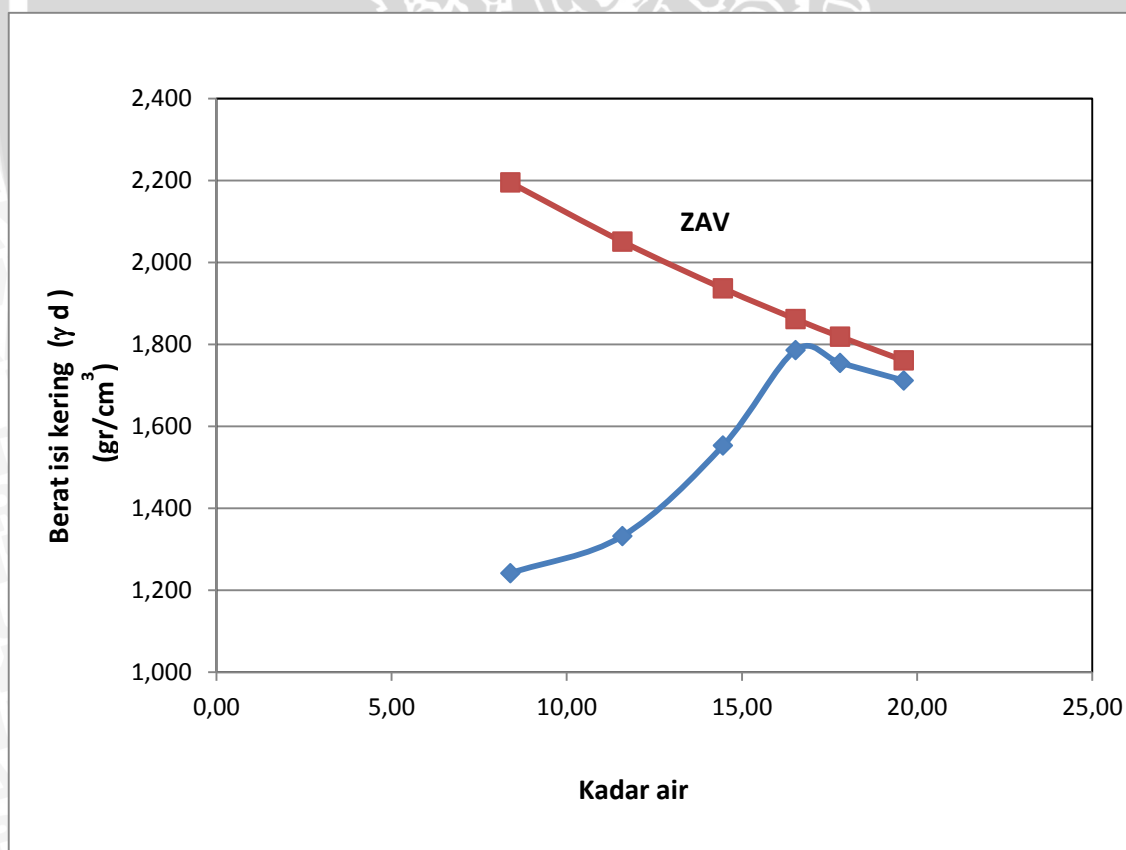
Penambahan Air	ml	150			300			450		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Berat Cawan	gr	5.6	5.8	5.4	4.4	5.6	6	5.6	6	4.4
Berat Tanah Basah + Cawan	gr	26.2	30.8	27.8	31.8	28.6	27.6	30.6	33.2	27.4
Berat Tanah Kering + Cawan	gr	24.4	29.2	26	29.2	26.4	25	27.2	30.4	24.2
Berat Air	gr	1.8	1.6	1.8	2.6	2.2	2.6	3.4	2.8	3.2
Berat 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	10.48	10.58	13.68	15.74	11.48	16.16
Kadar Air Rata-rata	%	8.38			11.58			14.46		
Penambahan Air	ml	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	%	15.84	21.35	12.41	19.17	16.06	18.18	16.22	24.77	17.86
Kadar Air Rata-rata	%	16.53			17.80			19.61		

• 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	942.86	942.86	942.86	942.86	942.86	942.86
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

• 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
Gs	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 Pengujian 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 (Δx) mm	Geseran Vertikal (Δy) mm	Dial Reading	Gaya Geser (*0,358)	Tegangan Geser τ_1	$\Delta X/X_0$
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	$\sigma_1 = (P/A) \cdot f = 0,40$						ϵ_h
Geseran Horizontal	Geseran Vertikal	Geseran Horizontal (Δx) mm	Geseran Vertikal (Δy) mm	Dial Reading	Gaya Geser (*0,358)	Tegangan Geser τ_1	$\Delta X/X_0$
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	$\sigma_1 = (P/A) \cdot f = 0,60$						ϵ_h
Geseran Horizontal	Geseran Vertikal	Geseran Horizontal (Δx) mm	Geseran Vertikal (Δy) mm	Dial Reading	Gaya Geser (*0,358)	Tegangan Geser τ_1	$\Delta X/X_0$
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	$\sigma_1 = (P/A) \cdot f = 0,20$						ϵ_h
Geseran Horizontal	Geseran Vertikal	Geseran Horizontal (Δx) mm	Geseran Vertikal (Δy) mm	Dial Reading	Gaya Geser (*0,358)	Tegangan Geser τ_1	$\Delta X/X_0$
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	$\sigma_1 = (P/A) \cdot f = 0,40$						ϵ_h
Geseran Horizontal	Geseran Vertikal	Geseran Horizontal (Δx) mm	Geseran Vertikal (Δy) mm	Dial Reading	Gaya Geser (*0,358)	Tegangan Geser τ_1	$\Delta X/X_0$
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	$\sigma_1 = (P/A) \cdot f = 0,60$						ϵ_h
Geseran Horizontal 1	Geseran Vertikal	Geseran Horizontal (Δx) mm	Geseran Vertikal (Δy) mm	Dial Reading	Gaya Geser (*0,358)	Tegangan Geser τ_1	$\Delta X/X_0$
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

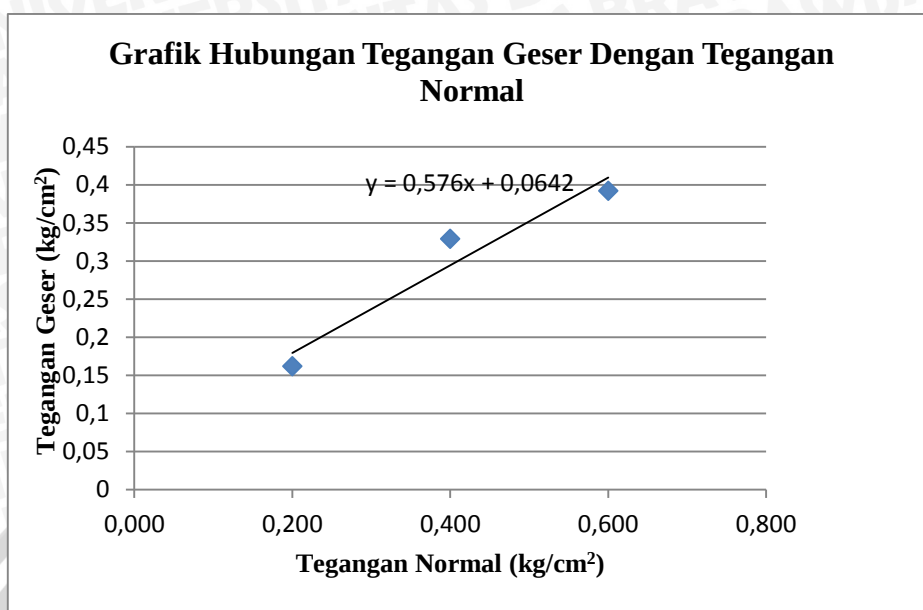
Gaya Normal	$P_1 = 0,4 \text{ kg}$						Regangan
Tegangan Normal	$\sigma_1 = (P/A)*f = 0,20$						ϵ_h
Geseran Horizontal	Geseran Vertikal	Geseran Horizontal (Δx) mm	Geseran Vertikal (Δy) mm	Dial Reading	Gaya Geser (*0,358)	Tegangan Geser τ_1	$\Delta X/X_0$
0	0	0	0	0	0	0	0
25	1	0,25	0,01	6	2,148	0,076	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



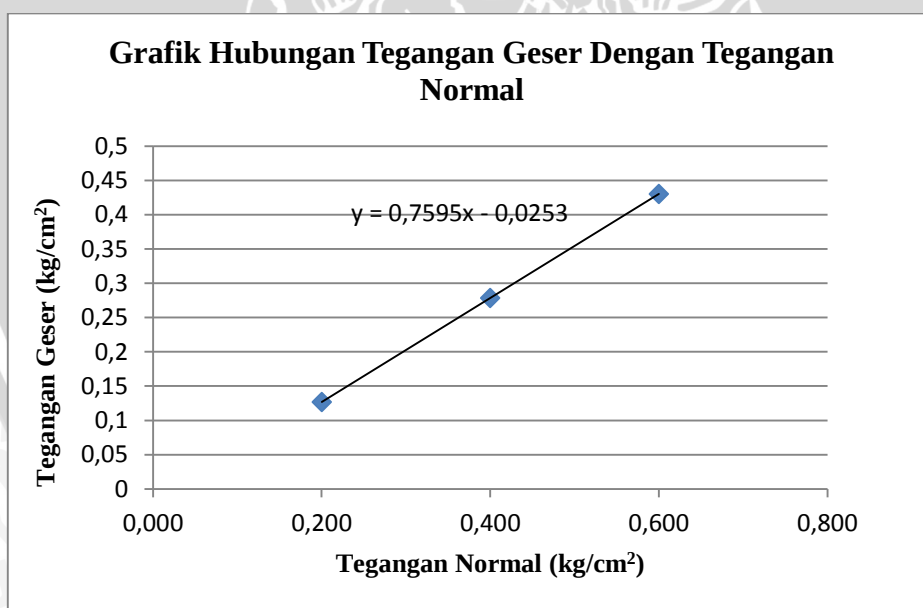
Gaya Normal	$P_1 = 0,8 \text{ kg}$						Regangan
Tegangan Normal	$\sigma_1 = (P/A) \cdot f = 0,40$						ε_h
Geseran Horizontal	Geseran Vertikal	Geseran Horizontal (Δx) mm	Geseran Vertikal (Δy) mm	Dial Reading	Gaya Geser (*0,358)	Tegangan Geser τ_1	$\Delta X/X_0$
0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0,25	0	12	4,296	0,152	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
Tegangan Normal	$\sigma_1 = (P/A) \cdot f = 0,60$						ϵ_h
Geseran Horizontal 1	Geseran Vertikal	Geseran Horizontal (Δx) mm	Geseran Vertikal (Δy) mm	Dial Reading	Gaya Geser (*0,358)	Tegangan Geser τ_1	$\Delta X/X_0$
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

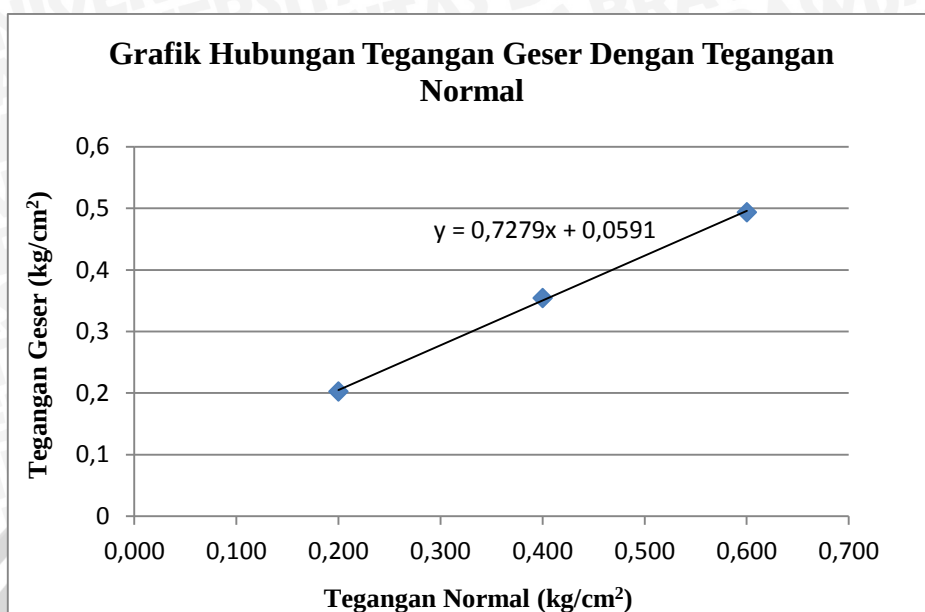
Lapisan 3



Lapisan 5



Lapisan 7



Rangkuman Nilai Sudut Geser Dalam

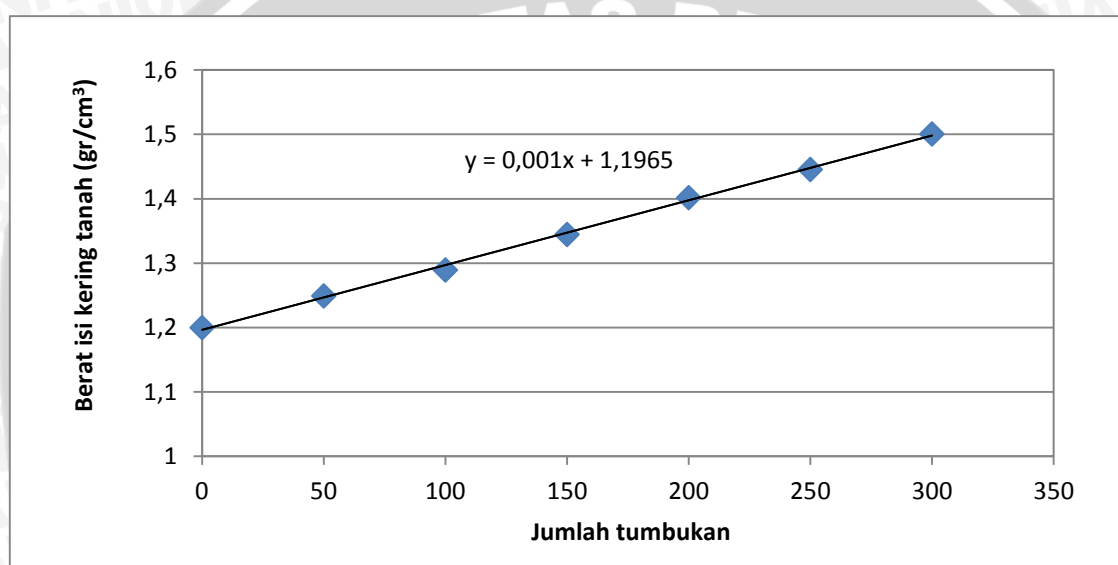
Kepadatan Relatif (Dr)	Lapisan	Sudut Geser Dalam (φ)	φ Rata-Rata
74%	3	29,94°	34,40°
	5	37,21°	
	7	36,05°	

Lampiran 5 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							
	1,14322	1,2456	1,27973	1,34798	1,41623	1,4333	1,50155							
								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 6. Perhitungan Daya Dukung pada Tanah dengan Permukaan Horizontal Dr = 74%

1) Metode Terzaghi

Untuk $D_1 = 4B$ (tanah datar)

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

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

Untuk $\phi = 34 \rightarrow N_c = 42,164 ; N_q = 29,440 ; N_\gamma = 41,064$

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_γ dapat dihitung dengan menggunakan cara ekstrapolasi . Sehingga didapatkan :

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 :

$$q_u = 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 43,850$$

$$q_u = 116.641 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 11.664 \text{ kN/m}^2$$

2) Metode Mayerhof

Untuk $D_1 = 4B$ (tanah datar)

$$q_u = cN_c \cdot \lambda_{cs} \cdot \lambda_{cd} \cdot \lambda_{ci} + D_f \cdot \gamma \cdot N_q \cdot \lambda_{qs} \cdot \lambda_{qd} \cdot \lambda_{qi} + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot \lambda_{\gamma s} \cdot \lambda_{\gamma d} \cdot \lambda_{\gamma i}$$

Berdasarkan persamaan (2-4) dapat dihitung nilai faktor daya dukung N_q , N_c , dan N_γ dengan rumus sebagai berikut :

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

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

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

$$N_q = 30,942$$

$$N_c = (N_q - 1).ctg\phi$$

$$N_c = (30,942 - 1).ctg34,40$$

$$N_c = 43,715$$

$$N_\gamma = (N_q - 1).tg(1,4.\phi)$$

$$N_\gamma = (43,715 - 1).tg(1,4.34,40)$$

$$N_\gamma = 47,707$$

Berdasarkan tabel 2.3 didapatkan :

Shape Factors

$$\lambda_{cs} = 1 + 0,2 \frac{B}{L} tg^2(45^\circ + \frac{\phi}{2})$$

$$\lambda_{cs} = 1 + 0,2 \frac{4}{L} tg^2(45^\circ + \frac{34,40}{2})$$

$$\lambda_{qs} = \lambda_\gamma s = 1 \approx$$

$$\lambda_{cs} = 1$$

Depth Factors

$$\lambda_{qs} = \lambda_\gamma s = 1 + 0,1 \frac{B}{L} tg^2(45^\circ + \frac{34,40}{2})$$

$$\lambda_{qs} = \lambda_\gamma s = 1 + 0,1 \frac{B}{L} tg^2(45^\circ + \frac{\phi}{2})$$

$$\lambda_{cd} = 1 + 0,2 \frac{D_f}{B} tg^2(45^\circ + \frac{\phi}{2})$$

$$\lambda_{cd} = 1 + 0,2 \frac{0}{4} tg^2(45^\circ + \frac{34,40}{2})$$

$$\lambda_{cd} = 1$$

$$\lambda_{qd} = \lambda_{\gamma d} = 1 + 0,1 \frac{D_f}{B} tg^2(45^\circ + \frac{\phi}{2})$$



$$\lambda_{qd} = \lambda_{\gamma d} = 1$$

Inklinations Factors

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

$$\lambda_{ci} = \lambda_{qi} = \left(1 - \frac{0}{90}\right)^2$$

$$\lambda_{ci} = \lambda_{qi} = 1$$

$$\lambda_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi^{\circ}}{\phi^{\circ}}\right)^2$$

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

Perhitungan Daya Dukung sebagai berikut :

$$q_u = cN_c \cdot \lambda_{cs} \cdot \lambda_{cd} \cdot \lambda_{ci} + D_f \cdot \gamma \cdot N_q \cdot \lambda_{qs} \cdot \lambda_{qd} \cdot \lambda_{qi} + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot \lambda_{\gamma s} \cdot \lambda_{\gamma d} \cdot \lambda_{\gamma i}$$

$$q_u = 0.43,175 \cdot 1.1.1 + 0.1,33 \cdot 30,942 \cdot 1.1.1 + 0.5 \cdot 1,33 \cdot 4.47,707 \cdot 1.1.1$$

$$q_u = 126.9 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 12.69 \text{ kN/m}^2$$

Lampiran 7 Perhitungan Daya Dukung Tanah Pada Lereng Tanpa Perkuatan (Metode Hansen)

1. Jarak 0cm, 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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 0 \cdot 1,36 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 81,7323 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 8,1732 \text{ kN/m}^2$$

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

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 48)^5 = 0,0174$$

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,63 + 0 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 1,4213 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,1421 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan intrapolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D_1 = 0 \text{ B}$

$$D_1 = 0 \rightarrow q_u = 0,1421 \text{ kN/m}^2$$

$$D_1 = 4B \rightarrow q_u = 8,1732 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0}{4B} = \frac{q_u - 0,1421}{8,1732 - 0,1421}$$

$$q_u = 0,1421 \text{ kN/m}^2$$

2. Jarak 0cm, Kedalaman 3cm

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 $D_f = 3 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 3 \cdot 1,33 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 205,089 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 20,5089 \text{ kN/m}^2$$

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

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

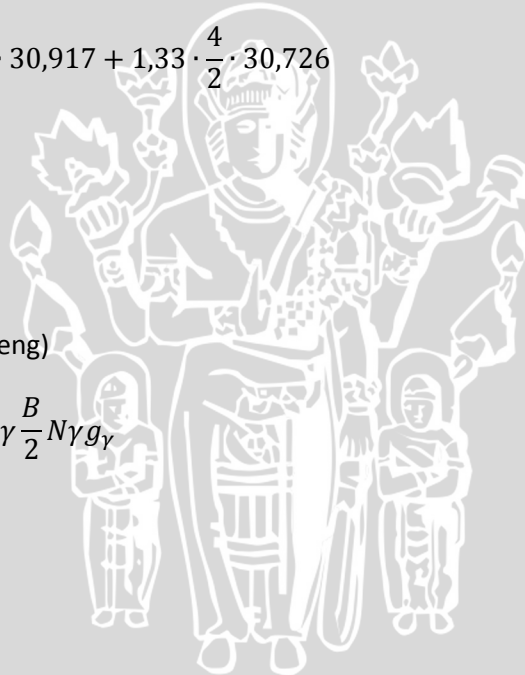
$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 48)^5 = 0,0174$$

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,6735 + 3 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 3,5666 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,3566 \text{ kN/m}^2$$



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

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,3566 kN/m^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 20,5089 kN/m^2$$

$$\frac{0}{4B} = \frac{q_u - 0,3566}{20,5089 - 0,3566}$$

$$q_u = 0,3566 kN/m^2$$

3. Jarak 0cm, Kedalaman 6cm

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

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

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

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

$$N_q = 30,917$$

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

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

$$N_c = 43,692$$

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

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

$$N_\gamma = 30,726$$

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

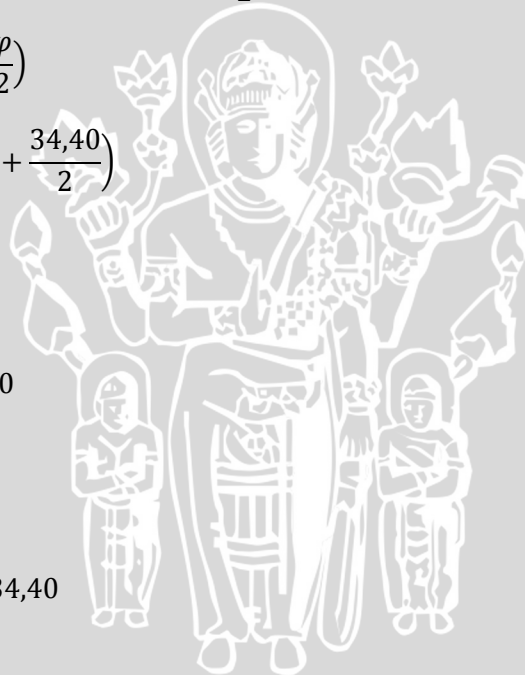
$$d_c, d_q, d_\gamma = 1$$

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

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

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

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



$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 6 \cdot 1,33 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 328,446 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 32,8446 \text{ kN/m}^2$$

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

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 54)^5 = 0,0174$$

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,6735 + 6 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 5,7118 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,5712 \text{ kN/m}^2$$

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

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,5712 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 32,8446 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0}{4B} = \frac{q_u - 0,5712}{32,8446 - 0,5712}$$

$$q_u = 0,5712 \text{ kN/m}^2$$

4. Jarak 0cm, Kedalaman 9cm

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

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

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

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

$$N_q = 30,917$$

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

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

$$N_c = 43,692$$

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

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

$$N_\gamma = 30,726$$

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

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

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

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

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

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 9 \cdot 1,33 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 451,803 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 45,1803 \text{ kN/m}^2$$

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

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 54)^5 = 0,0174$$

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,6735 + 9 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 7,857 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,7857 \text{ kN/m}^2$$

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

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,7857 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 45,1803 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0}{4B} = \frac{q_u - 0,7857}{45,1803 - 0,7857}$$

$$q_u = 0,7857 \text{ kN/m}^2$$

5. Jarak 3cm, 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 $D_f = 0$ cm sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 0 \cdot 1,33 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 81,7323 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 8,1732 \text{ kN/m}^2$$

Untuk $D1 = 0$ cm (di tepi lereng)

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 48)^5 = 0,0174$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 0$ cm sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,6735 + 0 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 1,4213 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,1421 \text{ kN/m}^2$$

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

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,1421 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 8,1732 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0,75B}{4B} = \frac{q_u - 0,1421}{8,1732 - 0,1421}$$

$$q_u = 1,648 \text{ kN/m}^2$$

6. Jarak 3cm, 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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 3 \cdot 1,33 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 205,089 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 20,5089 \text{ kN/m}^2$$

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

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 48)^5 = 0,0174$$

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,6735 + 3 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 3,5666 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,3567 \text{ kN/m}^2$$

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

$$D1 = 0B \rightarrow q_u = 0,3567 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 20,5089 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0,75B}{4B} = \frac{q_u - 0,3567}{20,5089 - 0,3567}$$

$$q_u = 4,1352 \text{ kN/m}^2$$

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 6 \cdot 1,33 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 328,446 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 32,8446 \text{ kN/m}^2$$

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

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 48)^5 = 0,0174$$

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,6735 + 6 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 5,7118 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,5712 \text{ kN/m}^2$$

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

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,5712 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 32,8446 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0,75B}{4B} = \frac{q_u - 0,5712}{32,8446 - 0,5712}$$

$$q_u = 6,6225 \text{ kN/m}^2$$

8. Jarak 3cm, 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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 9 \cdot 1,33 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 451,803 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 45,1803 \text{ kN/m}^2$$

Untuk $D1 = 0$ cm (di tepi lereng)

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 48)^5 = 0,0174$$

dengan nilai $c = 0$ dan $D_f = 9$ cm sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,6735 + 9 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 7,857 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,7857 \text{ kN/m}^2$$

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

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,7857 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 45,1803 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0,75B}{4B} = \frac{q_u - 0,7857}{45,1803 - 0,7857}$$

$$q_u = 9,1097 \text{ kN/m}^2$$

9. Jarak 6cm, 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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 0 \cdot 1,33 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 81,7323 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 8,1732 \text{ kN/m}^2$$

Untuk D1 = 0 cm (di tepi lereng)

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 48)^5 = 0,0174$$

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,6735 + 0 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 1,4213 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,1421 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan intrapolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 1,5 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,1421 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 8,1732 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{1,5B}{4B} = \frac{q_u - 0,1421}{8,1732 - 0,1421}$$

$$q_u = 3,1538 \text{ kN/m}^2$$

10. Jarak 6cm, Kedalaman 3cm

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

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

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

$$N_q = 30,917$$

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

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

$$N_c = 43,692$$

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

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

$$N_\gamma = 30,726$$

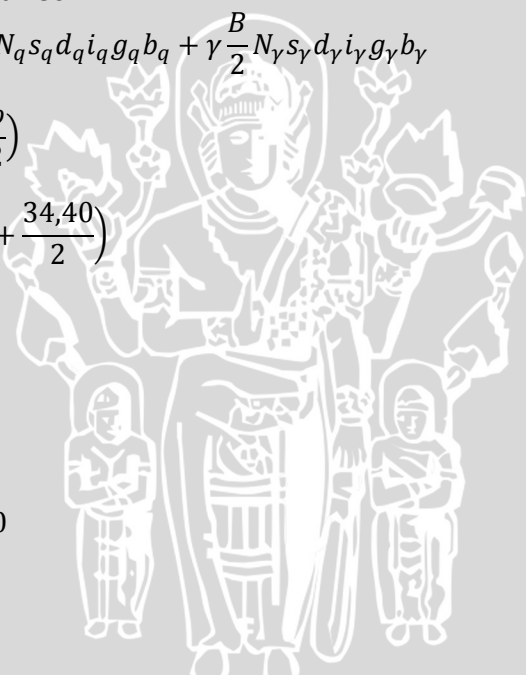
$$s_c, s_q, s_\gamma = 1$$

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

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

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

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



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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 3 \cdot 1,33 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 205,089 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 20,5089 \text{ kN/m}^2$$

Untuk D1 = 0 cm (di tepi lereng)

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 48)^5 = 0,0174$$

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,6735 + 3 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 3,5666 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,3567 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan intrapolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 1,5 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,3567 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 20,5089 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{1,5B}{4B} = \frac{q_u - 0,3567}{20,5089 - 0,3567}$$

$$q_u = 7,9138 \text{ kN/m}^2$$

**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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 6 \cdot 1,33 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 328,446 \text{ gr/cm}^2$$

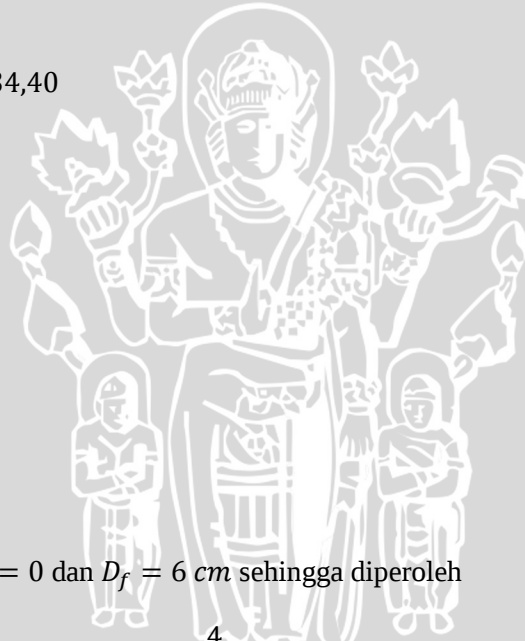
$$q_u = 32,8446 \text{ kN/m}^2$$

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

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$



$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 48)^5 = 0,0174$$

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,6735 + 6 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 5,7118 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,5712 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan intrapolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 1,5 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,5712 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 32,8446 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{1,5B}{4B} = \frac{q_u - 0,5712}{32,8446 - 0,5712}$$

$$q_u = 12,6737 \text{ kN/m}^2$$

12. Jarak 6cm, Kedalaman 9cm
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 $D_f = 9 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 9 \cdot 1,33 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 451,803 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 45,1803 \text{ kN/m}^2$$

Untuk D1 = 0 cm (di tepi lereng)

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 48)^5 = 0,0174$$

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,6735 + 9 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 7,857 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,7857 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan intrapolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 1,5 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,7857 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 45,1803 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{0,75B}{4B} = \frac{q_u - 0,7857}{45,1803 - 0,7857}$$

$$q_u = 17,4337 \text{ kN/m}^2$$

**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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 0 \cdot 1,33 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 81,7323 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 8,1732 \text{ kN/m}^2$$

Untuk D1 = 0 cm (di tepi lereng)

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 48)^5 = 0,0174$$

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,6735 + 0 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 1,4213 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,1421 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan intrapolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 2,25 \text{ B}$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,1421 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 8,1732 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{1,125B}{4B} = \frac{q_u - 0,1421}{8,1732 - 0,1421}$$

$$q_u = 4,6596 \text{ kN/m}^2$$

14. Jarak 9cm, Kedalaman 3cm

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

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

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

$$N_q = 30,917$$

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

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

$$N_c = 43,692$$

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

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

$$N_\gamma = 30,726$$

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

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

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

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

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

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 3 \cdot 1,33 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 205,089 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 20,5089 \text{ kN/m}^2$$

Untuk D1 = 0 cm (di tepi lereng)

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 48)^5 = 0,0174$$

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,6735 + 3 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 3,5666 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,3567 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan intrapolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 2,25 \text{ B}$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,3567 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 20,5089 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{2,25B}{4B} = \frac{q_u - 0,3567}{20,5089 - 0,3567}$$

$$q_u = 11,6923 \text{ kN/m}^2$$

15. Jarak 9cm, 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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 6 \cdot 1,33 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 328,446 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 32,8446 \text{ kN/m}^2$$

Untuk D1 = 0 cm (di tepi lereng)

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 48)^5 = 0,0174$$

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,6735 + 6 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 5,7118 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,5712 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan intrapolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 1,125 B$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,5712 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 32,8446 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{1,125B}{4B} = \frac{q_u - 0,5712}{32,8446 - 0,5712}$$

$$q_u = 18,725 \text{ kN/m}^2$$

16. Jarak 9cm, Kedalaman 9cm
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 $D_f = 9 \text{ cm}$ sehingga diperoleh

$$q_u = 0 \cdot 43,692 + 9 \cdot 1,33 \cdot 30,917 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726$$

$$q_u = 451,803 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 45,1803 \text{ kN/m}^2$$

Untuk D1 = 0 cm (di tepi lereng)

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

$$N_q = 30,917$$

$$N_c = 43,692$$

$$N_\gamma = 30,726$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147} = 1 - \frac{48}{147} = 0,6735$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5 = (1 - 0,5 \tan 48)^5 = 0,0174$$

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

$$q_u = 0 \cdot 43,692 \cdot 0,6735 + 9 \cdot 1,33 \cdot 30,917 \cdot 0,0174 + 1,33 \cdot \frac{4}{2} \cdot 30,726 \cdot 0,0174$$

$$q_u = 7,857 \text{ gr/cm}^2$$

$$q_u = 0,7857 \text{ kN/m}^2$$

dilakukan intrapolasi untuk mendapatkan nilai q_u dengan $D1 = 2,25 \text{ B}$

$$D1 = 0 \rightarrow q_u = 0,7857 \text{ kN/m}^2$$

$$D1 = 4B \rightarrow q_u = 45,1803 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{2,2525B}{4B} = \frac{q_u - 0,78571}{45,1803 - 0,7857}$$

$$q_u = 25,7577 \text{ kN/m}^2$$

Lampiran 8 Data Beban, Penurunan, dan Daya Dukung Berdasarkan Eksperimen Dr = 74%

Permukaan Datar

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/ m ²)	s/B	s/B (%)	BCI
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.100	0.051	5.102	0.003	0.250	0.052
40	0.280	0.102	10.204	0.007	0.700	0.103
60	0.490	0.153	15.306	0.012	1.225	0.155
80	0.700	0.204	20.408	0.018	1.750	0.206
100	0.945	0.255	25.510	0.024	2.363	0.258
120	1.205	0.306	30.612	0.030	3.013	0.309
140	1.500	0.357	35.714	0.038	3.750	0.361
160	1.785	0.408	40.816	0.045	4.463	0.412
180	2.135	0.459	45.918	0.053	5.338	0.464
200	2.455	0.510	51.020	0.061	6.138	0.515
220	2.805	0.561	56.122	0.070	7.013	0.567
240	3.215	0.612	61.224	0.080	8.038	0.619
260	3.590	0.663	66.327	0.090	8.975	0.670
280	4.115	0.714	71.429	0.103	10.288	0.722
300	4.745	0.765	76.531	0.119	11.863	0.773
320	5.305	0.816	81.633	0.133	13.263	0.825
340	6.105	0.867	86.735	0.153	15.263	0.876
360	7.035	0.918	91.837	0.176	17.588	0.928
380	8.600	0.969	96.939	0.215	21.500	0.979
388	8.770	0.990	98.980	0.219	21.925	1.000

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 0 cm, Kedalaman Pondasi 0 cm

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.615	0.051	5.102	0.015	1.538	0.052
40	1.225	0.102	10.204	0.031	3.063	0.103
60	2.410	0.153	15.306	0.060	6.025	0.155

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 0 cm, Kedalaman Pondasi 3 cm

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.310	0.051	5.102	0.008	0.775	0.052
40	0.885	0.102	10.204	0.022	2.213	0.103
60	1.875	0.153	15.306	0.047	4.688	0.155
80	3.095	0.204	20.408	0.077	7.738	0.206

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 0 cm, Kedalaman Pondasi 6 cm

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.265	0.051	5.102	0.007	0.663	0.052
40	0.760	0.102	10.204	0.019	1.900	0.103
60	1.100	0.153	15.306	0.028	2.750	0.155
80	1.465	0.204	20.408	0.037	3.663	0.206
100	2.170	0.255	25.510	0.054	5.425	0.258
120	2.810	0.306	30.612	0.070	7.025	0.309
140	3.490	0.357	35.714	0.087	8.725	0.361
160	4.215	0.408	40.816	0.105	10.538	0.412
173	4.910	0.441	44.133	0.123	12.275	0.446

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 0 cm, Kedalaman Pondasi 9 cm

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.265	0.051	5.102	0.007	0.663	0.052
40	0.735	0.102	10.204	0.018	1.838	0.103
60	1.000	0.153	15.306	0.025	2.500	0.155
80	1.420	0.204	20.408	0.036	3.550	0.206
100	1.815	0.255	25.510	0.045	4.538	0.258
120	2.335	0.306	30.612	0.058	5.838	0.309
140	2.990	0.357	35.714	0.075	7.475	0.361
160	3.765	0.408	40.816	0.094	9.413	0.412
180	5.095	0.459	45.918	0.127	12.738	0.464
183	5.565	0.467	46.684	0.139	13.913	0.472

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 3 cm, Kedalaman Pondasi 0 cm

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.565	0.051	5.102	0.014	1.413	0.052
40	1.175	0.102	10.204	0.029	2.938	0.103
60	1.855	0.153	15.306	0.046	4.638	0.155
80	2.735	0.204	20.408	0.068	6.838	0.206

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 3 cm, Kedalaman Pondasi 3 cm

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.290	0.051	5.102	0.007	0.725	0.052
40	0.875	0.102	10.204	0.022	2.188	0.103
60	1.510	0.153	15.306	0.038	3.775	0.155
80	2.245	0.204	20.408	0.056	5.613	0.206
100	3.430	0.255	25.510	0.086	8.575	0.258
120	4.305	0.306	30.612	0.108	10.763	0.309

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 3 cm, Kedalaman Pondasi 6 cm

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.200	0.051	5.102	0.005	0.500	0.052
40	0.620	0.102	10.204	0.016	1.550	0.103
60	1.090	0.153	15.306	0.027	2.725	0.155
80	1.575	0.204	20.408	0.039	3.938	0.206
100	2.245	0.255	25.510	0.056	5.613	0.258
120	2.600	0.306	30.612	0.065	6.500	0.309
140	3.000	0.357	35.714	0.075	7.500	0.361
160	3.465	0.408	40.816	0.087	8.663	0.412
180	4.105	0.459	45.918	0.103	10.263	0.464
186	5.070	0.474	47.449	0.127	12.675	0.479

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 3 cm, Kedalaman Pondasi 9 cm

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.250	0.051	5.102	0.006	0.625	0.052
40	0.695	0.102	10.204	0.017	1.738	0.103
60	0.950	0.153	15.306	0.024	2.375	0.155
80	1.400	0.204	20.408	0.035	3.500	0.206
100	1.585	0.255	25.510	0.040	3.963	0.258
120	1.915	0.306	30.612	0.048	4.788	0.309
140	2.430	0.357	35.714	0.061	6.075	0.361
160	3.085	0.408	40.816	0.077	7.713	0.412
180	3.900	0.459	45.918	0.098	9.750	0.464
200	4.905	0.510	51.020	0.123	12.263	0.515
220	5.515	0.561	56.122	0.138	13.788	0.567
240	5.855	0.612	61.224	0.146	14.638	0.619

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 6 cm, Kedalaman Pondasi 0 cm

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.185	0.051	5.102	0.005	0.463	0.052
40	0.725	0.102	10.204	0.018	1.813	0.103
60	1.415	0.153	15.306	0.035	3.538	0.155
80	2.300	0.204	20.408	0.058	5.750	0.206
100	3.745	0.255	25.510	0.094	9.363	0.258

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 6 cm, Kedalaman Pondasi 3 cm

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.180	0.051	5.102	0.005	0.450	0.052
40	0.520	0.102	10.204	0.013	1.300	0.103
60	0.940	0.153	15.306	0.024	2.350	0.155
80	1.375	0.204	20.408	0.034	3.438	0.206
100	1.965	0.255	25.510	0.049	4.913	0.258
120	2.435	0.306	30.612	0.061	6.088	0.309
140	2.760	0.357	35.714	0.069	6.900	0.361
160	3.280	0.408	40.816	0.082	8.200	0.412
180	3.960	0.459	45.918	0.099	9.900	0.464
200	4.585	0.510	51.020	0.115	11.463	0.515

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 6 cm, Kedalaman Pondasi 6 cm

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.150	0.051	5.102	0.004	0.375	0.052
40	0.605	0.102	10.204	0.015	1.513	0.103
60	1.030	0.153	15.306	0.026	2.575	0.155
80	1.423	0.204	20.408	0.036	3.556	0.206
100	1.805	0.255	25.510	0.045	4.513	0.258
120	2.150	0.306	30.612	0.054	5.375	0.309
140	2.553	0.357	35.714	0.064	6.381	0.361
160	2.955	0.408	40.816	0.074	7.388	0.412
180	3.415	0.459	45.918	0.085	8.538	0.464
200	3.930	0.510	51.020	0.098	9.825	0.515
220	4.665	0.561	56.122	0.117	11.663	0.567
240	5.645	0.612	61.224	0.141	14.113	0.619

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 6 cm, Kedalaman Pondasi 9 cm

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.155	0.051	5.102	0.004	0.388	0.052
40	0.455	0.102	10.204	0.011	1.138	0.103
60	0.895	0.153	15.306	0.022	2.238	0.155
80	1.230	0.204	20.408	0.031	3.075	0.206
100	1.590	0.255	25.510	0.040	3.975	0.258
120	1.950	0.306	30.612	0.049	4.875	0.309
140	2.390	0.357	35.714	0.060	5.975	0.361
160	2.700	0.408	40.816	0.068	6.750	0.412
180	3.200	0.459	45.918	0.080	8.000	0.464
200	3.760	0.510	51.020	0.094	9.400	0.515
220	4.075	0.561	56.122	0.102	10.188	0.567
240	5.245	0.612	61.224	0.131	13.113	0.619
260	6.315	0.663	66.327	0.158	15.788	0.670

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 9 cm, Kedalaman Pondasi 0 cm

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.130	0.051	5.102	0.003	0.325	0.052
40	0.430	0.102	10.204	0.011	1.075	0.103
60	0.770	0.153	15.306	0.019	1.925	0.155
80	1.205	0.204	20.408	0.030	3.013	0.206
100	1.705	0.255	25.510	0.043	4.263	0.258
120	2.390	0.306	30.612	0.060	5.975	0.309
140	3.415	0.357	35.714	0.085	8.538	0.361
156	4.810	0.398	39.796	0.120	12.025	0.402

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 9 cm, Kedalaman Pondasi 3 cm

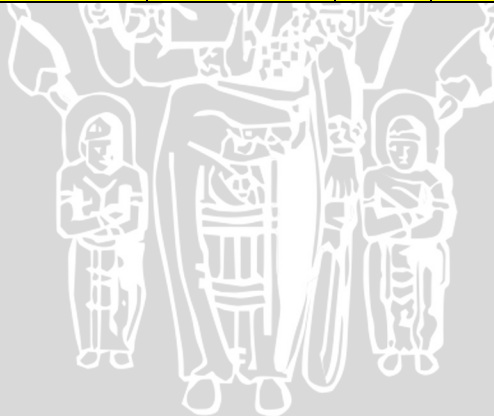
P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.065	0.051	5.102	0.002	0.163	0.052
40	0.310	0.102	10.204	0.008	0.775	0.103
60	0.615	0.153	15.306	0.015	1.538	0.155
80	1.065	0.204	20.408	0.027	2.663	0.206
100	1.520	0.255	25.510	0.038	3.800	0.258
120	2.170	0.306	30.612	0.054	5.425	0.309
140	2.530	0.357	35.714	0.063	6.325	0.361
160	3.065	0.408	40.816	0.077	7.663	0.412
180	3.585	0.459	45.918	0.090	8.963	0.464
200	4.190	0.510	51.020	0.105	10.475	0.515
220	5.005	0.561	56.122	0.125	12.513	0.567
232	5.115	0.592	59.184	0.128	12.788	0.598

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 9 cm, Kedalaman Pondasi 6 cm

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.050	0.051	5.102	0.001	0.125	0.052
40	0.305	0.102	10.204	0.008	0.763	0.103
60	0.505	0.153	15.306	0.013	1.263	0.155
80	0.905	0.204	20.408	0.023	2.263	0.206
100	1.175	0.255	25.510	0.029	2.938	0.258
120	1.495	0.306	30.612	0.037	3.738	0.309
140	1.840	0.357	35.714	0.046	4.600	0.361
160	2.290	0.408	40.816	0.057	5.725	0.412
180	2.765	0.459	45.918	0.069	6.913	0.464
200	3.370	0.510	51.020	0.084	8.425	0.515
220	4.085	0.561	56.122	0.102	10.213	0.567
240	4.550	0.612	61.224	0.114	11.375	0.619
260	5.345	0.663	66.327	0.134	13.363	0.670
270	6.145	0.689	68.878	0.154	15.363	0.696

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 9 cm, Kedalaman Pondasi 9 cm

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kg/cm ²)	Qu (kN/m ²)	s/B	s/B (%)	RBC
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.085	0.051	5.102	0.002	0.213	0.052
40	0.300	0.102	10.204	0.008	0.750	0.103
60	0.495	0.153	15.306	0.012	1.238	0.155
80	0.720	0.204	20.408	0.018	1.800	0.206
100	0.985	0.255	25.510	0.025	2.463	0.258
120	1.205	0.306	30.612	0.030	3.013	0.309
140	1.520	0.357	35.714	0.038	3.800	0.361
160	1.865	0.408	40.816	0.047	4.663	0.412
180	2.285	0.459	45.918	0.057	5.713	0.464
200	2.600	0.510	51.020	0.065	6.500	0.515
220	2.975	0.561	56.122	0.074	7.438	0.567
240	3.425	0.612	61.224	0.086	8.563	0.619
260	3.935	0.663	66.327	0.098	9.838	0.670
280	4.580	0.714	71.429	0.115	11.450	0.722
300	5.250	0.765	76.531	0.131	13.125	0.773
320	5.840	0.816	81.633	0.146	14.600	0.825
338	6.630	0.862	86.224	0.166	16.575	0.871



Lampiran 9 Data Kadar Air Tiap Lapisan pasir Dr = 74%

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 0 cm, kedalaman Pondasi 0 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	41.6	40.8	41.2	42.2	40.8	40.8
Berat Tanah Kering	36.8	37.2	37.4	37.2	37.8	36.8	36.6
Kadar Air (%)	9.81595	13.4146	10.7595	12.7389	13.6646	12.2699	13.6364
Kadar Air rata-rata (%)	12.33						

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 0 cm, kedalaman Pondasi 3 cm

Lapisan	1	2	3	4	5	6	7
Berat Cawan	5.8	5.6	6.2	6	4.8	6	5.8
Berat Tanah Basah	39.6	41.2	41.8	41.2	43.2	40.4	41.8
Berat Tanah Kering	36	37.2	38	37.4	38.6	36.6	37.8
Kadar Air (%)	11.9205	12.6582	11.9497	12.1019	13.6095	12.4183	12.5
Kadar Air rata-rata (%)	12.4511603						

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 0 cm, kedalaman Pondasi 6 cm

Lapisan	1	2	3	4	5	6	7
Berat Cawan	5.4	5.8	6.2	6	4.8	6	5.8
Berat Tanah Basah	41.8	41.8	42.2	43	41.6	43.2	43.8
Berat Tanah Kering	38.2	38.2	38.4	38.8	37.6	39	39.2
Kadar Air (%)	10.9756	11.1111	11.8012	12.8049	12.1951	12.7273	13.7725
Kadar Air rata-rata (%)	12.20						

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 0 cm, kedalaman Pondasi 9 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	40.4	40.6	41.4	43.4	42.2	40.6	42.2
Berat Tanah Kering	36.8	37	37.6	39	38	36.2	38
Kadar Air (%)	11.0429	11.0429	11.9497	13.253	12.963	13.75	13.0435
Kadar Air rata-rata (%)	12.44						

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 6 cm, kedalaman Pondasi 3 cm

Lapisan	1	2	3	4	5	6	7
Berat Cawan	5.8	5.6	6.2	6	4.8	6	5.8
Berat Tanah Basah	42	41.6	42.6	41.2	41.6	42.4	43.2
Berat Tanah Kering	38	37.6	38.8	37.6	37.4	38.2	38.8
Kadar Air (%)	12.4224	12.5	11.6564	11.3924	12.8834	13.0435	13.3333
Kadar Air rata-rata (%)	12.46						

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 6 cm, kedalaman Pondasi 6 cm

Lapisan	1	2	3	4	5	6	7
Berat Cawan	5.8	5.6	6.2	6	4.8	6	5.8
Berat Tanah Basah	41.8	41.4	42.4	41.6	41.6	42.8	42.4
Berat Tanah Kering	38.2	38	38.6	37.6	37.6	38.4	37.6
Kadar Air (%)	11.1111	10.4938	11.7284	12.6582	12.1951	13.5802	15.0943
Kadar Air rata-rata (%)	12.41						

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 6 cm, kedalaman Pondasi 9 cm

Lapisan	1	2	3	4	5	6	7
Berat Cawan	5.8	5.6	6	5.8	4.8	6	5.8
Berat Tanah Basah	41.8	40.6	41.6	42	40	41.6	43.2
Berat Tanah Kering	38	37.2	38	38	36.4	38	38.6
Kadar Air (%)	11.8012	10.7595	11.25	12.4224	11.3924	11.25	14.0244
Kadar Air rata-rata (%)	11.84						

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 9 cm, kedalaman Pondasi 0 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	39.8	39.8	40.6	42.2	41.2	39.8	42.8
Berat Tanah Kering	36.4	36.2	37	38	37.4	36	38.6
Kadar Air (%)	10.559	11.3208	11.5385	13.0435	11.9497	11.9497	12.8049
Kadar Air rata-rata (%)	11.88						

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 9 cm, kedalaman Pondasi 3 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	40.2	40.4	41.8	42.6	42.2	39.8	42.2
Berat Tanah Kering	36.8	36.6	38.6	38.4	38	36.2	38
Kadar Air (%)	10.4294	11.8012	9.7561	12.8834	12.963	11.25	13.0435
Kadar Air rata-rata (%)	11.73						

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 9 cm, kedalaman Pondasi 6 cm

Lapisan	1	2	3	4	5	6	7
Berat Cawan	6	5.8	6.2	6	4.8	6	5.8
Berat Tanah Basah	42	42.6	42.4	43.8	41.4	42.4	42.6
Berat Tanah Kering	38	38.8	38	39.6	37.6	38.4	38.6
Kadar Air (%)	12.5	11.5152	13.8365	12.5	11.5854	12.3457	12.1951
Kadar Air rata-rata (%)	12.35						

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 9 cm, kedalaman Pondasi 9 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	42.2	42.2	43	41	43.2
Berat Tanah Kering	36.6	37	38.2	38	38.6	36.8	38.8
Kadar Air (%)	12.3457	9.81595	12.3457	13.0435	13.3333	12.8834	13.3333
Kadar Air rata-rata (%)	12.44						



Lampiran 10 Data Kepadatan (Density) Tiap Lapisan Dr = 74 %

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 0 cm, Kedalama Pondasi 0 cm

Ring No.		Layer 1		Layer 2		Layer 3		Layer 4		Layer 5		Layer 6		Layer 7	
Mass of wet soil + ring	gram	37.40	37.6	36.2	36.2	36.4	36	36.2	36.2	36	36	36.40	36	36.40	37.6
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	19.20	19.40	18.00	18.00	18.20	17.80	18.00	18.00	17.80	17.80	18.20	17.80	18.20	19.40
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1.564	1.580	1.466	1.466	1.482	1.450	1.466	1.466	1.450	1.450	1.482	1.450	1.482	1.580
Water content	%	9.82	9.82	13.41	13.41	10.76	10.76	12.74	12.74	13.66	13.66	12.27	12.27	13.64	13.64
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1.424	1.439	1.293	1.293	1.338	1.309	1.301	1.301	1.276	1.276	1.320	1.291	1.305	1.391
Average soil unit weight	gr/cm ³	1.488													
Average Dry density of soil	gr/cm ³	1.325													

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 0 cm, Kedalama Pondasi 3 cm

Ring No.		Layer 1		Layer 2		Layer 3		Layer 4		Layer 5		Layer 6		Layer 7	
Mass of wet soil + ring	gram	36	36	36.8	37	36.6	36.6	36.2	35.8	37	37	36.6	36.4	36	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	17.80	17.80	18.60	18.80	18.40	18.40	18.00	17.60	18.80	18.80	18.40	18.20	17.80	18.80
Soil unit weight, γ_t	gr/cm ³	1.450	1.450	1.515	1.531	1.499	1.499	1.466	1.434	1.531	1.531	1.499	1.482	1.450	1.531
Water content	%	11.92	11.92	12.66	12.66	11.95	11.95	11.39	11.39	13.61	13.61	12.42	12.42	12.50	12.50
Dry density of soil, γ_d	gr/cm ³	1.295	1.295	1.345	1.359	1.339	1.339	1.316	1.287	1.348	1.348	1.333	1.319	1.289	1.361
Average soil unit weight	gr/cm ³	1.491													
Average Dry density of soil	gr/cm ³	1.327													

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 0 cm, Kedalama Pondasi 9 cm

Ring No.		Layer 1		Layer 2		Layer 3		Layer 4		Layer 5		Layer 6		Layer 7	
Mass of wet soil + ring	gram	36.8	36.4	36.6	37	36.2	36.2	37.4	36.8	37.6	37.2	36.8	36.6	36.6	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	18.60	18.20	18.40	18.80	18.00	18.00	19.20	18.60	19.40	19.00	18.60	18.40	18.40	18.60
Soil unit weight, γ_t	gr/cm ³	1.515	1.482	1.499	1.531	1.466	1.466	1.564	1.515	1.580	1.548	1.515	1.499	1.499	1.515
Water content	%	11.04	11.04	11.04	11.04	11.95	11.95	13.25	13.25	12.96	12.96	13.75	13.75	13.04	13.04
Dry density of soil, γ_d	gr/cm ³	1.364	1.335	1.350	1.379	1.310	1.310	1.381	1.338	1.399	1.370	1.332	1.318	1.326	1.340
Average soil unit weight	gr/cm ³	1.514													
Average Dry density of soil	gr/cm ³	1.346													

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 3 cm, Kedalama Pondasi 3 cm

Ring No.		Layer 1		Layer 2		Layer 3		Layer 4		Layer 5		Layer 6		Layer 7	
Mass of wet soil + ring	gram	36.8	36	37.2	37.4	36.6	36.2	36.4	36.2	36.2	36.2	36.4	37.4	37.2	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	17.80	19.00	19.20	18.40	18.00	18.20	18.00	18.00	18.00	18.20	19.20	19.00	19.60
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1.515	1.450	1.548	1.564	1.499	1.466	1.482	1.466	1.466	1.466	1.482	1.564	1.548	1.597
Water content	%	12.50	12.50	13.86	13.86	11.25	11.25	11.18	11.18	10.56	10.56	13.77	13.77	13.50	13.50
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1.347	1.289	1.359	1.374	1.347	1.318	1.333	1.319	1.326	1.326	1.303	1.375	1.364	1.407
Average soil unit weight	gr/cm ³	1.508													
Average Dry density of soil	gr/cm ³	1.342													

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 3 cm, Kedalama Pondasi 6 cm

Ring No.		Layer 1		Layer 2		Layer 3		Layer 4		Layer 5		Layer 6		Layer 7	
Mass of wet soil + ring	gram	37	37	36.8	36.2	36.4	36.2	36.8	36.4	36.8	36.4	37.2	36.4	36	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	18.80	18.60	18.00	18.20	18.00	18.60	18.20	18.60	18.20	19.00	18.20	17.80	18.00
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1.531	1.531	1.515	1.466	1.482	1.466	1.515	1.482	1.515	1.482	1.548	1.482	1.450	1.466
Water content	%	12.73	12.73	14.56	14.56	11.95	11.95	11.66	11.66	12.96	12.96	11.52	11.52	11.32	11.32
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1.358	1.358	1.323	1.280	1.324	1.310	1.357	1.328	1.341	1.312	1.388	1.329	1.302	1.317
Average soil unit weight	gr/cm ³	1.495													
Average Dry density of soil	gr/cm ³	1.331													

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 3 cm, Kedalama Pondasi 9 cm

Ring No.		Layer 1		Layer 2		Layer 3		Layer 4		Layer 5		Layer 6		Layer 7	
Mass of wet soil + ring	gram	36.2	36.6	36.8	36.6	36.8	36	36.8	36.6	36.6	36.2	36.2	36.4	36.8	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	18.00	18.40	18.60	18.40	18.60	17.80	18.60	18.40	18.40	18.00	18.00	18.20	18.60	18.20
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1.466	1.499	1.515	1.499	1.515	1.450	1.515	1.499	1.499	1.466	1.466	1.482	1.515	1.482
Water content	%	12.35	12.35	12.73	12.73	11.80	11.80	12.27	12.27	12.50	12.50	12.66	12.66	13.04	13.04
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1.305	1.334	1.344	1.330	1.355	1.297	1.349	1.335	1.332	1.303	1.301	1.316	1.340	1.311
Average soil unit weight	gr/cm ³	1.491													
Average Dry density of soil	gr/cm ³	1.325													

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 6 cm, Kedalaman Pondasi 3 cm

Ring No.		Layer 1		Layer 2		Layer 3		Layer 4		Layer 5		Layer 6		Layer 7	
Mass of wet soil + ring	gram	36.4	36.6	3	36	36.6	36.6	36	36.2	36.2	37.2	36.8	36.4	36.6	37.6
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	18.20	18.40	-15.20	17.80	18.40	18.40	17.80	18.00	18.00	19.00	18.60	18.20	18.40	19.40
Soil unit weight, γ_t	gr/cm ³	1.482	1.499	-1.238	1.450	1.499	1.499	1.450	1.466	1.466	1.548	1.515	1.482	1.499	1.580
Water content	%	12.42	12.42	12.50	12.50	11.66	11.66	11.39	11.39	12.88	12.88	13.04	13.04	13.33	13.33
Dry density of soil, γ_d	gr/cm ³	1.319	1.333	-1.101	1.289	1.342	1.342	1.302	1.316	1.299	1.371	1.340	1.311	1.322	1.394
Average soil unit weight	gr/cm ³	1.300													
Average Dry density of soil	gr/cm ³	1.156													

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 6 cm, Kedalama Pondasi 9 cm

Ring No.		Layer 1		Layer 2		Layer 3		Layer 4		Layer 5		Layer 6		Layer 7	
Mass of wet soil + ring	gram	36.6	36.4	36.2	36.2	36.2	36.4	36.2	36.6	36	36	36	36.4	37	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	18.40	18.20	18.00	18.00	18.00	18.20	18.00	18.40	17.80	17.80	17.80	18.20	18.80	18.80
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1.499	1.482	1.466	1.466	1.466	1.482	1.466	1.499	1.450	1.450	1.450	1.482	1.531	1.531
Water content	%	11.80	11.80	10.76	10.76	11.25	11.25	12.42	12.42	11.39	11.39	11.25	11.25	14.02	14.02
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1.341	1.326	1.324	1.324	1.318	1.333	1.304	1.333	1.302	1.302	1.303	1.333	1.343	1.343
Average soil unit weight	gr/cm ³	1.480													
Average Dry density of soil	gr/cm ³	1.323													

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 9 cm, Kedalama Pondasi 0 cm

Ring No.		Layer 1		Layer 2		Layer 3		Layer 4		Layer 5		Layer 6		Layer 7	
Mass of wet soil + ring	gram	36	36	36.4	35.8	36.2	36	36.4	36.6	36.2	36.2	36.2	36.2	37.2	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	17.80	18.20	17.60	18.00	17.80	18.20	18.40	18.00	18.00	18.00	18.00	19.00	18.40
Soil unit weight, γ_t	gr/cm ³	1.450	1.450	1.482	1.434	1.466	1.450	1.482	1.499	1.466	1.466	1.466	1.466	1.548	1.499
Water content	%	10.56	10.56	11.32	11.32	11.54	11.54	13.04	13.04	11.95	11.95	11.95	11.95	12.80	12.80
Dry density of soil, γ_d	gr/cm ³	1.311	1.311	1.332	1.288	1.315	1.300	1.311	1.326	1.310	1.310	1.310	1.310	1.372	1.329
Average soil unit weight	gr/cm ³	1.473													
Average Dry density of soil	gr/cm ³	1.317													

Jarak Pondasi dari Tepi Lereng 9 cm, Kedalama Pondasi 3 cm

Ring No.		Layer 1		Layer 2		Layer 3		Layer 4		Layer 5		Layer 6		Layer 7	
Mass of wet soil + ring	gram	36.8	36	36.6	36.2	36.4	36.4	37.8	36	36.6	36.6	36.6	36	36.6	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	18.60	17.80	18.40	18.00	18.20	18.20	19.60	17.80	18.40	18.40	18.40	17.80	18.40	18.60
Soil unit weight, gt	gr/cm ³	1.515	1.450	1.499	1.466	1.482	1.482	1.597	1.450	1.499	1.499	1.499	1.450	1.499	1.515
Water content	%	10.43	10.43	11.80	11.80	9.76	9.76	12.88	12.88	12.96	12.96	11.25	11.25	13.04	13.04
Dry density of soil, g d	gr/cm ³	1.372	1.313	1.341	1.311	1.351	1.351	1.414	1.284	1.327	1.327	1.347	1.303	1.326	1.340
Average soil unit weight	gr/cm ³	1.493													
Average Dry density of soil	gr/cm ³	1.336													

No.		Layer 1		Layer 2		Layer 3		Layer 4		Layer 5		Layer 6		Layer	
g	gram	36.6	36	36.2	37	36	37	37	37.4	36.2	37.2	36.6	36.4	36.6	
	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	1
	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	
	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	
	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	1
	gram	18.40	17.80	18.00	18.80	17.80	18.80	18.80	19.20	18.00	19.00	18.40	18.20	18.40	1
	gr/cm ³	1.499	1.450	1.466	1.531	1.450	1.531	1.531	1.564	1.466	1.548	1.499	1.482	1.499	1
	%	12.50	12.50	11.52	11.52	13.84	13.84	13.84	13.84	11.59	11.59	12.35	12.35	12.20	12
d	gr/cm ³	1.332	1.289	1.315	1.373	1.274	1.345	1.345	1.374	1.314	1.387	1.334	1.320	1.336	1
ght	gr/cm ³	1.503													
of soil	gr/cm ³	1.336													

Lereng 9 cm, Kedalaman Pondasi 6 cm															
No.		Layer 1		Layer 2		Layer 3		Layer 4		Layer 5		Layer 6		Layer 7	
g	gram	36.6	36	36.2	37	36	37	37	37.4	36.2	37.2	36.6	36.4	36.6	36.6
	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
	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
	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
	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
	gram	18.40	17.80	18.00	18.80	17.80	18.80	18.80	19.20	18.00	19.00	18.40	18.20	18.40	18.40
	gr/cm ³	1.499	1.450	1.466	1.531	1.450	1.531	1.531	1.564	1.466	1.548	1.499	1.482	1.499	1.499
	%	12.50	12.50	11.52	11.52	13.84	13.84	13.84	13.84	11.59	11.59	12.35	12.35	12.20	12.20
d	gr/cm ³	1.332	1.289	1.315	1.373	1.274	1.345	1.345	1.374	1.314	1.387	1.334	1.320	1.336	1.336
ght	gr/cm ³	1.503													
of soil	gr/cm ³	1.336													

Lereng 9 cm, Kedalaman Pondasi 6 cm															
No.		Layer 1		Layer 2		Layer 3		Layer 4		Layer 5		Layer 6		Layer 7	
g	gram	36.6	36	36.2	37	36	37	37	37.4	36.2	37.2	36.6	36.4	36.6	36.6
	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
	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
	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
	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
	gram	18.40	17.80	18.00	18.80	17.80	18.80	18.80	19.20	18.00	19.00	18.40	18.20	18.40	18.40
	gr/cm ³	1.499	1.450	1.466	1.531	1.450	1.531	1.531	1.564	1.466	1.548	1.499	1.482	1.499	1.499
	%	12.50	12.50	11.52	11.52	13.84	13.84	13.84	13.84	11.59	11.59	12.35	12.35	12.20	12.20
d	gr/cm ³	1.332	1.289	1.315	1.373	1.274	1.345	1.345	1.374	1.314	1.387	1.334	1.320	1.336	1.336
ght	gr/cm ³	1.503													
of soil	gr/cm ³	1.336													

Lereng 9 cm, Kedalaman Pondasi 9 cm