

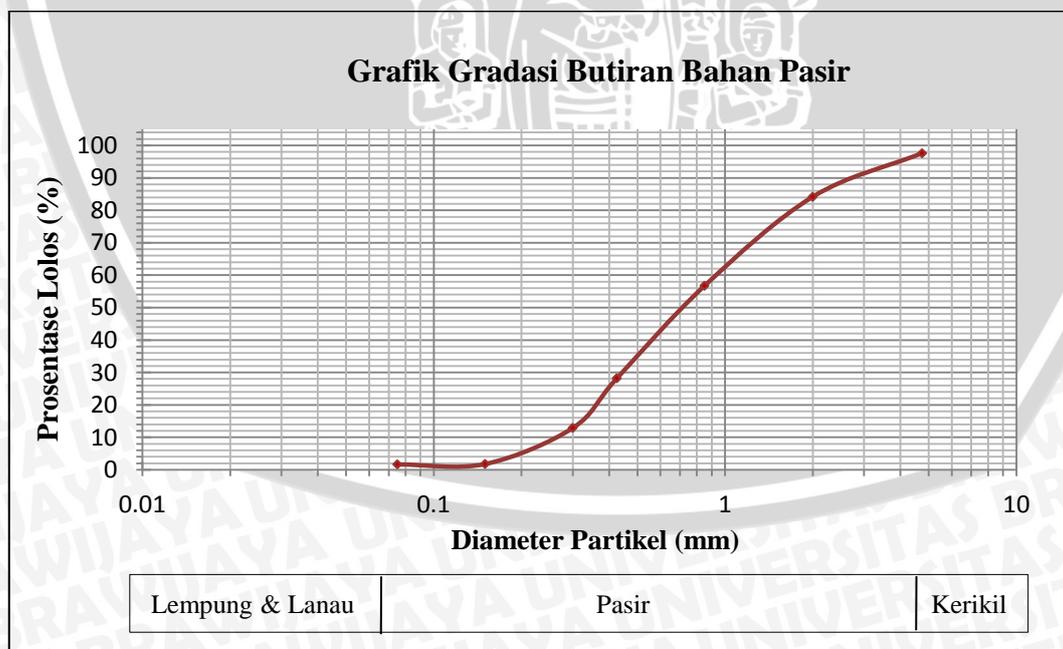
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Bahan

Dalam pemodelan fisik lereng pasir pada pengujian ini, digunakan tanah pasir lepas padat yang diperoleh dari pinggiran aliran sungai di daerah Lumajang, Jawa Timur. Sedangkan bahan yang digunakan sebagai pondasi menerus adalah terbuat dari bahan yang kaku (*rigid*) yaitu balok kayu yang keras dan kemudian dilapisi oleh baja dengan tebal ± 2 cm.

4.1.1 Analisis Saringan

Analisis saringan merupakan analisa yang berdasarkan pada pengujian analisa saringan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dan agregat halus pada tanah yang digunakan dengan menggunakan saringan berstandar ASTM. Pengujian ini menganalisa jumlah tanah yang tertahan dan yang lolos pada nomor saringan tertentu, dan pada penelitian ini didapatkan hasil data tanah yang lolos pada saringan no. 200 adalah sebesar 1,165 %. Berdasarkan klasifikasi tanah dengan menggunakan sistem *Unified*, jika persentase tanah yang lolos saringan no. 200 kurang dari 5 % maka tanah digolongkan sebagai tanah berbutir kasar jenis **SP** (*Poorly Graded Sand*). Berikut sajian data yang diperoleh dari analisa saringan pada **Gambar 4.1** :



Gambar 4. 1 Grafik pembagian ukuran butiran tanah

4.1.2 Analisis Pemeriksaan Berat Jenis (*Spesifik Gravity*)

Dalam setiap kali percobaan dalam ilmu *geoteknik* sangat diperlukan data-data dari tanah yang digunakan, salah satunya dengan melakukan pengujian pemeriksaan berat jenis tanah. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis tanah yang mempunyai butiran lolos saringan No. 4 dengan menggunakan labu ukur (*picnometer*).

Setelah data – data yang diperlukan untuk melakukan pemeriksaan berat jenis tanah didapatkan, maka data tersebut dimasukkan kedalam persamaan berikut :

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

dimana :

G_s : berat jenis tanah

GT : berat jenis air

W_s : berat tanah kering

W_1 : berat labu ukur + air + tanah

W_2 : berat labu ukur + air

Dari pengujian yang dilakukan di laboratorium didapatkan nilai berat jenis tanah sebesar 2,689 seperti yang disajikan pada **Tabel 4.1** berikut ini :

Tabel 4.1 Data berat jenis tanah

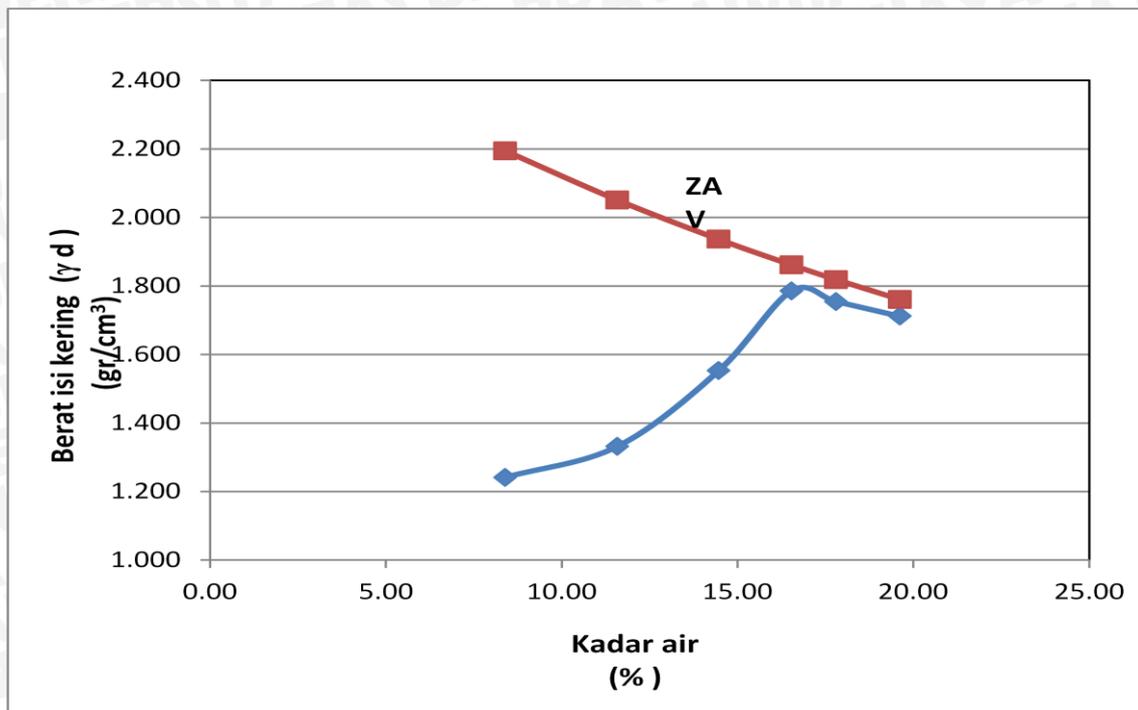
Labu ukur	A	B
Berat jenis	2,669	2,709
Berat jenis rata-rata	2,689	

Sumber : Hasil analisis, 2011

4.1.3 Analisis Pemeriksaan Kepadatan Tanah (*Compaction*)

A. Kepadatan Tanah Standar *Proctor Test*

Analisis pemeriksaan kepadatan tanah pada penelitian ini menggunakan pengujian kepadatan standar dengan tujuan untuk menentukan korelasi antara kadar air dengan kepadatan tanah standar dengan cara memadatkan tanah di dalam *mould* yang berdiameter 102 mm (4 inchi) dengan menggunakan *proctor* sebesar 4,54 kg (10 lbs) dan dengan tinggi jatuh 45,7 cm (18 inchi). Dalam percobaan ini didapatkan nilai berat isi kering (γ_{lab}) sebesar 1,8 gr/cm³ dengan kadar air optimum sebesar 18%. Data yang diperoleh dari pengujian dilaboratorium ini disajikan pada **Gambar 4.2** berikut :



Gambar 4.2 Grafik pematatan

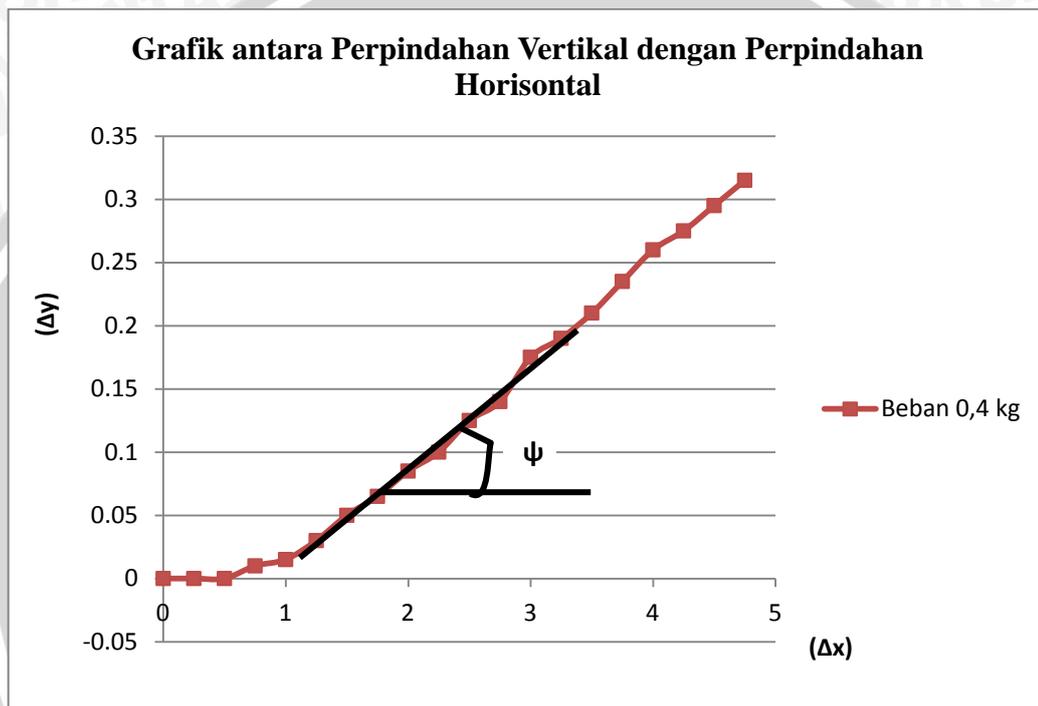
B. Kepadatan Tanah Model Test

Pada percobaan kepadatan tanah dengan *model test* digunakan *sand cone* yang digunakan untuk menghasilkan nilai berat isi kering (γ_{lap}). Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan besarnya nilai kepadatan relatif tanah pada pengujian dengan cara membandingkan berat isi kering yang didapatkan dari *sand cone* (γ_{lap}) dengan berat isi kering yang diperoleh dengan pematatan standar (γ_{lab}). Dari perbandingan nilai tersebut didapatkan hasil berat isi kering sebesar $1,32 \text{ gr/cm}^3$ yang diperoleh dari kepadatan relatif (D_r) sebesar 74 %.

4.1.4 Analisis Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*)

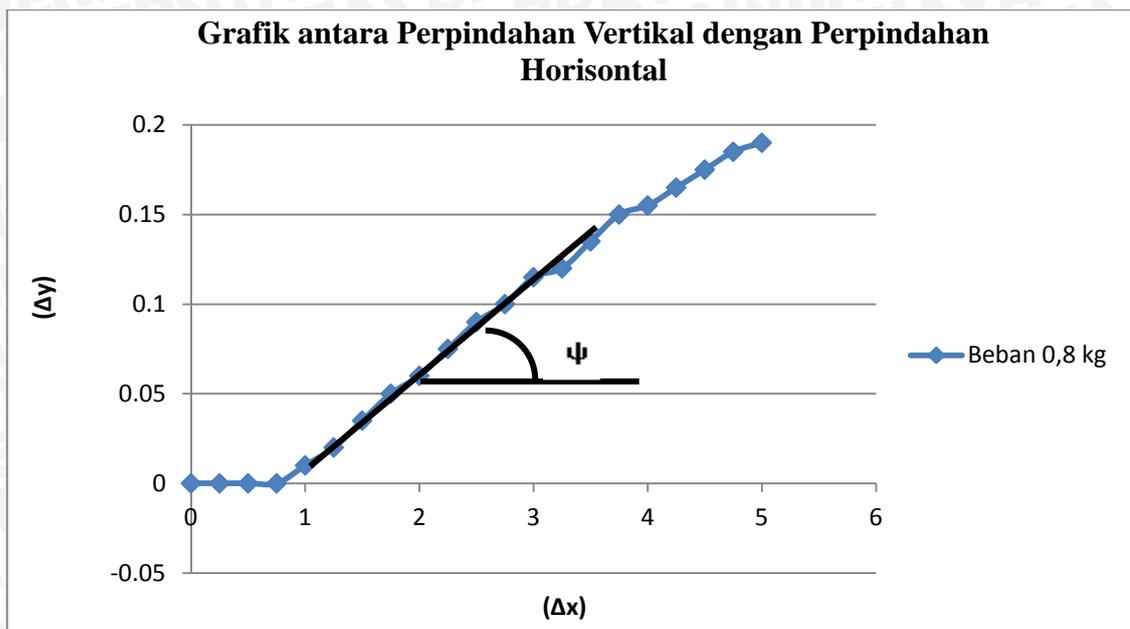
Pengujian geser langsung merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai parameter dari tanah yang digunakan dalam penelitian. Parameter yang akan dihasilkan dari pengujian ini adalah nilai kohesi tanah (c), nilai sudut geser dalam (ϕ), dan nilai sudut dilatasi (ψ). Nilai kohesi dan sudut geser tanah diperoleh melalui grafik hubungan antara tegangan geser maksimum (τ) dengan tegangan normal (σ). Titik – titik yang telah diperoleh dihubungkan sehingga membentuk garis lurus yang memotong sumbu vertikal pada nilai kohesi (c) dan memotong sumbu datar dengan membentuk sebuah sudut yang merupakan sudut geser dalam tanah (ϕ) sesuai dengan persamaan $\tau = \sigma \tan \phi$.

Sedangkan sudut dilatasi merupakan derajat perubahan volume yang didapatkan dari grafik hubungan antara perpindahan vertikal (Δy) dengan perpindahan geser (Δx). Dari grafik tersebut ditentukan garis yang linier, dan sudut dilatasi didapatkan dari nilai arc tangent dari perbandingan $(\Delta y)/(\Delta x)$. Pada penelitian ini dilakukan tiga kali percobaan dengan sampel tanah dari lapisan tanah yang berbeda (lapisan 3, 5, 7). Sebagai contoh, hasil pengujian *direct shear* di tiga lapisan pada **Gambar 4.3**, **Gambar 4.4**, **Gambar 4.5**, **Gambar 4.6**, dan **Gambar 4.7** berikut :



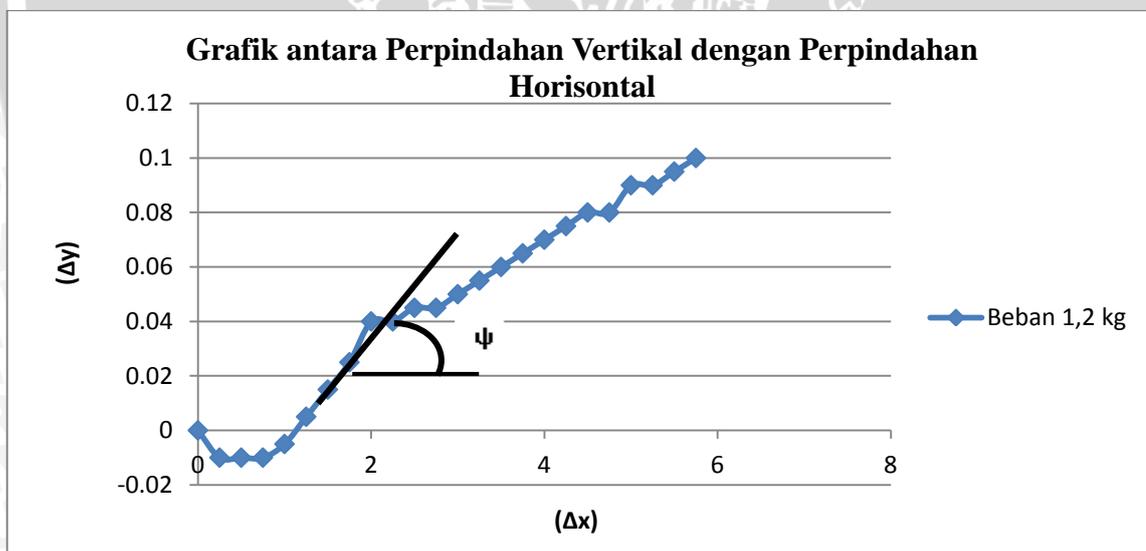
Gambar 4.3 Grafik hubungan perpindahan vertical dengan perpindahan datar lapisan 3 pada beban 0,4 kg

Dari grafik tersebut didapatkan sudut dilatasi (ψ) sebesar 4° .



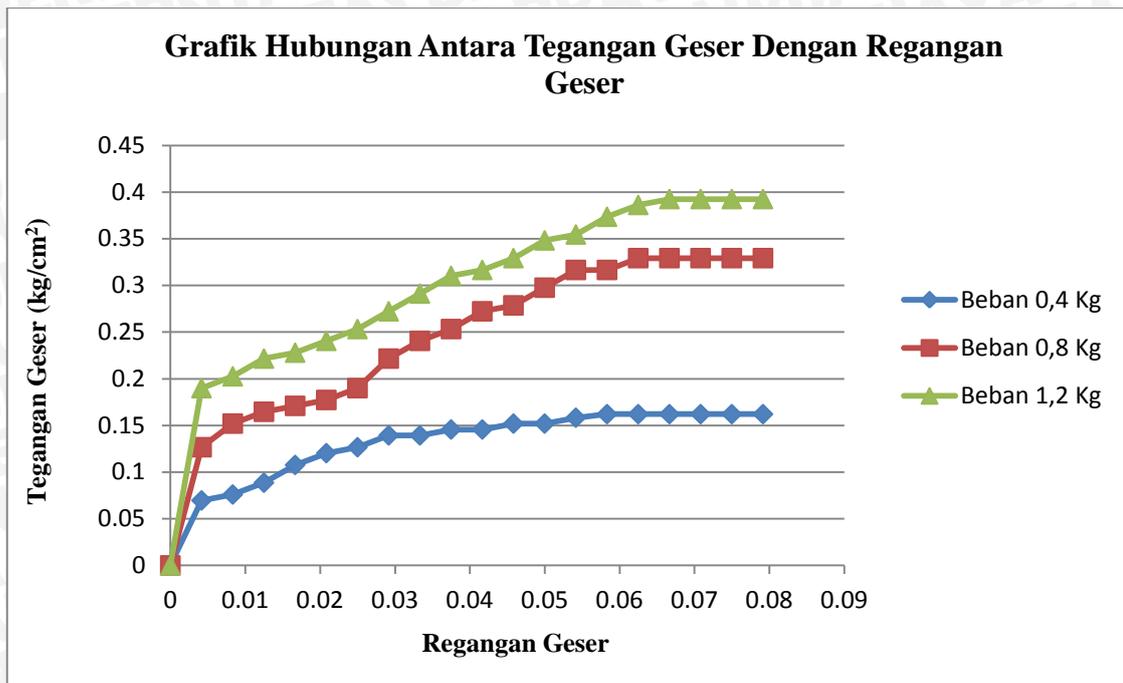
Gambar 4. 4 Grafik hubungan perpindahan vertical dengan perpindahan datar lapisan 3 pada beban 0,8 kg

Dari grafik di atas diperoleh nilai sudut dilantasi (ψ) sebesar $3,43^\circ$.

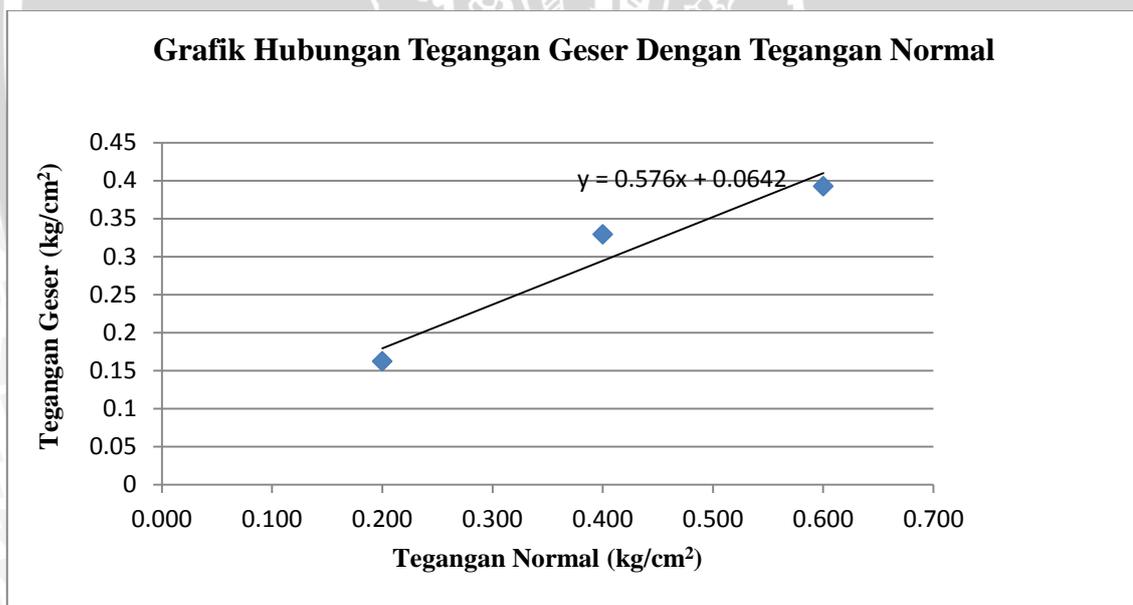


Gambar 4. 5 Grafik hubungan perpindahan vertical dengan perpindahan datar Lapisan 3 pada beban 1,2 kg

Dari grafik di atas diperoleh nilai sudut dilantasi (ψ) sebesar $2,29^\circ$.



Gambar 4.6 Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser pada lapisan 3



Gambar 4.7 Grafik hubungan tegangan geser dengan tegangan normal pada lapisan 3

Dari grafik dan persamaan di atas diperoleh nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar $29,94^\circ$.

Untuk hasil selengkapnya dari percobaan *direct shear* dapat dilihat pada **Lampiran 4**. Nilai – nilai sudut dilatasi dan sudut geser dalam yang diperoleh dari pengujian disajikan pada **Tabel 4.2** dan **Tabel 4.3** berikut :

Tabel 4. 2 Nilai-nilai sudut dilatasi

Kepadatan Relatif (Dr)	Lapisan	Beban (kg)	Sudut Dilatasi (Ψ)	Ψ Rata-Rata
74%	3	0,4	4,00°	3,20°
		0,8	3,43°	
		1,2	2,29°	
	5	0,4	4,95°	
		0,8	3,43°	
		1,2	2,29°	
	7	0,4	3,81°	
		0,8	2,29°	
		1,2	1,15°	

Sumber : Hasil Analisis, 2011

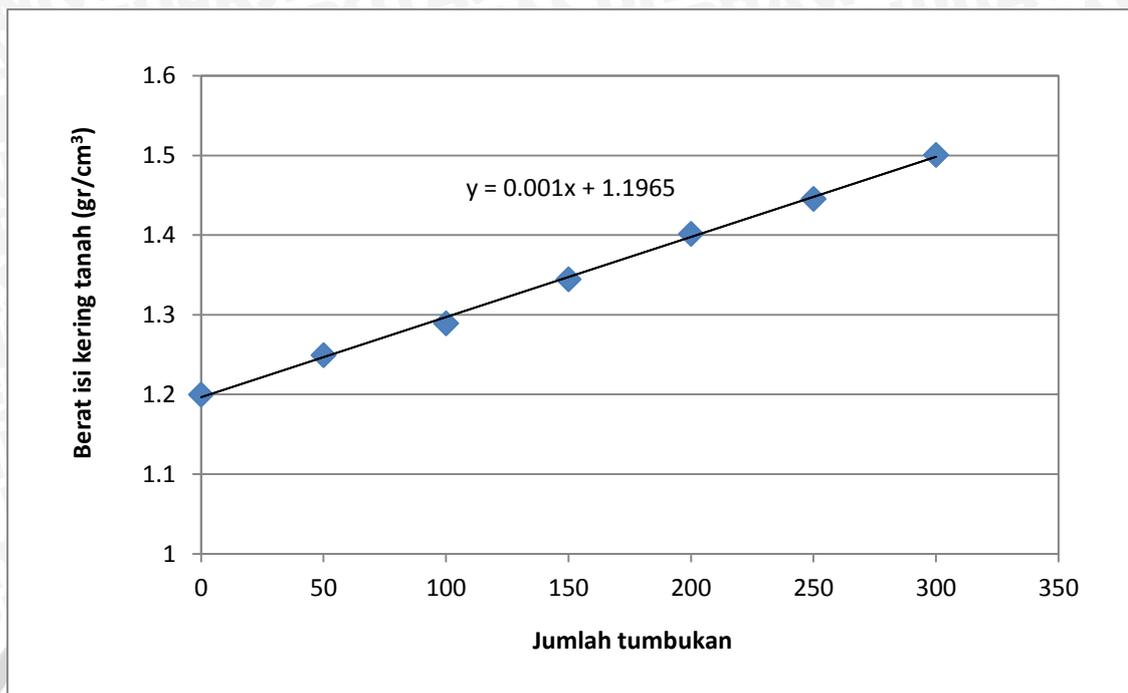
Tabel 4. 3 Nilai-nilai Sudut Geser Dalam

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 pengujian ini menggunakan pemodelan lereng pasir dengan menggunakan box berukuran 100 cm x 100 cm x 70 cm dimana terdapat tujuh lapisan pasir dengan tinggi masing-masing lapisan adalah sebesar 10 cm. Proses pembuatan lereng dilakukan dengan memasukkan pasir kedalam box per lapisan, dimana setiap lapisan dipadatkan dengan menggunakan *proctor* untuk mendapatkan kepadatan yang diinginkan. Sebelum dilakukannya pengujian perlu untuk dilakukan *trial error* untuk mengetahui jumlah tumbukan yang akan diberikan pada lapisan tanah sesuai dengan nilai kepadatan relatif yang diinginkan. Berikut hasil *trial error* yang terdapat dalam **Gambar 4.8** dan selengkapnya terdapat dalam **Lampiran 5**.

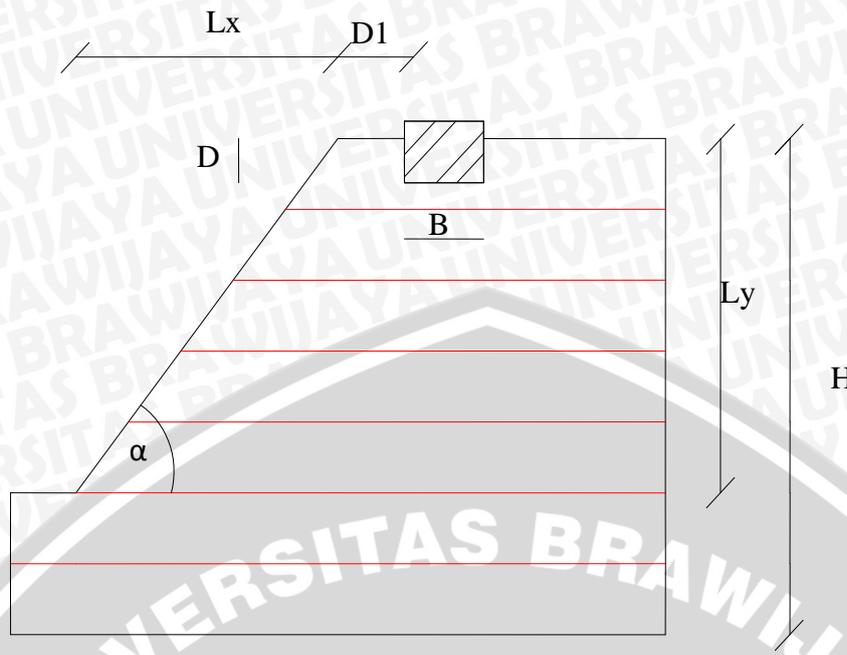


Gambar 4.8 Grafik hubungan antara berat isi kering dengan jumlah tumbukan untuk Dr 74 %

Dari percobaan *trial error* yang dilakukan dan berdasarkan grafik di atas, didapatkan jumlah tumbukan per lapisan tanah untuk kepadatan relatif tanah (Dr) 74% adalah sejumlah 150 kali tumbukan untuk setiap lapisannya.

Langkah selanjutnya setelah tanah dipadatkan perlayer, maka dilakukan pengambilan sampel *density ring* yang berfungsi untuk mengontrol lepadatan dan kadar air untuk setiap lapis tanah. Proses pemadatan dan pengambilan sampel *density ring* dilakukan hingga lapis ke tujuh, setelah itu baru menempatkan pondasi sesuai variable benda uji dan kemudian dibentuk sudut kemiringan lereng dengan variasi kemiringan yang ada yaitu 45°, 48°, 51°, 54°. Setelah pondasi ditempatkan sesuai variasi yang ada dan kemiringan lereng selesai dibentuk, barulah lereng ini siap untuk di uji hingga lereng mengalami keruntuhan dan sudah tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan.

Dalam penelitian ini telah ditetapkan simbol-simbol yang digunakan untuk penyebutan variable yang digunakan. Di dalam penelitian ini lebar pondasi disimbolkan dengan B, Jarak pondasi dari puncak lereng disimbolkan dengan D_1 , kedalaman penanaman pondasi disimbolkan dengan D, dan sudut kemiringan lereng disimbolkan dengan α . Selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.



Gambar 4.9 Penempatan simbol

4.3 Hasil Pengujian

Agar mempermudah dalam pekerjaan dan perhitungan variable maka dalam penelitian ini digunakan rasio perbandingan variable bebas terhadap variable tetap yang ada, yaitu variable besar jarak pondasi ke puncak lereng (D_1) terhadap lebar pondasi menerus yang digunakan ($B = 10$ cm). Besarnya rasio untuk tiap variasi jarak pondasi ke puncak lereng dapat dilihat pada **Tabel 4.5** berikut :

Tabel 4.4 Rasio variasi jarak pondasi ke tepi lereng terhadap lebar pondasi

Jarak Pondasi (D_1) (cm)	Lebar Pondasi (B) (cm)	D_1/B
0	10	0
3	10	0.3
6	10	0.6
9	10	0.9

Sumber : Hasil Analisis, 2011

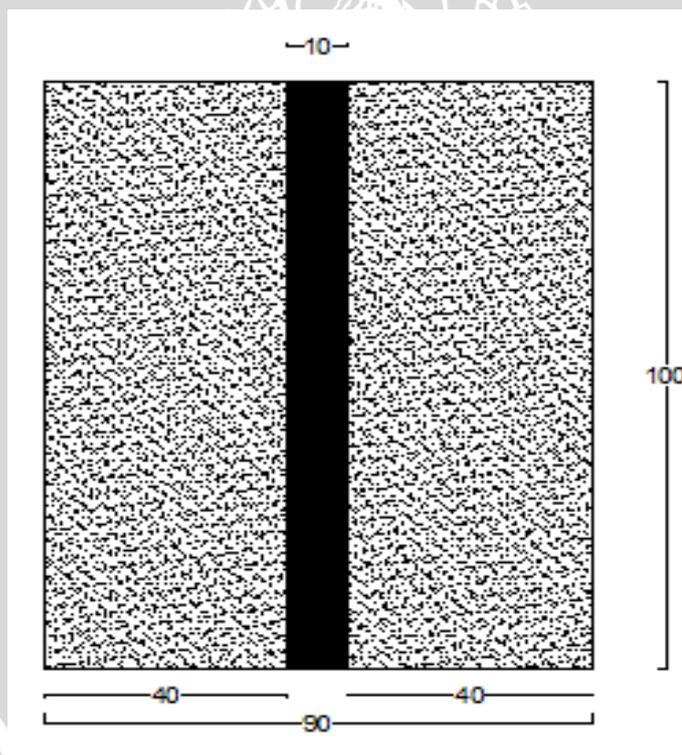
Tabel 4.5 Rasio variasi kemiringan lereng terhadap tinggi lereng

Kemiringan Lereng (α)	Lx	Ly	Lx/L
45°	50	50	1.000
48°	45.045	50	0.901
51°	40.49	50	0.810
54°	36.34	50	0.727

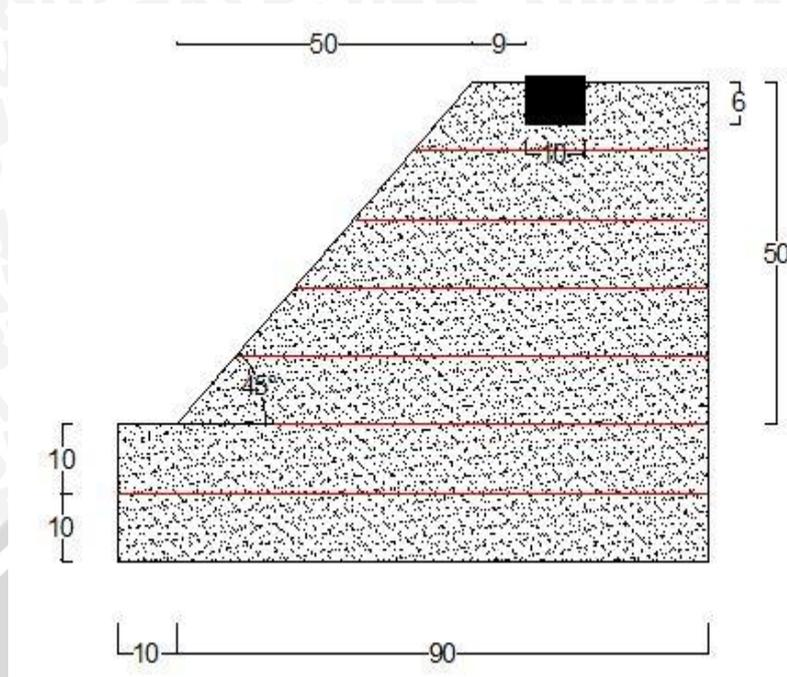
Sumber : Hasil Analisis, 2011

4.3.1 Uji Pembebanan Tanah Permukaan Datar

Dalamn penelitian ini dilakukan percobaan dalam dua tipe kondisi, yaitu pada kondisi lereng tanpa perkuatan yang diberikan variasi kemiringan dan lokasi pondasi serta kondisi pemodelan dengan permukaan datar. Berikut disajikan gambar ke dua kondisi model pengujian yang akan di uji terdapat dalam **Gambar 4.10** dan **Gambar 4.11** :



Gambar 4.10 Model pengujian tanah permukaan datar



Gambar 4. 11 Contoh model pengujian lereng

Didalam uji pembebanan akan menghasilkan nilai dari besarnya beban (Q_u) maksimum yang mampu ditahan oleh pondasi pada permukaan datar, yaitu sebesar $93,878 \text{ kN/m}^2$. Untuk mendapatkan nilai beban maksimum yang dapat ditahan oleh pondasi, maka dilakukan prosedur uji pembebanan di laboratorium yaitu dengan menaruhkan *load cell* yang ditempatkan di tengah pondasi, dan dihubungkan dengan pompa *hydraulic* yang berfungsi untuk mentransfer beban ke pondasi. Beban diberikan secara bertahap dan konstan, dan nilai dari beban maksimum didapatkan jika pada saat pompa *hydraulic* di pompa, beban yang terbaca pada *load digital* berubah menjadi turun dengan drastis dari beban terakhir yang dibaca. Besarnya beban maksimum yang dapat dipikul oleh pondasi pada tanah dengan permukaan datar disajikan pada **Tabel 4.7** berikut ini :

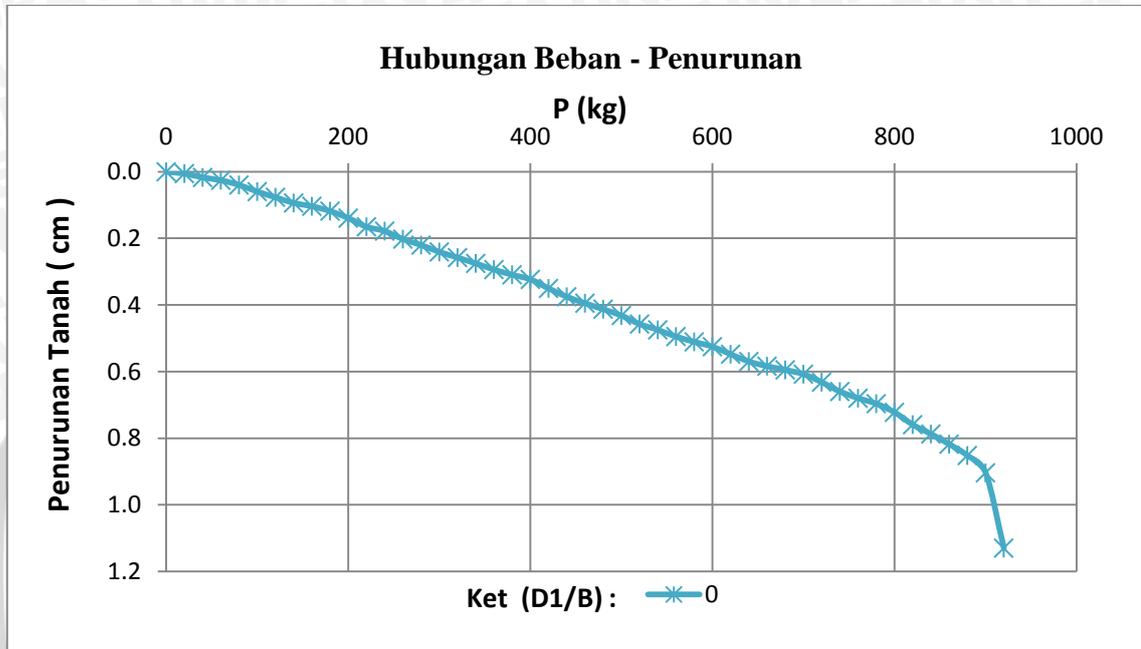
Tabel 4. 6 Beban maksimum dan penurunan pada tanah permukaan datar

P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kN/m ²)	P (kg)	Pembacaan akhir (mm)	Qu (kN/m ²)
0	0.000	0.00	500	4.315	51.02
20	0.055	2.04	520	4.570	53.06
40	0.170	4.08	540	4.745	55.10
60	0.255	6.12	560	4.945	57.14
80	0.395	8.16	580	5.105	59.18
100	0.595	10.20	600	5.250	61.22
120	0.765	12.24	620	5.475	63.27
140	0.935	14.29	640	5.695	65.31
160	1.035	16.33	660	5.835	67.35
180	1.180	18.37	680	5.945	69.39
200	1.390	20.41	700	6.075	71.43
220	1.650	22.45	720	6.315	73.47
240	1.780	24.49	740	6.595	75.51
260	2.020	26.53	760	6.795	77.55
280	2.200	28.57	780	6.960	79.59
300	2.405	30.61	800	7.220	81.63
320	2.575	32.65	820	7.590	83.67
340	2.750	34.69	840	7.870	85.71
360	2.935	36.73	860	8.175	87.76
380	3.090	38.78	880	8.515	89.80
400	3.230	40.82	900	9.035	91.84
420	3.500	42.86	920	11.295	93.878
440	3.750	44.90			
460	3.945	46.94			
480	4.125	48.98			

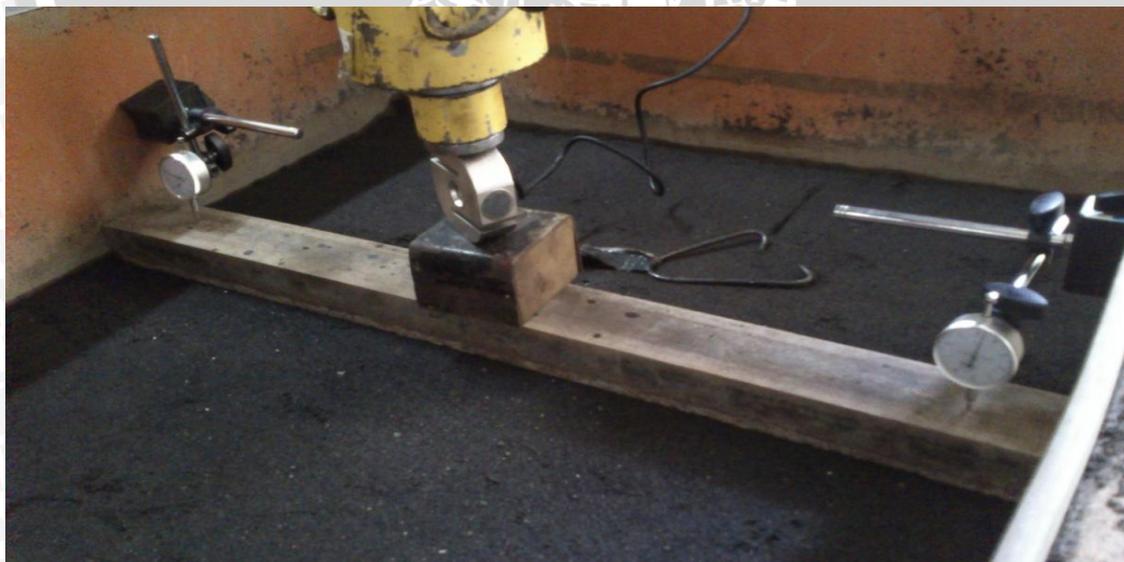
Sumber : Analisis 2013

Pada penelitian yang dilakukan didapatkan besarnya beban maksimum yang didapatkan dari pemodelan tanah dengan permukaan datar adalah sebesar 1,5 dari nilai beban maksimum yang didapatkan dari variasi sudut dan jarak pondasi terbesar dari varian yang ada yaitu lereng dengan kemiringan 45⁰ dan jarak pondasi ke tepi lereng 9 cm, beban maksimum yang mampu dipikul adalah sebesar 69,388 kN/m². Pada penelitian di laboratorium pada saat model mendapatkan beban maksimum maka akan terjadi perubahan pada tanah baik perubahan searah sumbu x (vertikal) maupun searah sumbu y (horizontal). Namun pada pembebanan model tanah datar, garis keruntuhan

tidak kelihatan dari samping, yang terlihat adalah perubahan permukaan yang semakin naik katas dan menekan dinding pembatas dari tanah itu sendiri. Berikut disajikan grafik hubungan antara Beban dan penurunan pada tanah dengan permukaan datar pada **Gambar 4.12** dan bentuk uji pembebanan tanah datar disajikan dalam **Gambar 4.13** berikut ini :



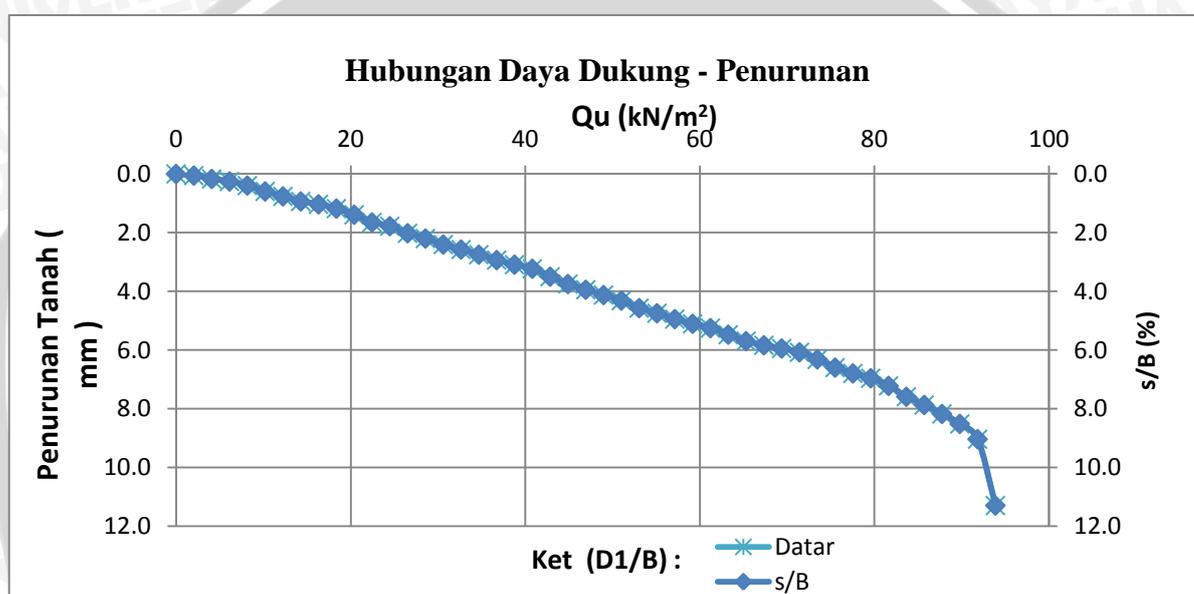
Gambar 4. 12 Grafik hubungan antara beban dengan penurunan pada tanah dengan permukaan datar



Gambar 4. 13 Uji pembebanan tanah datar

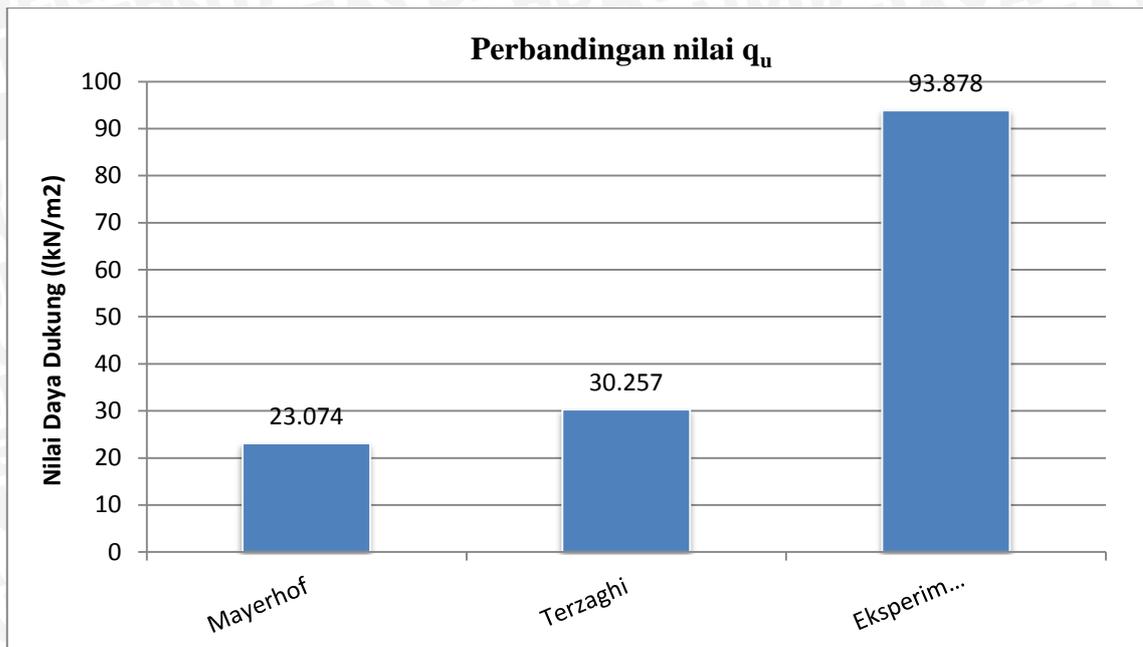
4.3.2 Analisis Daya Dukung Tanah Permukaan Datar

Analisis daya dukung tanah pada permukaan datar dilakukan dengan dua metode yaitu dengan menggunakan metode analitik dan eksperimental. Didalam perhitungan daya dukung antar dua metode ini merupakan perbedaan satu dan lainnya, salah satunya hasil dari daya dukung maksimum (q_u maks) yang dihasilkan dari metode eksperimental, nilai (q_u maks) jauh lebih besar dari metode lainnya. Berikut disajikan grafik hubungan daya dukung dengan penurunan yang terjadi pada tanah datar dari kedua metode tersebut terdapat pada **Gambar 4.14** dan **Gambar 4.15** berikut ini :



Gambar 4. 14 Grafik hubungan daya dukung dan penurunan dengan metode eksperimental

Dari grafik di atas, dapat terlihat bahwa untuk daya dukung pondasi pada tanah dengan permukaan datar pada pemodelan di laboratorium dapat disimpulkan bahwa semakin besar daya dukung, maka semakin besar nilai penurunan dan persentase rasio perbandingan penurunan dan lebar pondasi (s/B). Dari penjelasan grafik diatas, dengan menggunakan metode garis singgung didapatkan nilai daya dukung optimum dari pondasi pada permukaan tanah datar adalah sebesar $71,429 \text{ kN/m}^2$.



Gambar 4. 15 Grafik perbandingan nilai daya dukung antara eksperimental dan analitik

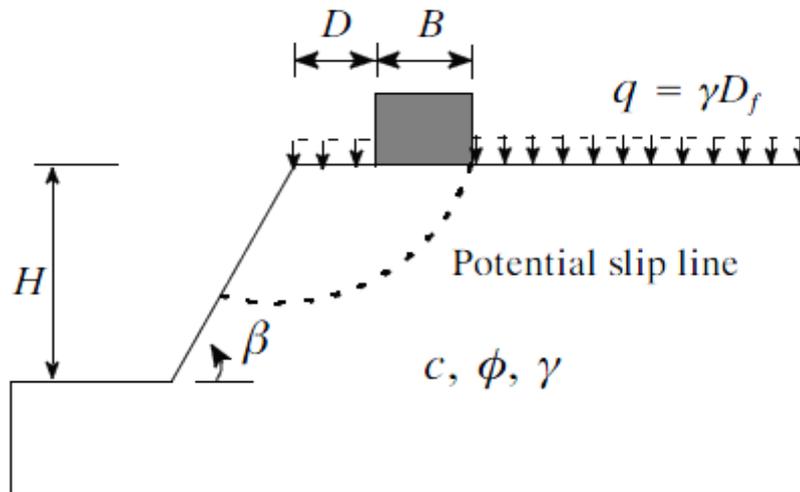
4.4 Analisa Daya Dukung Lereng Tanpa Perkuatan

4.4.1 Analitik

Seperti yang telah dibahas pada pembahasan sebelumnya, perhitungan nilai daya dukung pada lereng dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, yaitu melalui eksperimental pemodelan lereng, metode numeric dengan menggunakan *software*, serta menggunakan metode analitik dengan menggunakan rumus-rumus tentang daya dukung lereng yang telah ditemukan oleh pakar-pakar dan para peneliti sebelumnya.

Di dalam perhitungan daya dukung dengan menggunakan metode analitik pada bagian ini menggunakan metode yang telah ditemukan sebelumnya yaitu metode Hansen (1970). Hal ini disebabkan nilai daya dukung yang dihasilkan oleh Hansen lebih rasional untuk kasus daya dukung pada lereng akibat pengaruh sudut kemiringan lereng serta lokasi penempatan pondasi.

Jika dibandingkan dengan metoda lainnya, seperti misalnya Terzaghi maupun Mayerhof, nilai daya dukung yang dihasilkan dari persamaan Hansen lebih rasional, 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 seperti yang terdapat dalam **Gambar 4.16** berikut :



Gambar 4. 16 Faktor –faktor 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. Hal yang sama juga terjadi dalam kasus yang dibahas dalam tugas akhir ini. Dimana, disebabkan adanya pengaruh kemiringan lereng dan variasi penempatan pondasi maka terjadi reduksi terhadap nilai daya dukung yang terjadi.

Hasil dari perhitungan nilai daya dukung dengan menggunakan metode analitik pada variasi jarak pondasi ke tepi lereng terhadap sudut kemiringan lereng disajikan pada **Tabel 4.8** dan untuk data lebih lengkap terdapat pada **Lampiran 7**.

Tabel 4. 7 Nilai daya dukung secara analitik pada lereng

D_1/B	q_u (kN/m ²)			
	45 ^o	48 ^o	51 ^o	54 ^o
0	1,463	2,943	4,423	5,904
0,3	0,814	2,343	3,872	5,401
0,6	0,383	1,944	3,506	5,067
0,9	0,138	1,718	3,297	4,877

Sumber : Hasil Analisis, 2013

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa akibat adanya faktor sudut kemiringan lereng serta rasio jarak pondasi ke tepi lereng terhadap lebar pondasi, menyebabkan nilai daya dukung semakin tereduksi, dan ini dapat dinilai rasional.

4.4.2 Eksperimen

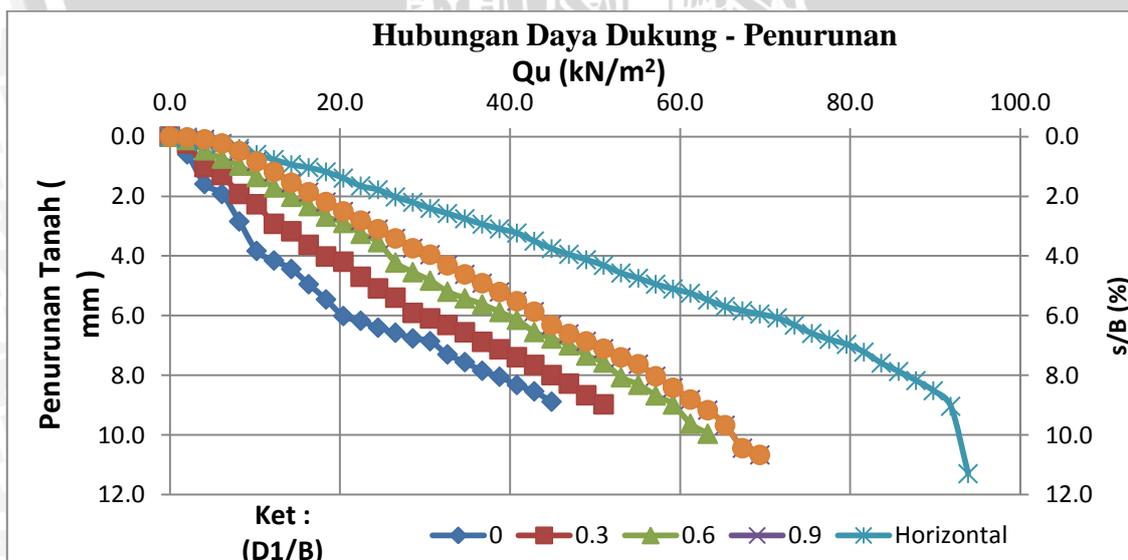
a. Variasi Jarak Pondasi Ke Tepi Lereng Terhadap Kemiringan Lereng 45°

Berdasarkan nilai beban maksimum yang didapatkan dari pengujian pembebanan pada lereng di laboratorium, maka didapatkan nilai daya dukung pada setiap variasi jarak pondasi ke tepi lereng pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4. 8 Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen α 45°

D1/B	Beban P (kg)	qu (kN/m ²)
0	440	44.898
0,3	500	51.020
0,6	620	63.265
0,9	680	69.388

Setelah mendapatkan nilai daya dukung tanah, pada saat pengujian penurunan tanah juga dapat dihitung dengan menggunakan *dial gauge* yang di letakkan di sisi kiri dan kanan lereng, *dial gauge* berfungsi untuk membaca penurunan yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan secara terus menerus. Nilai daya dukung dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng disajikan dalam **Gambar 4.17** berikut ini :



Gambar 4. 17 Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada lereng berdasarkan hasil eksperimen

Dari grafik diatas, diketahui hubungan antara daya dukung terhadap penurunan yang terjadi akibat adanya pembebanan secara terus menerus, hingga menyebabkan terjadi nya keruntuhan pada saat daya dukung maksimum tercapai. Berikut ini disajikan tabel penurunan yang terjadi saat daya dukung maksimum tercapai.

Tabel 4. 9 Penurunan yang terjadi akibat daya dukung maksimum

D1/B	q_u (kN/m ²)	Penurunan (mm)
0	44.898	8.880
0,3	51.020	8.970
0,6	63.265	9.955
0,9	69.388	10.665

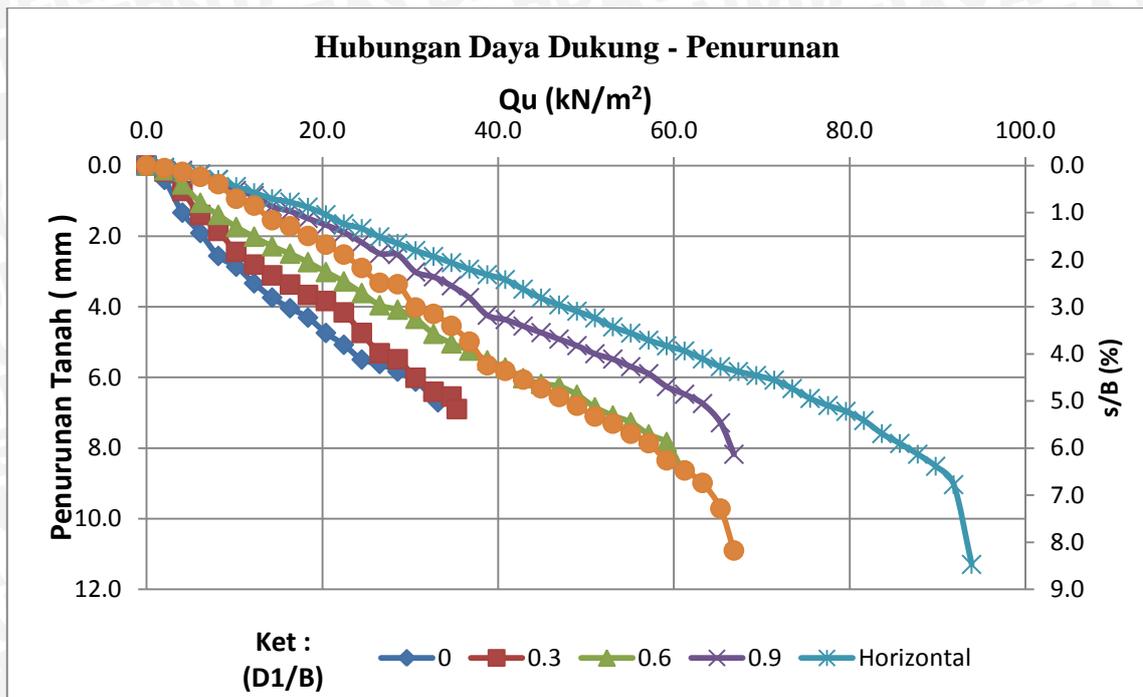
b. Variasi Jarak Pondasi Ke Tepi Lereng Terhadap Kemiringan Lereng 48°

Berdasarkan nilai beban maksimum yang didapatkan dari pengujian pembebanan pada lereng di laboratorium, maka didapatkan nilai daya dukung pada setiap variasi jarak pondasi ke tepi lereng pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10 Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen

D1/B	Beban P (kg)	q_u (kN/m ²)
0	325	33.163
0,3	346	35.306
0,6	585	59.694
0,9	655	66.837

Setelah mendapatkan nilai daya dukung tanah, pada saat pengujian penurunan tanah juga dapat dihitung dengan menggunakan *dial gauge* yang di letakkan di sisi kiri dan kanan lereng, *dial gauge* berfungsi untuk membaca penurunan yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan secara terus menerus. Nilai daya dukung dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng disajikan dalam **Gambar 4.17** berikut ini :



Gambar 4.18 Grafik Hubungan antara Daya Dukung dengan Penurunan dan Rasio Penurunan pada Lereng Berdasarkan Hasil Eksperimen

Dari grafik diatas, diketahui hubungan antara daya dukung terhadap penurunan yang terjadi akibat adanya pembebanan secara terus menerus, hingga menyebabkan terjadi nya keruntuhan pada saat daya dukung maksimum tercapai. Berikut ini disajikan tabel penurunan yang terjadi saat daya dukung maksimum tercapai.

Tabel 4. 10 Penurunan yang terjadi akibat daya dukung maksimum

D1/B	qu (kN/m ²)	Penurunan (mm)
0	33.163	6.705
0,3	35.306	6.895
0,6	59.694	8.150
0,9	66.837	8.175

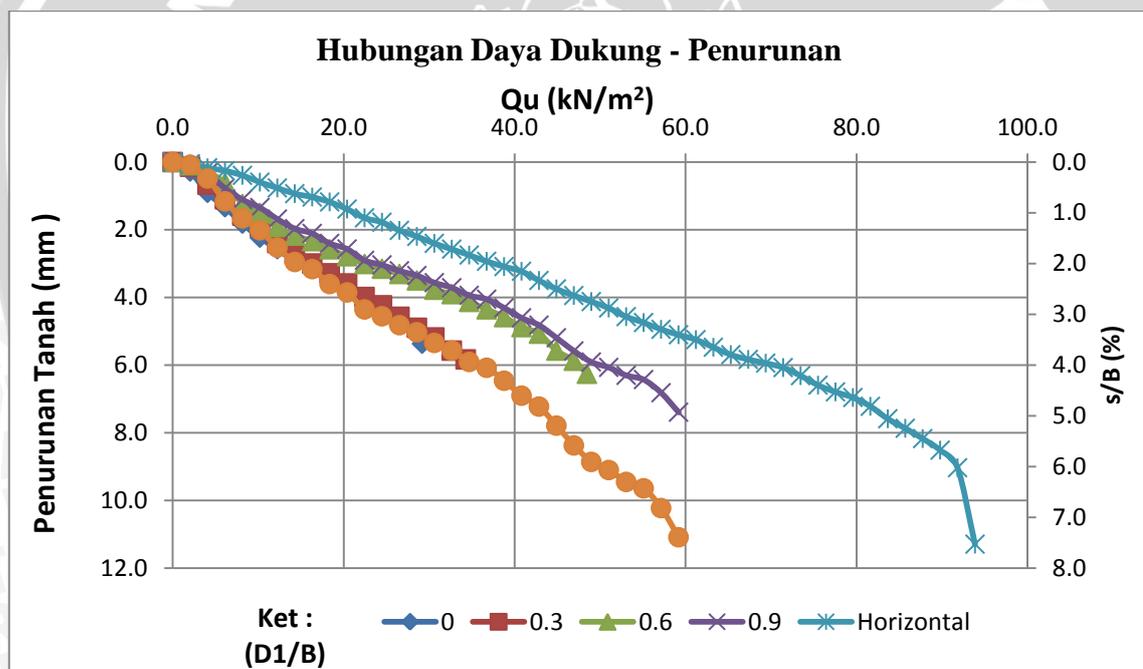
c. Variasi Jarak Pondasi Ke Tepi Lereng Terhadap Kemiringan Lereng 51°

Berdasarkan nilai beban maksimum yang didapatkan dari pengujian pembebanan pada lereng di laboratorium, maka didapatkan nilai daya dukung pada setiap variasi jarak pondasi ke tepi lereng pada **Tabel 4.12**.

Tabel 4. 11 Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen

D1/B	Beban P (kg)	q_u (kN/m ²)
0	286	29.184
0,3	336	34.286
0,6	475	48.469
0,9	580	59.184

Setelah mendapatkan nilai daya dukung tanah, pada saat pengujian penurunan tanah juga dapat dihitung dengan menggunakan *dial gauge* yang di letakkan di sisi kiri dan kanan lereng, *dial gauge* berfungsi untuk membaca penurunan yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan secara terus menerus. Nilai daya dukung dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng disajikan dalam **Gambar 4.18** berikut ini :

**Gambar 4. 19** Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada lereng berdasarkan hasil eksperimen

Dari grafik diatas, diketahui hubungan antara daya dukung terhadap penurunan yang terjadi akibat adanya pembebanan secara terus menerus, hingga menyebabkan terjadi nya keruntuhan pada saat daya dukung maksimum tercapai. Berikut ini disajikan tabel penurunan yang terjadi saat daya dukung maksimum tercapai.

Tabel 4. 12 Penurunan yang terjadi akibat daya dukung maksimum

D1/B	q_u (kN/m ²)	Penurunan (mm)
0	29.184	5.370
0,3	34.286	5.835
0,6	48.469	6.260
0,9	59.184	7.395

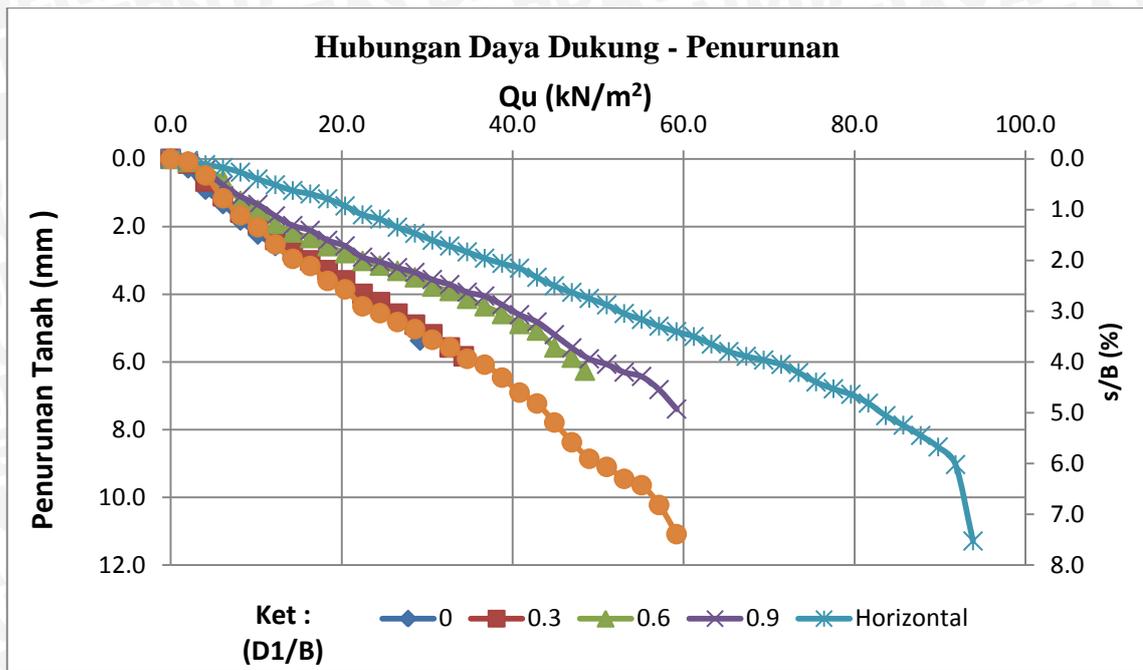
d. Variasi Jarak Pondasi Ke Tepi Lereng Terhadap Kemiringan Lereng 54°

Berdasarkan nilai beban maksimum yang didapatkan dari pengujian pembebanan pada lereng di laboratorium, maka didapatkan nilai daya dukung pada setiap variasi jarak pondasi ke tepi lereng pada **Tabel 4.15**.

Tabel 4. 13 Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen

D1/B	Beban P (kg)	q_u (kN/m ²)
0	286	29.184
0,3	336	34.286
0,6	475	48.469
0,9	580	59.184

Setelah mendapatkan nilai daya dukung tanah, pada saat pengujian penurunan tanah juga dapat dihitung dengan menggunakan *dial gauge* yang di letakkan di sisi kiri dan kanan lereng, *dial gauge* berfungsi untuk membaca penurunan yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan secara terus menerus. Nilai daya dukung dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng disajikan dalam **Gambar 4.19** berikut ini :



Gambar 4. 20 Grafik hubungan antara daya dukung dengan penurunan dan rasio penurunan pada lereng berdasarkan hasil eksperimen

Dari grafik diatas, diketahui hubungan antara daya dukung terhadap penurunan yang terjadi akibat adanya pembebanan secara terus menerus, hingga menyebabkan terjadi nya keruntuhan pada saat daya dukung maksimum tercapai. Berikut ini disajikan tabel penurunan yang terjadi saat daya dukung maksimum tercapai.

Tabel 4. 14 Penurunan yang terjadi akibat daya dukung maksimum

D1/B	qu (kN/m ²)	Penurunan (mm)
0	18.367	3.150
0,3	33.265	5.355
0,6	34.694	5.690
0,9	40.816	6.470

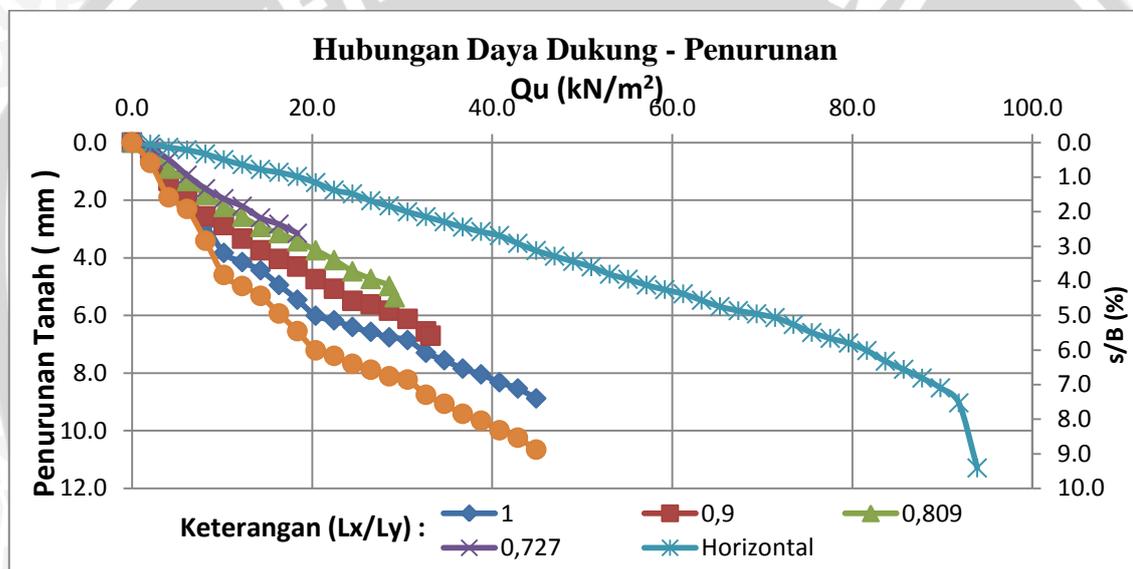
e. Variasi Kemiringan Lereng Terhadap Jarak Pondasi Ke Tepi Lereng 0 cm

Berdasarkan nilai beban maksimum yang didapatkan dari pengujian pembebanan pada lereng di laboratorium, maka didapatkan nilai daya dukung pada setiap variasi jarak pondasi ke tepi lereng pada **Tabel 4.16** berikut ini :

Tabel 4. 15 Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen

α°	P (kg)	q_u (kN/m ²)
45°	440	44.898
48°	325	33.163
51°	286	29.184
54°	180	18.367

Setelah mendapatkan nilai daya dukung tanah, pada saat pengujian penurunan tanah juga dapat dihitung dengan menggunakan *dial gauge* yang di letakkan di sisi kiri dan kanan lereng, *dial gauge* berfungsi untuk membaca penurunan yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan secara terus menerus. Nilai daya dukung dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng disajikan dalam **Gambar 4.20** berikut ini :

**Gambar 4. 21** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan

Dari grafik diatas, diketahui hubungan antara daya dukung terhadap penurunan yang terjadi akibat adanya pembebanan secara terus menerus, hingga menyebabkan terjadinya keruntuhan pada saat daya dukung maksimum tercapai. Berikut ini disajikan tabel penurunan yang terjadi saat daya dukung maksimum tercapai.

Tabel 4. 16 Penurunan yang terjadi akibat daya dukung maksimum

α°	q_u (kN/m ²)	Penurunan (mm)
45°	44.898	8.880
48°	33.163	6.705
51°	29.184	5.370
54°	18.367	3.150

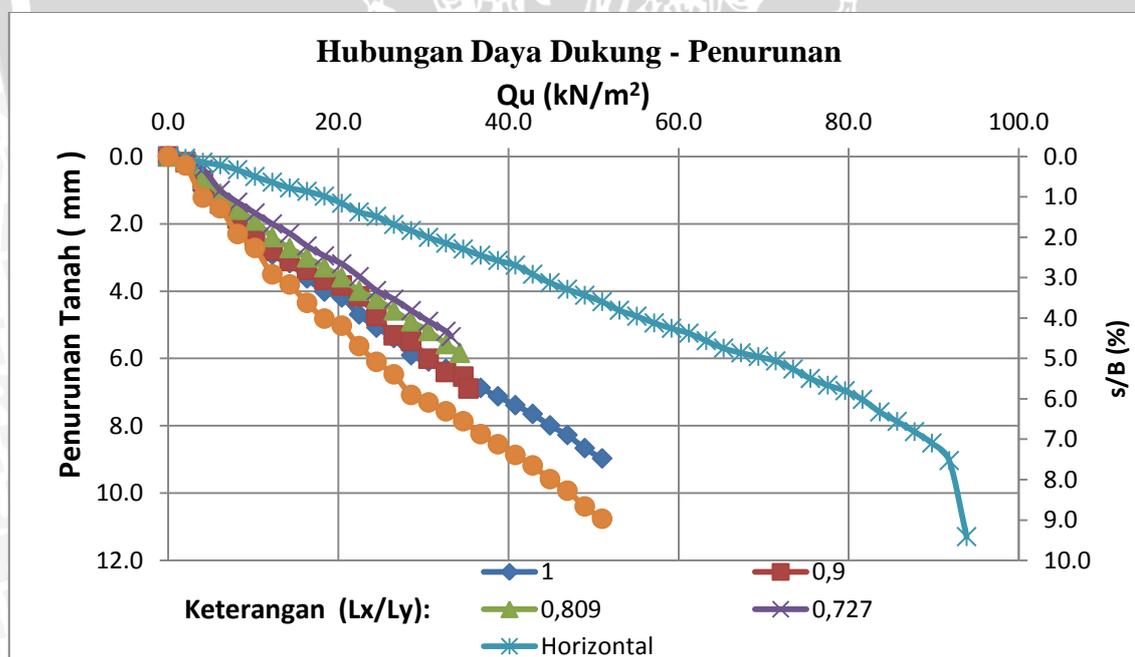
f. Variasi Kemiringan Lereng Terhadap Jarak Pondasi Ke Tepi Lereng 3 cm

Berdasarkan nilai beban maksimum yang didapatkan dari pengujian pembebanan pada lereng di laboratorium, maka didapatkan nilai daya dukung pada setiap variasi jarak pondasi ke tepi lereng pada **Tabel 4.17** berikut ini :

Tabel 4. 17 Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen

α°	P (kg)	q_u (kN/m ²)
45°	500	51.020
48°	346	35.306
51°	336	34.286
54°	326	33.265

Setelah mendapatkan nilai daya dukung tanah, pada saat pengujian penurunan tanah juga dapat dihitung dengan menggunakan *dial gauge* yang di letakkan di sisi kiri dan kanan lereng, *dial gauge* berfungsi untuk membaca penurunan yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan secara terus menerus. Nilai daya dukung dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng disajikan dalam **Gambar 4.21** berikut ini :



Gambar 4. 22 Grafik hubungan daya dukung dan penurunan

Dari grafik diatas, diketahui hubungan antara daya dukung terhadap penurunan yang terjadi akibat adanya pembebanan secara terus menerus, hingga menyebabkan

terjadi nya keruntuhan pada saat daya dukung maksimum tercapai. Berikut ini disajikan tabel penurunan yang terjadi saat daya dukung maksimum tercapai.

Tabel 4. 18 Penurunan yang terjadi akibat daya dukung maksimum

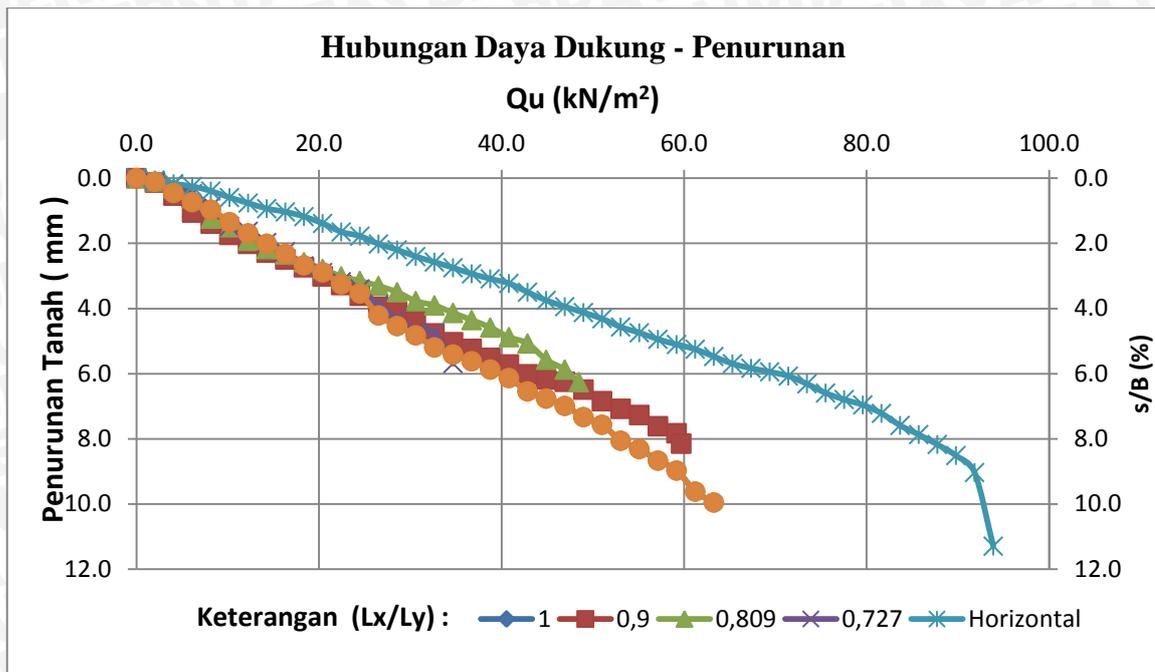
α°	q_u (kN/m ²)	Penurunan (mm)
45°	51.020	8.970
48°	35.306	6.895
51°	34.286	5.835
54°	33.265	5.355

- g. Variasi Kemiringan Lereng Terhadap Jarak Pondasi Ke Tepi Lereng 6 cm**
Berdasarkan nilai beban maksimum yang didapatkan dari pengujian pembebanan pada lereng di laboratorium, maka didapatkan nilai daya dukung pada setiap variasi jarak pondasi ke tepi lereng pada **Tabel 4.20** berikut ini :

Tabel 4. 19 Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen

α°	P (kg)	q_u (kN/m ²)
45°	620	63.265
48°	585	59.694
51°	475	48.469
54°	340	34.694

Setelah mendapatkan nilai daya dukung tanah, pada saat pengujian penurunan tanah juga dapat dihitung dengan menggunakan *dial gauge* yang di letakkan di sisi kiri dan kanan lereng, *dial gauge* berfungsi untuk membaca penurunan yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan secara terus menerus. Nilai daya dukung dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng disajikan dalam **Gambar 4.22** berikut ini :



Gambar 4. 23 Grafik hubungan daya dukung dan penurunan

Dari grafik diatas, diketahui hubungan antara daya dukung terhadap penurunan yang terjadi akibat adanya pembebanan secara terus menerus, hingga menyebabkan terjadi nya keruntuhan pada saat daya dukung maksimum tercapai. Berikut ini disajikan tabel penurunan yang terjadi saat daya dukung maksimum tercapai.

Tabel 4. 20 Penurunan yang etrjadi akibat daya dukung maksimum

α°	q_u (kN/m ²)	Penurunan (mm)
45°	63.265	9.955
48°	59.694	8.150
51°	48.469	6.260
54°	34.694	5.690

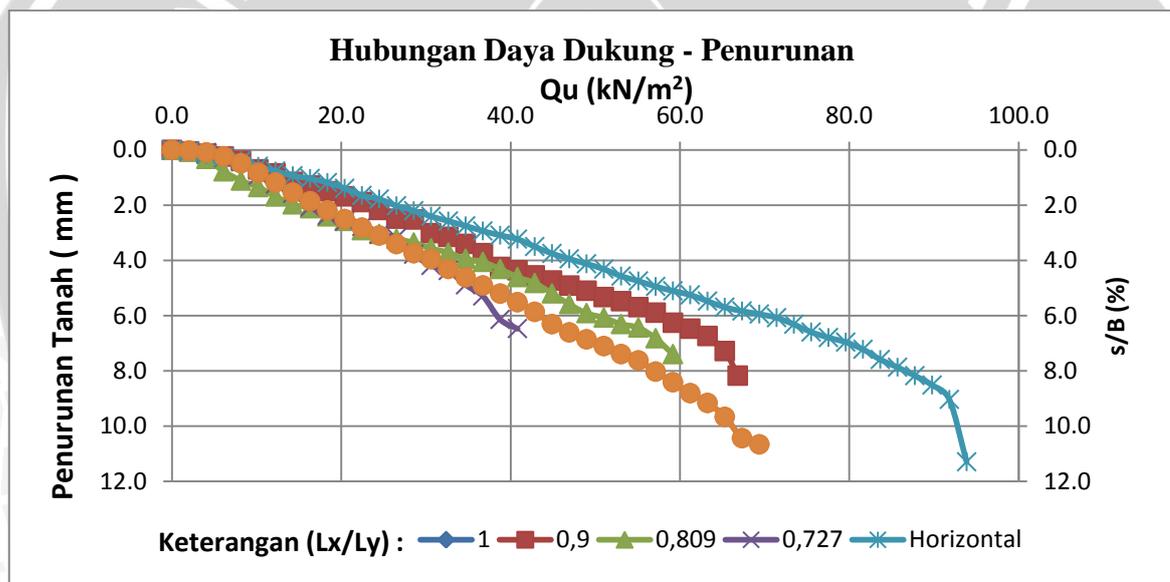
h. Variasi Kemiringan Lereng Terhadap Jarak Pondasi Ke Tepi Lereng 9 cm

Berdasarkan nilai beban maksimum yang didapatkan dari pengujian pembebanan pada lereng di laboratorium, maka didapatkan nilai daya dukung pada setiap variasi jarak pondasi ke tepi lereng pada **Tabel 4.22** berikut ini :

Tabel 4. 22 Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen

α°	P (kg)	q_u (kN/m ²)
45°	680	69.388
48°	655	66.837
51°	580	59.184
54°	400	40.816

Setelah mendapatkan nilai daya dukung tanah, pada saat pengujian penurunan tanah juga dapat dihitung dengan menggunakan *dial gauge* yang di letakkan di sisi kiri dan kanan lereng, *dial gauge* berfungsi untuk membaca penurunan yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan secara terus menerus. Nilai daya dukung dengan variasi jarak pondasi ke tepi lereng disajikan dalam **Gambar 4.23** berikut ini :

**Gambar 4. 24** Hubungan daya dukung dengan penurunan

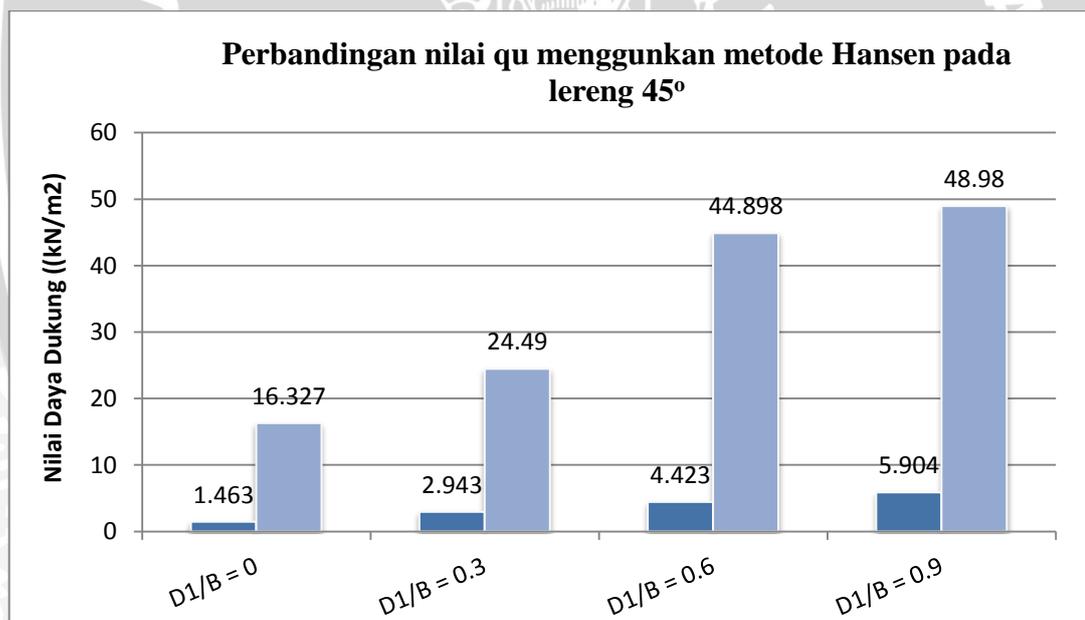
Dari grafik diatas, diketahui hubungan antara daya dukung terhadap penurunan yang terjadi akibat adanya pembebanan secara terus menerus, hingga menyebabkan terjadi nya keruntuhan pada saat daya dukung maksimum tercapai. Berikut ini disajikan tabel penurunan yang terjadi saat daya dukung maksimum tercapai.

Tabel 4. 21 Penurunan yang etrjadi akibat daya dukung maksimum

α°	q_u (kN/m ²)	Penurunan (mm)
45°	69.388	10.665
48°	66.837	8.175
51°	59.184	7.395
54°	40.816	6.470

i. Perbandingan Nilai daya Dukung Optimum Analitik dan Eksperimental

Nilai dari daya dukung yang didapatkan dari hasil eksperimental adalah nilai daya dukung maksimum (q_{maks}) sehingga apabila dibandingkan dengan nilai daya dukung menggunakan metode analitis maka harus dicari nilai daya dukung optimum nya dengan menggunakan metode 2 garis singgung. Sehingga didapat kan nilai perbandingan seperti yang terdapat pada grafik berikut ini untuk salah satu variasi kemiringan lereng.

**Gambar 4. 25** Perbandingan nilai daya dukung secara analitik dan eksperimental

4.5 Parameter Lereng Tanpa Perkuatan

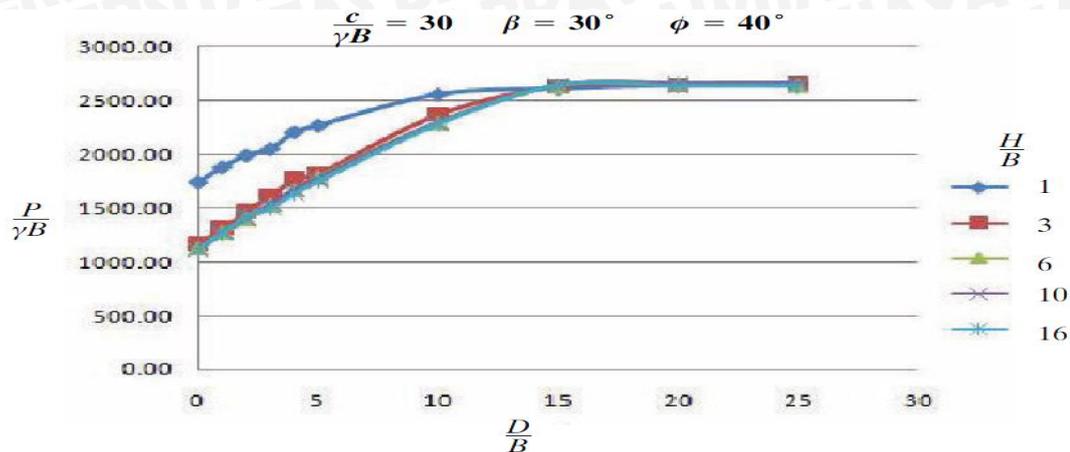
Dari percobaan yang telah dilakukan di lab terhadap 16 variabel yang ada, dengan memberikan variasi sudut dan rasio jarak pondasi ke tepi lereng terhadap lebar pondasi (D_1/B) dapat dilihat pada analisa perhitungan eksperimen di laboratorium bahwa kedua varian tersebut sangat mempengaruhi daya dukung dari sebuah lereng tanpa perkuatan. Masing – masing variasi kemiringan sudut yang diberikan memberikan faktor reduksi yang berbeda juga untuk setiap perhitungan daya dukung.

Hal yang sama juga telah dibuktikan melalui analisa rumus-rumus analitik dari ahli dan peneliti-peneliti sebelumnya, seperti contoh nilai daya dukung dihitung dengan cara analitik menggunakan persamaan yang dirumuskan oleh Shield (1990) dan Kai Wing Ip (2005) untuk setiap kemiringan lereng yang berbeda akan terjadi pengurangan atau faktor reduksi terhadap nilai daya dukung. Tentunya hal ini juga berpengaruh terhadap faktor-faktor daya dukung pada lereng tanpa perkuatan yaitu N_q , N_γ , ϕ .

4.5.1 Rasio Jarak Pondasi ke Tepi Lereng Terhadap Lebar Pondasi

Rasio jarak pondasi ke tepi lereng terhadap lebar dari pondasi yang digunakan merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap nilai daya dukung. Seperti yang dikatakan oleh Brinch Hansen (1970), didalam kasus daya dukung diatas lereng atau didekat lereng, permasalahan bentuk pondasi, perletakan pondasi dan kemiringan merupakan faktor yang memiliki pengaruh besar dalam pereduksian dilai daya dukung.

Hal tersebut bisa dilihat dari hasil uji eksperimental yang dilakukan, dapat terlihat jelas pengaruh dari rasio D_1/B terhadap nilai daya dukung, dimana semakin jauh perletakan pondasi dari puncak lereng maka nilai daya dukung akan semakin bertambah, dan penambahan ini terjadi sebesar $\pm 6,12\%$ antar jarak pondasi ke tepi lereng. Dari angka tersebut tentunya memperlihatkan bahwa rasio penempatan pondasi di atau didekat lereng memiliki pengaruh yang cukup besar dan juga berpengaruh pada bidang geser runtuhnya lereng, sama hal nya dengan analisa yang dibahas oleh Arnold (2008), berikut ini akan terlihat hasil analisa Arnold menggunakan pendekatan numeric dengan memberikan variasi penempatan pondasi :



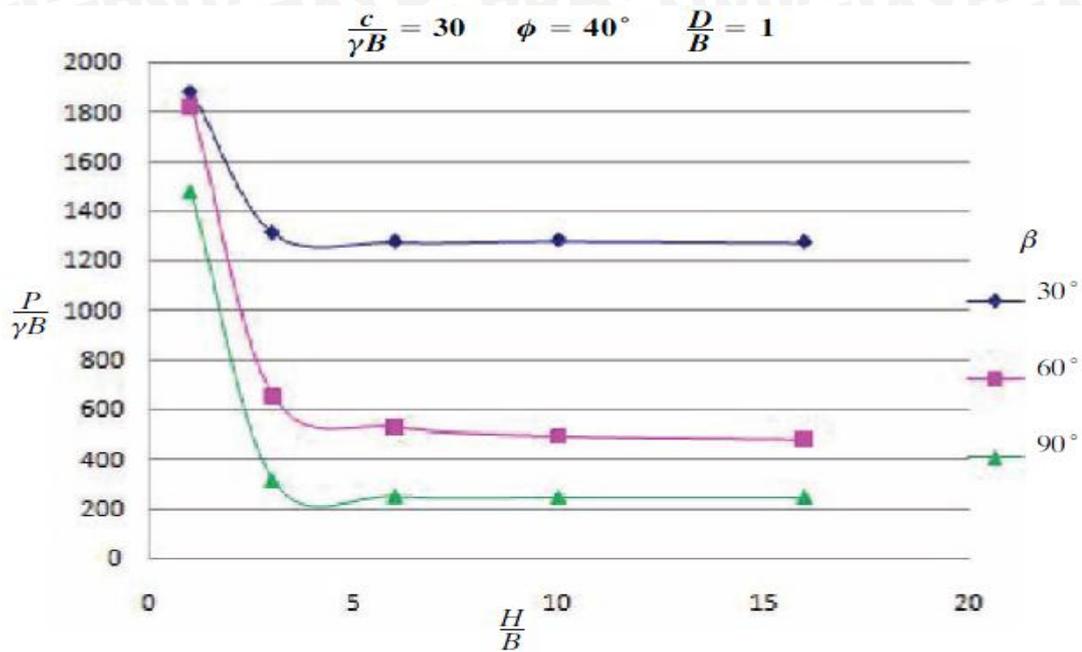
Gambar 4.26 Pengaruh variasi rasio jarak pondasi terhadap daya dukung pada lereng menurut Arnold (2008)

Sumber : Arnold, 2008

4.5.2 Rasio sudut kemiringan Lereng Terhadap Lebar Pondasi

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, untuk *stable slope* akan terjadi pengurangan daya dukung pada lereng dengan kemiringan diatas 25° , ini adalah menurut Kai Wing Ip, didalam kasus *unstable slope* ini pun dapat dijelaskan bahwa semakin besar sudut perbandingan vertikal dan horizontal lereng, maka nilai daya dukung juga akan mengalami reduksi.

Dan berdasarkan hasil penelitian ini, juga didapatkan terjadinya pereduksian nilai daya dukung akibatnya adanya variasi kemiringan lereng yang juga berpengaruh pada kestabilan lereng itu sendiri. Berikut analisa peneliti sebelumnya Arnold 2008, dimana gambar dibawah menjelaskan pengaruh dari variasi sudut terhadap faktor lainnya, dan hal ini juga sejalan dengan hasil dari penelitian yang dilakukan di lab dan berdasarkan hasil dari analisa yang dilakukan.



Gambar 4. 27 Pengaruh variasi rasio jarak pondasi terhadap daya dukung pada lereng menurut Arnold (2008)
 Sumber : Arnold, 2008

Secara keseluruhan, variasi kemiringan lereng dan variasi penempatan pondasi yang juga dipengaruhi oleh faktor kedalaman, tidak hanya terlihat dari perubahan nilai daya dukung nya saja melainkan dari pola keruntuhan yang terjadi yang diketahui dari pemodelan dan pengujian di laboratorium.

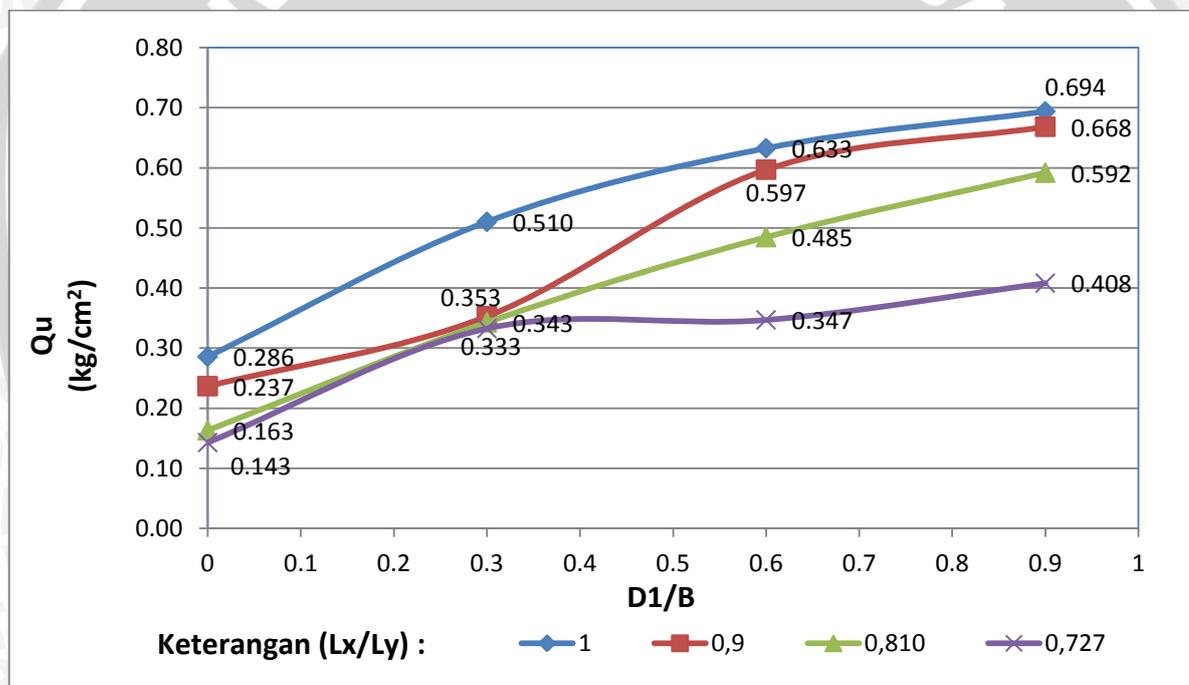


Gambar 4. 28 Pergeseran lereng akibat tegangan yang ditransfer oleh pondasi

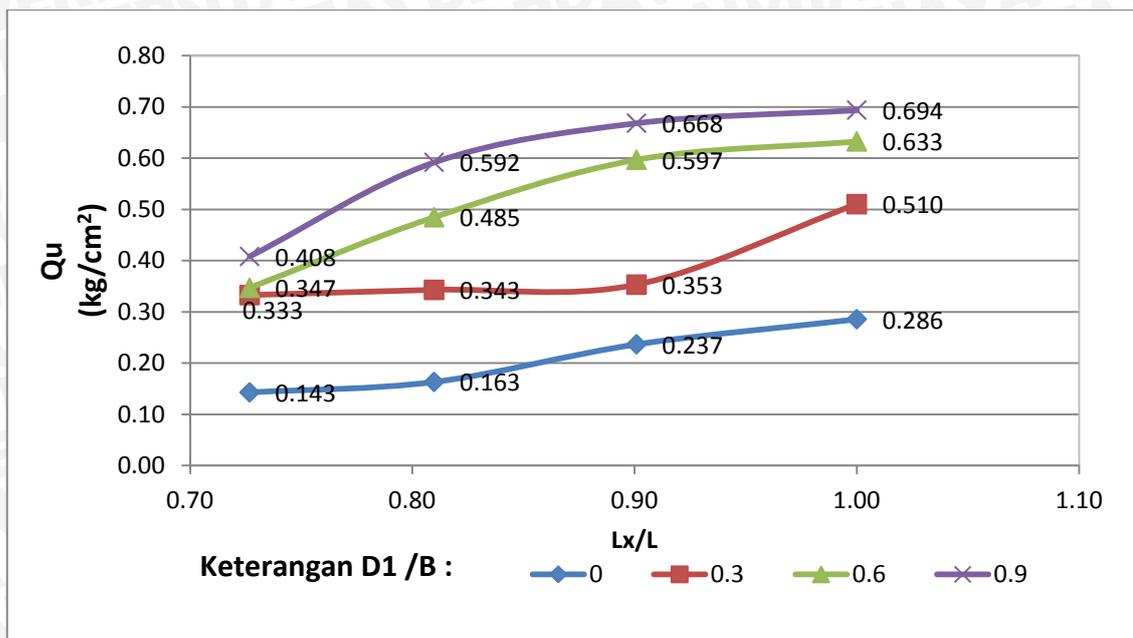
Dari gambar diatas, dapat diketahui pola keruntuhan atau pergeseran dari lereng akibat adanya variasi jarak pondasi dan sudut kemiringan lereng. **Gambar 4.24** merupakan salah satu contoh pergeseran lereng pada sudut kemiringan lereng 48° dimana rasio D_1/B adalah 0, sehingga pergeseran horizontal lereng terjadi pada bagian tubuh lereng. Dapat dijelaskan, semakin besar nilai rasio D_1/B maka keruntuhan lereng yang terjadi semakin mengecil kemungkinan nya untuk terjadi di badan lereng

4.6 Perbandingan *Relative Bearing Capacity*

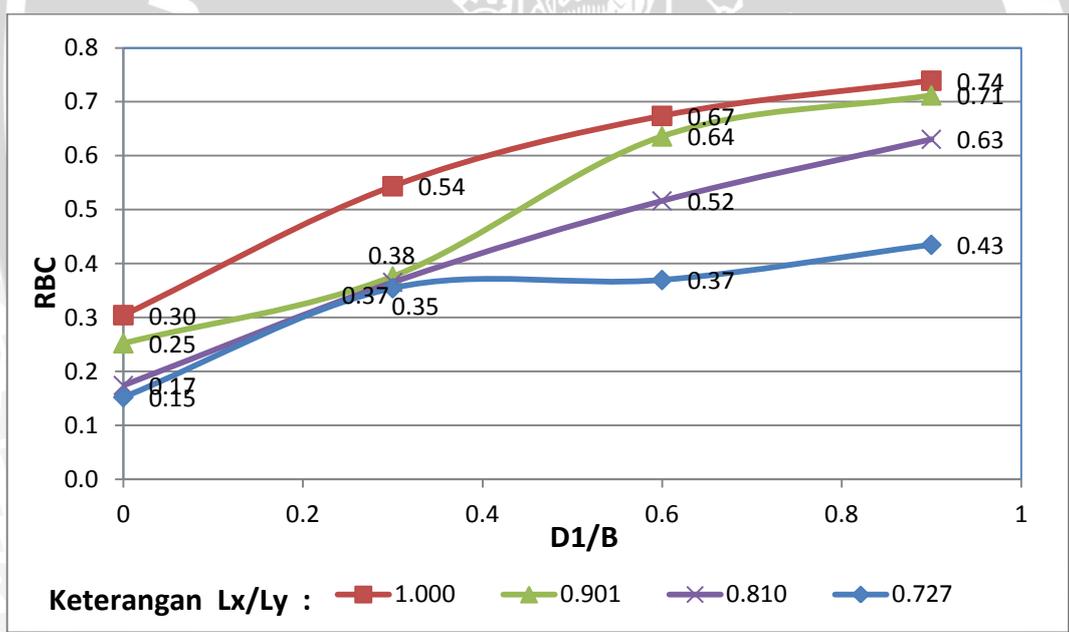
Relative Bearing Capacity adalah nilai hasil perbandingan hasil daya dukung pada lereng dengan variasi kemiringan dan rasio D_1/B terhadap nilai daya dukung pada tanah datar. Berikut ini akan di sajikan grafik hasil perhitungan nilai RBC pada kasus ini :



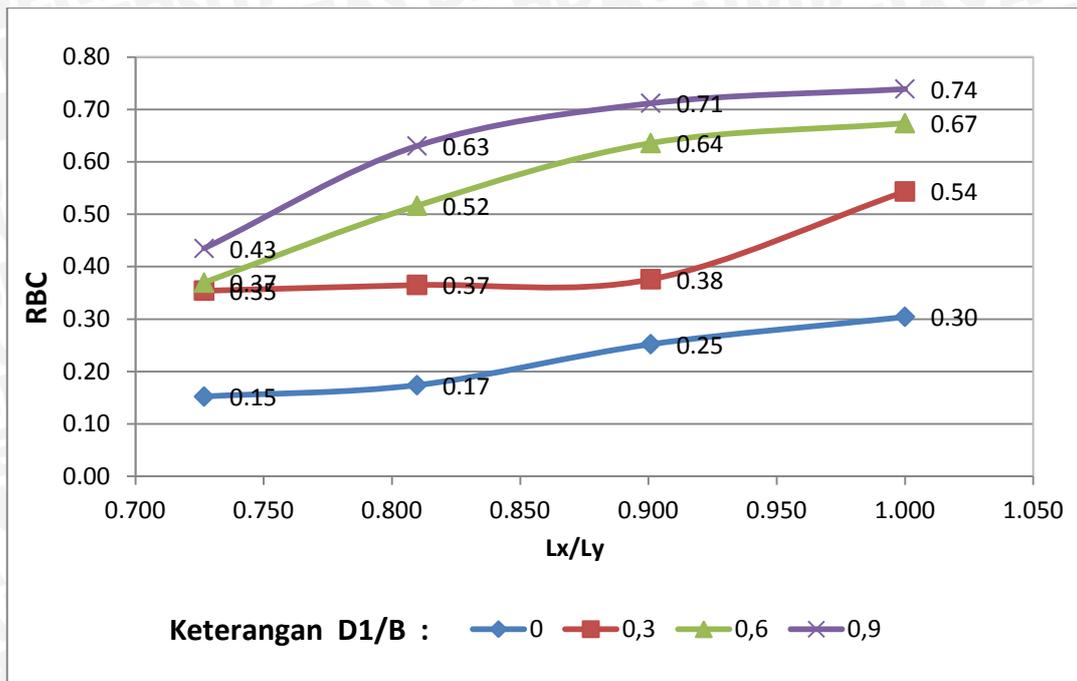
Gambar 4. 29 Nilai RBC dari hubungan Q_u maks. terhadap rasio D_1/B



Gambar 4.30 Nilai RBC dari hubungan Qu maks. terhadap kemiringan lereng



Gambar 4.31 Hubungan RBC terhadap rasio D1/B



Gambar 4. 32 Hubungan RBC terhadap rasio Lx/Ly

Dari penjelasan grafik-grafik diatas, dapat diketahui bahwa semakin besar rasio D_1/B maka nilai RBC juga akan mengalami peningkatan, dan semakin kecil rasio Lx/Ly untuk sudut kemiringan lereng, maka nilai RBC akan semakin mengecil.