

**PENGARUH PERKUATAN ANYAMAN BAMBU DENGAN  
VARIASI LUAS DAN JUMLAH LAPIS TERHADAP DAYA  
DUKUNG DAN PENURUNAN TANAH PASIR  
(PADA JENIS PEMBEBANAN EKSENTRIS)**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



disusun oleh :

**INDRAWAN PURNAMA  
NIM. 0210610041-61**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN SIPIL  
2007**

**PENGARUH PERKUATAN ANYAMAN BAMBU DENGAN  
VARIASI LUAS DAN JUMLAH LAPIS TERHADAP DAYA  
DUKUNG DAN PENURUNAN TANAH PASIR  
(PADA JENIS PEMBEBANAN EKSENTRIS)**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



disusun oleh :

**INDRAWAN PURNAMA**  
**NIM. 0210610041-61**

**Dosen Pembimbing :**

**Ir. Widodo Suyadi, M. Eng.**  
**NIP. 110 015 579**

**Ir. Harimurti, MT.**  
**NIP. 131 759 589**

**PENGARUH PERKUATAN ANYAMAN BAMBU DENGAN  
VARIASI LUAS DAN JUMLAH LAPIS TERHADAP DAYA  
DUKUNG DAN PENURUNAN TANAH PASIR  
(PADA JENIS PEMBEBANAN EKSENTRIS)**

disusun oleh :

**INDRAWAN PURNAMA  
NIM. 0210610041-61**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus  
pada tanggal 08 Oktober 2007

**Dosen Penguji :**

**Ir. Widodo Suvadi, M. Eng.**  
NIP. 110 015 579

**Ir. Harimurti, MT.**  
NIP. 131 759 589

**Ir. Suroso, Dipl.HE, M.Eng.**  
NIP. 130 531 859

**Mengetahui**

**Ketua Jurusan Teknik Sipil**

**Ir. As'ad Munawir, MT**  
NIP. 131 574 850



## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan 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 secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila 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 Ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 07 November 2007

Mahasiswa

Nama : Indrawan Purnama

Nim : 0210610041

Jurusan : Sipil



## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala anugerah-Nya dan tiada henti-hentinya memberi rahmat-Nya sehingga skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Pembebanan Eksentris pada Pondasi Telapak Bujur Sangkar terhadap Daya Dukung dan Penurunan Tanah Pasir dengan Perkuatan Anyaman Bambu Variasi Luas dan Jumlah Lapis” terselesaikan, walaupun dengan berbagai macam kendala yang terjadi.

Skripsi ini merupakan persyaratan terakhir akademis yang telah ditetapkan untuk menyelesaikan tahap sarjana di Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Membuat laporan skripsi merupakan suatu pengalaman yang sangat berguna bagi mahasiswa dimana saya harus membuat suatu permasalahan, mempelajari serta menganalisa permasalahan yang timbul.

Tentunya saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar karena bantuan dari banyak pihak. Karenanya saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. As’ad Munawir, MT. selaku Ketua Jurusan Sipil
2. Bapak Hendi Bowoputro, ST., MT selaku Sekretaris Jurusan Sipil
3. Bapak Ir. Harimurti, MT. selaku Dosen Pembimbing I
4. Bapak Ir. Widodo Suyadi, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II
5. Bapak Ir. Suroso Dipl HE, M.Eng selaku Penguji Skripsi
6. Ibu, Bapak dan Adikku tercinta yang telah memberi dukungan moril hingga terselesainya penulisan skripsi ini
7. Mas Ketut dan semua asisten lab. Mektan Brawijaya
8. Taufan dan Tri selaku teman seperjuangan penyusunan skripsi
9. Teman-teman mahasiswa yang telah membantu dan memberi dukungan.

Saya sebagai penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Untuk itu saya mohon kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan skripsi ini. Harapan saya semoga laporan skripsi ini berguna bagi pembaca dan juga mahasiswa Jurusan Sipil di masa mendatang.

Malang, September 2007

Penyusun

**DAFTAR ISI**

<b>Kata Pengantar</b> .....	i
<b>Daftar Isi</b> .....	ii
<b>Daftar Tabel</b> .....	v
<b>Daftar Gambar</b> .....	vii
<b>Daftar Lampiran</b> .....	xi
<b>Abstrak</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Pembatasan Masalah .....	4
1.4 Rumusan Masalah .....	4
1.5 Tujuan Penelitian .....	4
1.6 Kegunaan Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tanah Pasir .....	6
2.2 Bambu .....	8
2.2.1 Karakteristik Bambu .....	9
2.2.2 Anyaman Bambu .....	11
2.3 Daya Dukung Pondasi .....	12
2.4 Pembebanan Eksentris .....	18
2.5 Model Keruntuhan Pondasi .....	21
2.6 Interaksi antara Tanah Pasir, Material Perkuatan dan Beban .....	23
2.7 Penurunan .....	25
2.8 Pemakaian Anyaman Bambu sebagai Material Perkuatan Tanah .....	26
2.9 Kekakuan Bahan terhadap Beban .....	28

2.10 Kriteria Penentuan Daya Dukung Ultimit .....	30
2.11 Percobaan Laboratorium	
2.11.1. Analisa Saring .....	32
2.11.2. Berat Jenis Tanah .....	32
2.11.3. Kuat Geser Langsung ( <i>Direct Shear Test</i> ) .....	32

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Tempat dan Waktu .....	33
3.2 Bahan Penelitian .....	33
3.3 Peralatan Penelitian .....	33
3.4 Metode Penelitian .....	34
3.5 Rancangan Penelitian .....	34
3.6 Deskripsi Pengujian Pembebanan dan Instrumentasi .....	39

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1 Data Hasil Pengujian	
4.1.1 Analisa Saring ( <i>Grain Size Analysis</i> ) .....	42
4.1.2 Pemeriksaan Berat Jenis ( <i>Specific Gravity</i> ) .....	44
4.1.3 Pengujian Kerucut Pasir ( <i>Sand Cone Test</i> ) .....	46
4.1.4 Pengujian Kekuatan Geser Langsung ( <i>Direct Shear Test</i> ) .....	46
4.1.5 Uji Pembebanan ( <i>Loading Test</i> ) .....	47
4.1.6 Rasio Daya Dukung ( <i>Bearing Capacity Ratio</i> ) .....	54
4.2 Pembahasan Hasil Penelitian	
4.2.1 Korelasi Daya Dukung – Penurunan pada Variasi Luas .....	55
4.2.2 Korelasi Daya Dukung – Penurunan pada Variasi Jumlah Lapis	56
4.2.3 Nilai BCR dengan Variasi Luas Anyaman Bambu pada Jumlah Lapis yang Sama .....	62
4.2.4 Nilai BCR dengan Variasi Jumlah Lapis Anyaman Bambu pada Luasan yang Sama .....	65
4.2.5 Pengaruh Variasi Luas Anyaman Bambu terhadap Nilai BCR pada beberapa Penurunan .....	68
4.2.6 Pengaruh Variasi Jumlah Lapis Anyaman Bambu terhadap Nilai BCR pada beberapa Penurunan .....	71



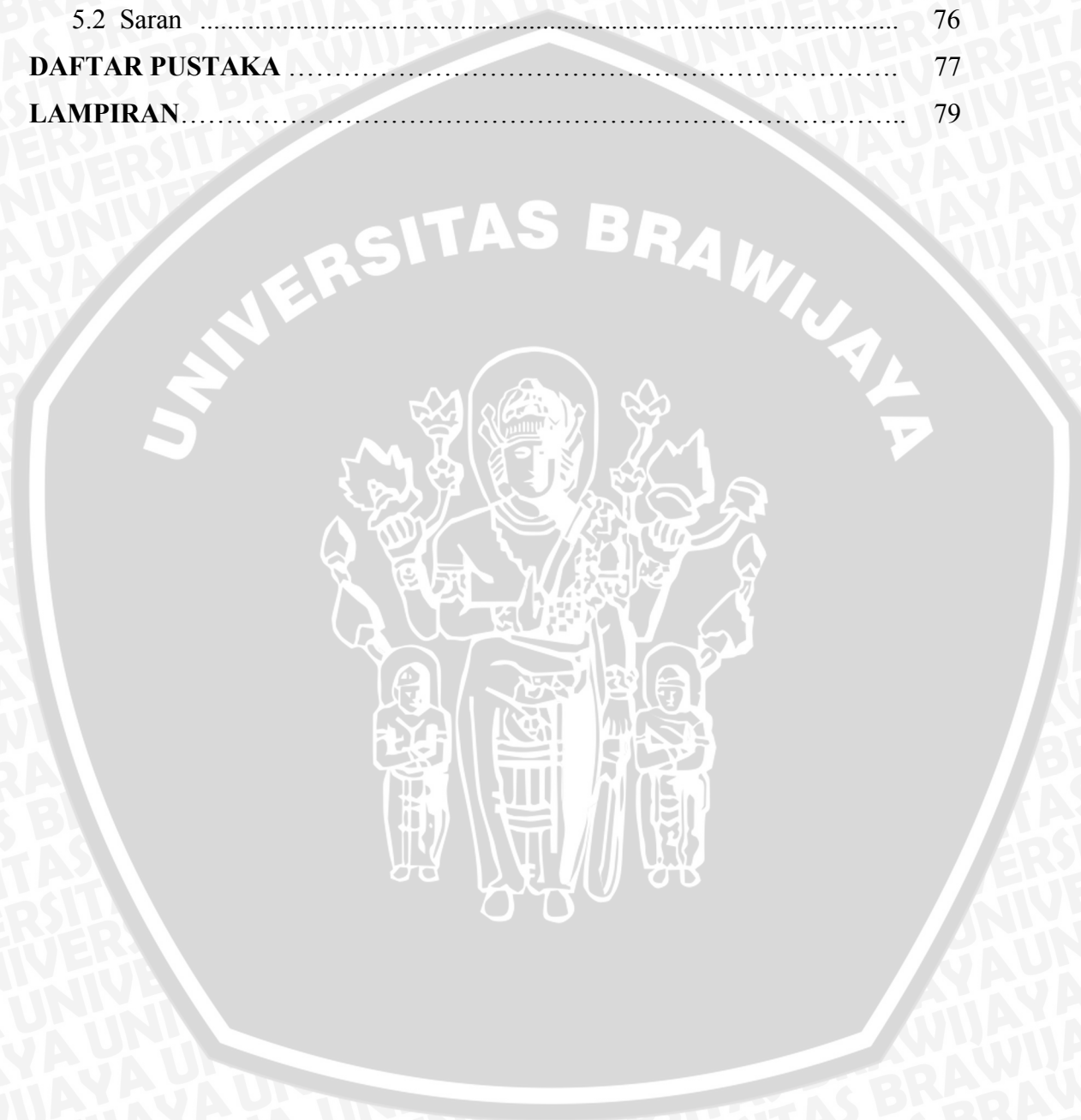
4.2.7 Korelasi Rasio Lebar Anyaman Bambu dengan Lebar Pondasi terhadap Nilai BCR ..... 73

**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan ..... 75  
5.2 Saran ..... 76

**DAFTAR PUSTAKA** ..... 77

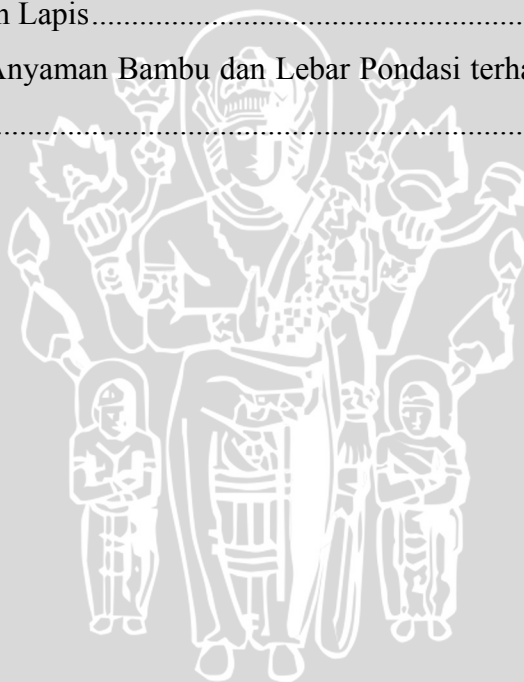
**LAMPIRAN** ..... 79



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah .....	6
Tabel 2.2	Klasifikasi Tanah Terpadu ( <i>Unified Soil Clasification</i> ) .....	7
Tabel 2.3	Penjelasan Secara Kualitatif mengenai Deposit Tanah berbutir .....	8
Tabel 2.4	Kekuatan Bambu .....	10
Tabel 2.5	Persamaan Daya Dukung menurut beberapa Penelitian .....	14
Tabel 2.6	Faktor Daya Dukung untuk Persamaan Terzaghi .....	15
Tabel 2.7	Faktor Daya Dukung untuk Persamaan Meyerhoof, Hansen, dan Vesic .....	15
Tabel 2.8	Faktor-faktor Bentuk, Kedalaman, dan Kemiringan untuk Persamaan Meyerhoof .....	16
Tabel 2.9	Faktor-faktor Bentuk, Kedalaman, dan Kemiringan untuk Persamaan Hansen (1970) dan Vesic (1973) .....	16
Tabel 2.10	Pembagian Jarak Lapis Pertama dan Jarak Antar Lapis Perkuatan ..	27
Tabel 2.11	Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah .....	29
Tabel 4.1	Analisa Saring I .....	42
Tabel 4.2	Analisa Saring II .....	43
Tabel 4.3	Hasil Kalibrasi Picnometer .....	44
Tabel 4.4	Pemeriksaan Berat Jenis Tanah .....	45
Tabel 4.5	Rekapitulasi Uji Kerucut Pasir dan Kadar Air .....	46
Tabel 4.6	Rekapitulasi Uji Geser Langsung .....	47
Tabel 4.7	Daya Dukung Ultimate dan <i>Bearing Capacity Ratio</i> berdasarkan Luas Perkuatan Anyaman Bambu .....	54
Tabel 4.8	Daya Dukung Ultimate dan <i>Bearing Capacity Ratio</i> berdasarkan Jumlah Lapis Perkuatan Anyaman Bambu .....	54
Tabel 4.9	Daya Dukung <i>Ultimate</i> menurut Hasil Percobaan dan beberapa Teori .....	56
Tabel 4.10	Persentase Peningkatan Daya Dukung Batas dengan Variasi Luas Perkuatan .....	56
Tabel 4.11	Persentase Peningkatan Daya Dukung Batas dengan Variasi Jumlah Lapis Perkuatan .....	59
Tabel 4.12	Persentase Peningkatan BCR pada Jumlah 1 Lapis dengan Variasi Luas .....	64

Tabel 4.13 Persentase Peningkatan BCR pada Jumlah 2 Lapis dengan Variasi Luas .....	64
Tabel 4.14 Persentase Peningkatan BCR pada Jumlah 2 Lapis dengan Variasi Luas .....	65
Tabel 4.15 Persentase Peningkatan BCR pada Luas (40 x 40) cm <sup>2</sup> dengan Variasi Jumlah Lapis .....	66
Tabel 4.16 Persentase Peningkatan BCR pada Luas (60 x 60) cm <sup>2</sup> dengan Variasi Jumlah Lapis .....	67
Tabel 4.17 Persentase Peningkatan BCR pada Luas (70 x 70) cm <sup>2</sup> dengan Variasi Jumlah Lapis .....	67
Tabel 4.18 Persentase Peningkatan BCR dengan Penurunan pada Variasi Luas	68
Tabel 4.19 Persentase Peningkatan BCR pada beberapa Penurunan dengan Variasi Jumlah Lapis.....	71
Tabel 4.20 Rasio Lebar Anyaman Bambu dan Lebar Pondasi terhadap Nilai BCR .....	74





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis-jenis Anyaman Bambu .....	12
Gambar 2.2	Pondasi yang Diperkuat .....	17
Gambar 2.3	Tipe Keruntuhan Tanah pada Pondasi Dangkal dengan Perkuatan Geotekstil .....	18
Gambar 2.4	Pondasi Telapak yang mendukung Momen .....	19
Gambar 2.5	Metode menghitung Ukuran Telapak Efektif dibebani Eksentris untuk Alas Persegi Panjang.....	19
Gambar 2.6	Cara-cara Keruntuhan .....	22
Gambar 2.7	Hubungan Kedalaman Relatif dan Kerapatan Relatif dari Tanah Pasir dan Model Keruntuhan Tanah Pasir Chattahoochee .....	23
Gambar 2.8	Kurva Beban Penurunan untuk Pondasi .....	24
Gambar 2.9	Plot Tegangan Vertikal dibawah Pondasi Persegi .....	24
Gambar 2.10	Contoh Kerusakan Bangunan Akibat Penurunan .....	25
Gambar 2.11	Komponen Dimensi untuk Teori Kekuatan Daya Dukung Pondasi 28	
Gambar 2.12	Hubungan antara Rasio Kedalaman $Z/b$ dengan Rasio Lebar $L_0/b$ dan $X_0/b$ .....	28
Gambar 2.13	Penentuan Beban Ultimit menurut Michael T. Adams dan Jamrs G. Collins (1997) .....	31
Gambar 2.14	Uji Kekuatan Geser Langsung ( <i>Direct Shear</i> ) .....	32
Gambar 3.1	Sketsa Variasi Luas dan Jumlah Lapis Anyaman Bambu yang digunakan Dalam Penelitian .....	39
Gambar 4.1	Grafik Distribusi Butiran Tanah dengan Analisa Saring (Analisa Saring I) .....	42
Gambar 4.2	Grafik Distribusi Butiran Tanah dengan Analisa Saring (Analisa Saring II) .....	43
Gambar 4.3	Grafik Kalibrasi Labu Ukur I .....	45
Gambar 4.4	Grafik Kalibrasi Labu Ukur II .....	45
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Tegangan Normal dengan Tegangan Geser.....	47
Gambar 4.6	Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Tanpa Perkuatan .....	49

Gambar 4.7	Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan dengan Variasi 3 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (70x70) cm <sup>2</sup> .....	49
Gambar 4.8	Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan dengan Variasi 2 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (70x70) cm <sup>2</sup> .....	50
Gambar 4.9	Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan dengan Variasi 1 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (70x70) cm <sup>2</sup> .....	50
Gambar 4.10	Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan dengan Variasi 3 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (60x60) cm <sup>2</sup> .....	51
Gambar 4.11	Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan dengan Variasi 2 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (60x60) cm <sup>2</sup> .....	51
Gambar 4.12	Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan dengan Variasi 1 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (60x60) cm <sup>2</sup> .....	52
Gambar 4.13	Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan dengan Variasi 3 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (40x40) cm <sup>2</sup> .....	52
Gambar 4.14	Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan dengan Variasi 2 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (40x40) cm <sup>2</sup> .....	53
Gambar 4.15	Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan dengan Variasi 1 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (40x40) cm <sup>2</sup> .....	53
Gambar 4.16	Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah dengan 1 Lapis Perkuatan dengan Variasi Luas .....	57



Gambar 4.17 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah dengan 2 Lapis Perkuatan dengan Variasi Luas .....	58
Gambar 4.18 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah dengan 3 Lapis Perkuatan dengan Variasi Luas .....	59
Gambar 4.19 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah dengan Luas Anyaman Bambu (40x40) cm <sup>2</sup> menggunakan Variasi Jumlah Lapis .....	60
Gambar 4.20 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah dengan Luas Anyaman Bambu (60x60) cm <sup>2</sup> menggunakan Variasi Jumlah Lapis .....	61
Gambar 4.21 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah dengan Luas Anyaman Bambu (70x70) cm <sup>2</sup> menggunakan Variasi Jumlah Lapis .....	61
Gambar 4.22 Diagram Korelasi BCR vs Luas Anyaman Bambu dengan beberapa Jumlah Lapis .....	62
Gambar 4.23 Diagram Batang BCR vs Luas Anyaman Bambu dengan beberap Jumlah Lapis .....	63
Gambar 4.24 Grafik Hubungan antara BCR dengan Luas Anyaman Bambu pada Variasi Jumlah Lapis .....	65
Gambar 4.25 Diagram Batang pada beberapa Luasan dengan Variasi Penambahan Jumlah Lapis .....	66
Gambar 4.26 Grafik Hubungan BCR dengan Penurunan pada Jumlah 1 Lapis untuk Variasi Luas .....	69
Gambar 4.27 Grafik Hubungan BCR dengan Penurunan pada Jumlah 2 Lapis untuk Variasi Luas .....	70
Gambar 4.28 Grafik Hubungan BCR dengan Penurunan pada Jumlah 3 Lapis untuk Variasi Luas .....	70
Gambar 4.29 Grafik Hubungan BCR dengan Penurunan pada Luas (40x40) cm <sup>2</sup> untuk Variasi Jumlah Lapis .....	72



Gambar 4.30 Grafik Hubungan BCR dengan Penurunan pada Luas (60x60) cm<sup>2</sup>  
untuk Variasi Jumlah Lapis ..... 72

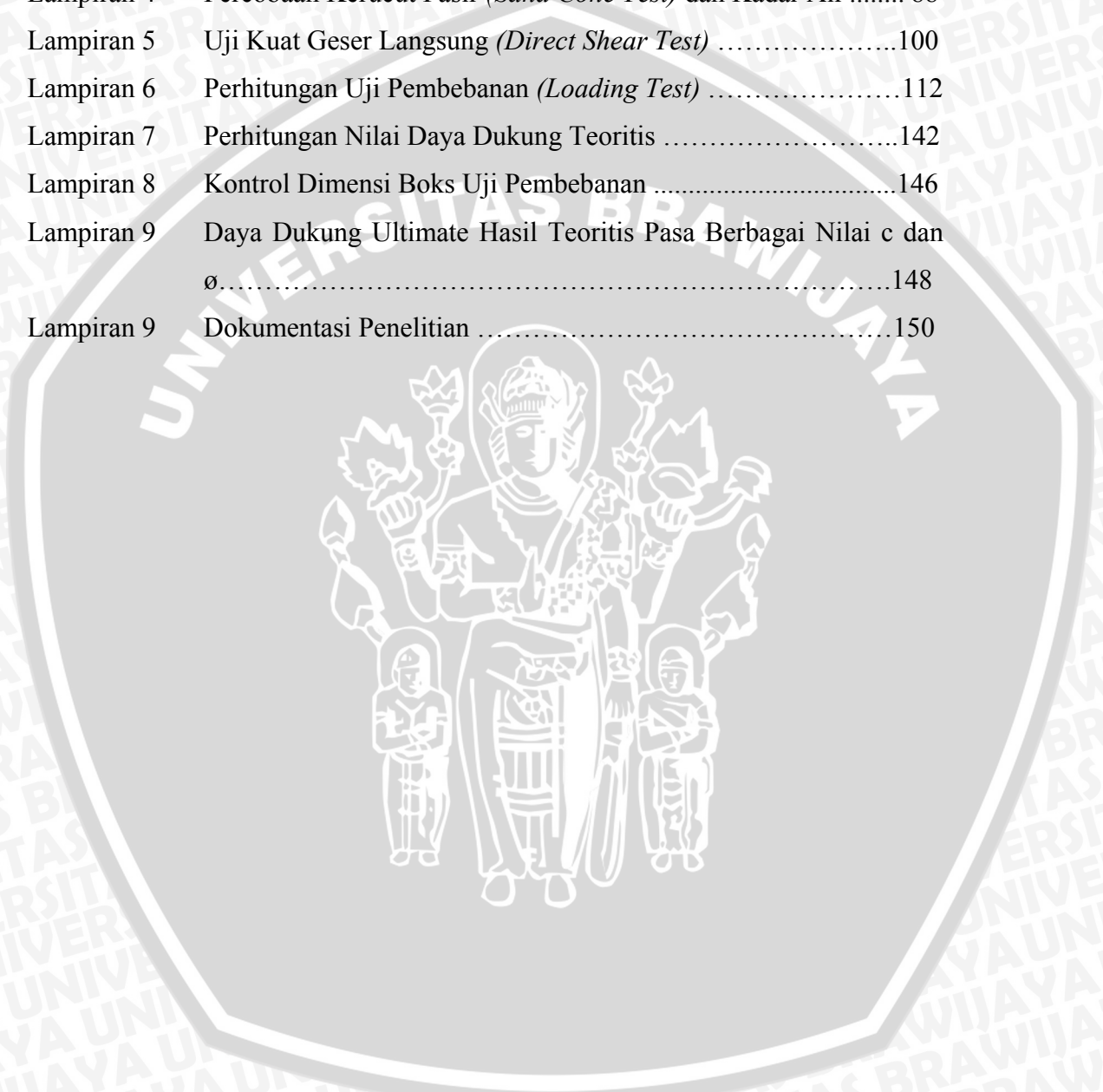
Gambar 4.31 Grafik Hubungan BCR dengan Penurunan pada Luas (70x70) cm<sup>2</sup>  
untuk Variasi Jumlah Lapis ..... 73

Gambar 4.32 Diagram Korelasi antara Rasio L/B dengan Nilai BCR..... 74



**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1	Percobaan Analisa Saring ( <i>Grain Size Analysis</i> ) .....	79
Lampiran 2	Percobaan Berat Jenis ( <i>Specific Gravity</i> ) .....	82
Lampiran 3	Prapenelitian Pemadatan Tanah dan Percobaan Kadar Air .....	85
Lampiran 4	Percobaan Kerucut Pasir ( <i>Sand Cone Test</i> ) dan Kadar Air .....	88
Lampiran 5	Uji Kuat Geser Langsung ( <i>Direct Shear Test</i> ) .....	100
Lampiran 6	Perhitungan Uji Pembebanan ( <i>Loading Test</i> ) .....	112
Lampiran 7	Perhitungan Nilai Daya Dukung Teoritis .....	142
Lampiran 8	Kontrol Dimensi Boks Uji Pembebanan .....	146
Lampiran 9	Daya Dukung Ultimate Hasil Teoritis Pasa Berbagai Nilai c dan $\phi$ .....	148
Lampiran 9	Dokumentasi Penelitian .....	150



## ABSTRAK

INDRAWAN PURNAMA, Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, September 2007, *Pengaruh Perkuatan Anyaman Bambu Dengan Variasi Luas Dan Jumlah Lapis Terhadap Daya Dukung Dan Penurunan Tanah Pasir (Pada Jenis Pembebanan Eksentris)*, Dosen Pembimbing : Ir. Harimurti, MT. dan Ir. Widodo Suyadi, M.Eng.

Pengaruh penggunaan lapis anyaman bambu sebagai alternatif material perkuatan tanah terhadap nilai data dukung batas pondasi dangkal pada tanah pasir dengan pembebanan eksentris variasi luas dan jumlah lapis ingin diketahui, sehingga penggunaan lapis anyaman bambu dalam luasan dan jumlah lapis yang tepat akan memberikan kontribusi perkuatan yang efektif pada tanah.

Tujuan diketahuinya pola perubahan nilai daya dukung batas pada tanah pasir akibat variasi luasan dan jumlah lapis anyaman bambu agar dapat menentukan sejauh mana rasio daya dukung yang dihasilkan anyaman bambu sebagai alternatif material perkuatan tanah.

Nilai daya dukung tanah didapat dari uji pembebanan pada pondasi dan nilai daya dukung batas diperoleh dari diagram interaksi antara nilai penurunan tanah yang terjadi dengan nilai daya dukung, sedangkan rasio daya dukung didapat dari perbandingan antara nilai daya dukung batas tanah dengan lapis perkuatan terhadap nilai daya dukung batas tanah tanpa perkuatan lapis anyaman bambu.

Dari hasil analisis didapat bahwa penggunaan lapis anyaman bambu memberikan pengaruh terhadap nilai daya dukung batas tanah pasir. Variasi luas dan jumlah lapis anyaman bambu memberikan peningkatan terhadap nilai daya dukung batas tanah pasir, dimana konfigurasi yang memberikan nilai tertinggi adalah 3 lapis luasan (70x70) cm<sup>2</sup> dengan nilai rasio daya dukung sebesar 3,576. Dari keseluruhan uji pembebanan dapat diketahui bahwa seiring bertambahnya luas dan jumlah lapis anyaman bambu, maka daya dukung tanah akan terus meningkat. Pada penelitian ini belum didapatkan suatu nilai optimum dari penambahan luas dan jumlah lapis perkuatan anyaman bambu.





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan hal yang pokok dalam suatu konstruksi, karena pada akhirnya tanahlah yang menerima segala beban di atasnya. Masalah yang seringkali dihadapi adalah tanah dasar yang daya dukungnya rendah. Sehingga perlu dilakukan usaha stabilisasi tanah untuk memperbaiki kembali sifat-sifatnya, salah satunya adalah dengan menggunakan geosintetis.

Penggunaan geosintetis dalam dunia teknik sipil terus berkembang dan meningkat. Salah satu aplikasi yang berkembang adalah konstruksi tanah pondasi yang diperkuat untuk mendukung pondasi dangkal atau yang disebut dengan istilah RSF (*Reinforced Soil Foundation*). Dalam teknik ini, satu atau lebih lapisan perkuatan geosintetis dan timbunan material ditempatkan di bawah pondasi untuk menciptakan material yang komposit dengan perbaikan karakteristik daya guna. Penelitian oleh **Michael T. Adams dan James G. Collin (1997)** yang menggunakan geosintetis jenis geogrid dan geocell telah menyimpulkan bahwa lapisan perkuatan tersebut dapat meningkatkan daya dukung ultimit tanah pasir dalam mendukung pondasi dangkal. Hal ini diperkuat juga dengan penelitian sebelumnya oleh **Yetimoglu (1994)** yang menyimpulkan bahwa daya dukung tanah pasir semakin meningkat dengan semakin bertambahnya jumlah lapis geogrid.

Berdasarkan hasil tersebut, timbul suatu ide untuk menggunakan material lain sebagai alternatif lapisan perkuatan. Salah satunya adalah dengan anyaman bambu. Hal ini dimungkinkan karena bambu memiliki sifat mekanis yaitu kuat tarik dan kuat tekan yang cukup tinggi. Sebagaimana dinyatakan oleh **Meyer dan Ekuland (Janssen, 1981)** bahwa bambu memiliki kekuatan mekanis yang sangat baik terhadap gaya tekan dan gaya tarik namun mempunyai sifat yang lemah terhadap geser. Adanya gaya tarik dari anyaman bambu dapat dimanfaatkan sebagai perkuatan dengan tanah, sedangkan tanah sendiri sebagai penahan tekan atau geser.

Pertimbangan lain adalah dari segi jumlah, sekitar 50% jenis bambu unggul di dunia terdapat di Indonesia (**Morisco, 1996**) dan banyak ditemukan di sekitar pemukiman pedesaan. Hal ini menjadikan bambu relatif lebih murah dan mudah untuk didapatkan. Selain itu proses pengolahan bambu menjadi bentuk anyaman juga mudah untuk

dilakukan sehingga anyaman bambu sangat berpotensi untuk digunakan sebagai alternatif lapisan perkuatan selain geosintetis.

Ide tentang pemakaian anyaman bambu sebagai lapisan perkuatan telah diteliti sebelumnya oleh **Yusep Muslih Purwana (2002)** yang melakukan uji model kapasitas daya dukung pondasi telapak lingkaran pada pasir lepas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penempatan lapisan anyaman kulit bambu dapat menaikkan daya dukung ultimit. Untuk perkuatan tunggal, peningkatan kapasitas daya dukung maksimal sebesar 3,07. Untuk perkuatan rangkap dua, daya dukung meningkat sebesar 3,5 dan untuk perkuatan rangkap tiga peningkatan daya dukungnya mencapai 3,7. **Tintus Noviyanto (2006)** menyebutkan bahwa penambahan jarak lapis 3,5 cm ke 5 cm pada pemakaian 2 lapis anyaman bambu memberikan peningkatan daya dukung yang paling efektif. Untuk variasi jumlah lapis anyaman bambu, peningkatan daya dukung yang paling efektif terjadi pada penambahan jumlah lapis dari 2 lapis ke 3 lapis dengan jarak 3,5 cm. **Dody Widodo (2006)** menunjukkan konfigurasi yang paling efektif terhadap variasi jumlah dan luas lapis anyaman bambu adalah 3 lapis anyaman bambu dengan luas  $(80 \times 80)$  cm<sup>2</sup>, dimana memberikan nilai BCR yang paling maksimum, yaitu sebesar 3,83. Penelitian **Fitriani Yulvita (2006)** menunjukkan bahwa penambahan luas maupun jarak lapis anyaman bambu dapat meningkatkan daya dukung ultimit dan BCR sampai 5 dari nilai BCR tanpa perkuatan.

Bentuk pembebanan yang dipikul oleh pondasi juga tidak boleh dikesampingkan, antara lain beban vertical, beban horizontal atau lateral dan beban miring. Tipe pembebanan sentris dan eksentris (beban aksial dan momen bekerja terhadap salah satu atau kedua sumbu pondasi) juga mempunyai analisa yang berbeda seperti halnya analisa terhadap bentuk pondasi baik itu untuk pondasi bujursangkar, persegi panjang, lingkaran, atau yang lainnya. Pembebanan yang bervariasi sangat mempengaruhi daya dukung dari suatu tanah. **Andi (2003)** telah meneliti pengaruh pembebanan eksentris satu arah pada pondasi persegi dan **Taufiqurrida (2005)** juga meneliti pengaruh pembebanan eksentris dua arah pada pondasi persegi, mereka menyatakan bahwa letak eksentrisitas beban dan penambahan rasio ukuran pondasi (B/L) dapat mempengaruhi besarnya daya dukung tanah pasir.

**Berkan Moroglu (2002)** melakukan penelitian dengan variasi pembebanan eksentris pada pondasi plat besi di atas tanah pasir yang diperkuat dengan geotekstil woven yang mana dihasilkan rasio daya dukung akibat beban eksentris terhadap beban sentris pada model pondasi di atas tanah pasir yang telah diperkuat tersebut ( $Q_e/Q_c$ ).



Dia juga menyatakan bahwa beban eksentris menyebabkan pengurangan luas area pondasi telapak sesuai dengan teori **Mayerhof (1953)**.

Dalam bidang geoteknik sendiri, bambu masih diteliti sebagai perkuatan tanah khususnya untuk stabilisasi lereng dan pendukung jalan. Menurut **Douglas dan Low (1990)**, bambu yang digunakan sebagai perkuatan tanah dibuat dalam bentuk lapis anyaman dan dimodelkan seperti geogrid. Dalam perkuatan tanah ini bambu berfungsi sebagai penahan kuat tarik dan geser, sedangkan tanah adalah penahan kuat tekan dan penyedia lingkungan yang aman bagi bambu

Dari kenyataan diatas, dicoba untuk meneliti lebih lanjut tentang pemakaian anyaman bambu sebagai alternatif lapisan perkuatan pada tanah pasir di bawah pondasi persegi dengan beban eksentris, khususnya tanah pasir sedang (*medium sand*). Karena tanah pasir ini daya dukungnya kurang memadai bila dibandingkan dengan tanah pasir padat, sehingga sebelum digunakan untuk mendukung pondasi dangkal perlu dilakukan perbaikan terlebih dahulu agar daya dukungnya bertambah. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan luas dan jumlah lapis anyaman bambu.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Tanah pasir sedang (*medium sand*) yang mendukung pondasi dangkal perlu diperkuat agar diperoleh daya dukung yang lebih baik untuk mengoptimalkan fungsinya sebagai pendukung struktur diatasnya. Penggunaan bambu dalam bentuk lapis anyaman yang dimodelkan seperti geosintetis digunakan sebagai alternatif perkuatan pada tanah pondasi. Penelitian dilakukan dengan model tes pondasi persegi 10 cm x 10 cm yang diletakkan di atas tanah pasir yang diberi anyaman bambu sebagai bahan perbaikan tanah dalam menerima pembebanan eksentris. Pemakaian lapisan anyaman bambu ini divariasikan menurut luasan dan jumlah lapisannya. Penggunaan anyaman bambu dalam berbagai luasan dan jumlah lapis yang tepat akan memberikan perkuatan yang optimal dan efektif dalam segi biaya.



### 1.3 Pembatasan masalah

Untuk memperjelas lingkup penelitian ini, perlu ditentukan pembatasan-pembatasan sebagai berikut :

- a. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- b. Anyaman bambu yang dipakai adalah jenis bambu apus (bambu tali) dan berada di wilayah sekitar malang.
- c. Tanah yang digunakan adalah tanah pasir sedang (*medium sand*)
- d. Model anyaman bambu berbentuk bujur sangkar ukuran 40 x 40 cm, 60 x 60 cm, dan 70 x 70 cm.
- e. Pondasi yang digunakan adalah pondasi telapak persegi dengan ukuran 10 cm x 10 cm
- f. Pembebanan yang terjadi merupakan pembebanan eksentris satu arah
- g. Jumlah lapisan yang digunakan adalah 1 lapis, 2 lapis, dan 3 lapis, dan ditetapkan jarak antar lapisan anyaman adalah 0,5B.
- h. Tidak dilakukan analisa mengenai kuat tekan bambu, kuat geser bambu, kuat tarik bambu, dan modulus elastisitas bambu
- i. Air yang digunakan adalah air PDAM Kodya Malang
- j. Penelitian ini tidak membahas analisa kimia dan analisa ekonomi.

### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu

- a. Adakah pengaruh variasi luas anyaman bambu terhadap peningkatan rasio daya dukung untuk perkuatan pondasi dangkal pada tanah pasir dengan beban eksentris.
- b. Adakah pengaruh jumlah lapis anyaman bambu terhadap peningkatan rasio daya dukung untuk perkuatan pondasi dangkal pada tanah pasir dengan beban eksentris.

### 1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana rasio daya dukung (BCR) yang dihasilkan anyaman bambu sebagai alternatif perkuatan tanah pasir dengan beban eksentris terhadap variasi luas dan jumlah lapis anyaman bambu.

## 1.6 Kegunaan Penelitian

Adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif perkuatan pada tanah, khususnya tanah pasir sedang (*medium sand*) dalam mendukung pondasi dangkal dengan beban eksentris. Selain itu agar dapat memberikan masukan ilmiah mengenai perkuatan pada tanah pasir dengan menggunakan anyaman bambu yang harganya lebih murah tetapi mempunyai kualitas baik dan cukup tersedia di pasaran.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah Pasir

Istilah tanah dalam mekanika tanah dimaksudkan untuk semua bahan, organik, dan anorganik yang berada di atas batuan tetap. Campuran partikel yang terkandung di dalam tanah menyebabkan perbedaan jenis maupun perilakunya baik secara fisik maupun kimiawi. Hal-hal seperti ini sangat diperlukan dalam teknik sipil sebagai bahan pertimbangan dalam penyelidikan tanah bawah permukaan serta pengujian laboratorium dan untuk studi kelayakan guna mengantisipasi perencanaan pondasi yang dibutuhkan.

Dalam teknik sipil dikenal pembagian tanah berdasarkan ukuran butirannya, yaitu kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*). Untuk menerangkan tentang tanah berdasarkan ukuran partikelnya, beberapa organisasi telah mengembangkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah (*soil-separate-size limits*). Batasan ini dapat ditunjukkan dalam tabel 2.1

**Tabel 2.1 Batasan – Batasan Ukuran Golongan Tanah**

Nama Golongan	Ukuran butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	> 2	2 – 0.06	0.06 – 0.002	< 0.002
U.S. Department of Agriculture (USDA)	> 2	2 – 0.05	0.05 – 0.002	< 0.002
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	76.2 – 2	2 – 0.075	0.075 – 0.002	< 0.002
Unified Soil Classification System (U.S. Army Corps of Engineer, U.S. Bureau of Reclamation)	76.2 – 4.75	4.75 – 0.075	Halus (lanau dan lempung) < 0.0075	

Sumber : Braja M. Das, 1988 : 7

Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa pasir mempunyai ukuran batas partikel 4,75 mm sampai dengan 0,075 mm. Tanah pasir, kerikil, atau campuran pasir kerikil dapat bersifat lepas (*loose*), sedang (*medium*), dan padat (*dense*) berdasarkan kepadatan partikel-partikelnya. Selain itu pasir merupakan tanah tak berkohesi (*cohesionless soils*), akan tetapi jika pasir tersebut lembab atau mengandung uap air maka tegangan permukaan air bisa memberikan kohesi nyata yang akan menghilang bila bahan mengering atau jenuh.



Pada golongan tanah pasir, terutama pasir lepas mempunyai kepadatan yang rendah. Beban bergetar cenderung akan memadatkannya dengan cepat dan dapat menghasilkan penurunan yang tidak dapat ditoleransi. Pasir lepas juga dapat menimbulkan masalah pada daerah resiko gempa, sebab beban gempa dapat mengakibatkan pencairan (*liquefaction*) apabila pasir tersebut jenuh dan dapat menyebabkan penurunan yang cukup tinggi.

Untuk mendapatkan analisa yang baik tentang klasifikasi tanah dapat digunakan sistem klasifikasi tanah terpadu (*Unified Soil Classification*) seperti pada tabel 2.2. Dalam klasifikasi tersebut secara garis besar tanah dibagi dalam 2 kelompok, yaitu kelompok tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus yang didasarkan material yang lolos saringan 200 (0,075 mm).

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah Terpadu (Unified Soil Classification) [Casagrande 1984]

Pembagian Utama		Simbol Kelompok	Sebutan Khas	Kriteria Klasifikasi Laboratorium		
(Lebih dari separuh bagian beratnya lebih besar daripada ukuran No. 4)	Kerikil (Lebih dari separuh bagian kasar berukuran lebih besar daripada ukuran No. 4)	Kerikil bersih (Sedikit atau tidak ada butir halus)	GW	Kerikil bergradasi baik campuran kerikil - pasir sedikit atau tidak ada butir halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ lebih besar dari 4; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3  Tidak memenuhi persyaratan $C_u$ atau $C_c$ untuk GW	
			GP	Kerikil bergradasi jelek, campuran kerikil pasir, sedikit atau tidak ada butir halus		
		Pasir dengan butir halus (jumlah butir halus cukup banyak)	GM*	d u	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir, lanau	Batas Atterberg di bawah garis "A" atau $I_p$ kurang dari 4  Batas Atterberg di bawah garis "A" atau $I_p$ lebih besar dari 7
			GC		Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir, lempung	
	Kerikil (Lebih dari separuh bagian kasar berukuran lebih kecil daripada ukuran No. 4)	Kerikil bersih (Sedikit atau tidak ada butir halus)	SW	Pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak ada butir halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ lebih dari 6; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3  Tidak memenuhi persyaratan $C_u$ atau $C_c$ untuk SW	
			SP	Pasir bergradasi jelek, pasir berkerikil, sedikit atau tidak ada butir halus		
		Pasir dengan butir halus (jumlah butir halus cukup banyak)	SM*	d u	Pasir berlanau, campuran pasir - lanau	Batas Atterberg di bawah garis "A" atau $I_p$ kurang dari 4  Batas Atterberg di bawah garis "A" atau $I_p$ lebih besar dari 7
			SC		Pasir berlempung, campuran pasir - lempung	
		(Lebih dari separuh bagian beratnya lebih besar daripada ukuran No. 200)	Lanau dan Lempung (Batas cair lebih besar dari 50)	ML	Lanau tak organik pasir yang sangat halus, dengan batuan, pasir berlanau atau pasir halus berlempung atau lanau berlempung dengan plastisitas kecil	Untuk semua tanah yang digambarkan yang dekat pada garis A gunakan simbol ganda yakni $I_p = 12,5$ , $w_L = 60$ didapat CH-OH atau CI-MH. Bila $w_L$ mendekati 50 gunakan CI/CH, MI/MH. Dengan mengamati yang terdekat sebesar 2 persen.  
				CL	Lempung tak organik yang mempunyai plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berlanau, lempung bersih	
OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik yang mempunyai plastisitas rendah					
Lanau dan lempung yang sangat organik (Batas cair kurang dari 50)	MH		Lumpur tak organik, tanah berlanau atau tanah berpasir halus diatomit atau silikat, lanau elastik			
	CH		Lempung tak organik yang mempunyai plastisitas tinggi, lempung gemuk			
	OH		Lempung organik yang mempunyai plastisitas sedang sampai tinggi, lanau organik			
Tanah yang sangat organik	Pt		Gambut dan tanah organik tinggi yang lain			

\* Pembagian kelompok GM dan SM ke dalam sub bagian d dan u hanya untuk jalan dan lapangan terbang. Pembagian ini didasarkan pada batas-batas Atterberg, akhiran d digunakan bila  $w_L = 28$  atau kurang dan  $I_p = 6$  atau kurang, akhiran u digunakan bila  $w_L$  lebih besar dari 28.  
 \*\* Klasifikasi garis batas, yang digunakan untuk tanah-tanah yang memiliki karakteristik dari dua kelompok, ditandai oleh kombinasi simbol-simbol kelompok. Misalnya GW-GC, campuran kerikil-pasir, bergradasi baik dengan pengikat lempung.



Dalam penentuan pondasi diatas tanah pasir yang paling berpengaruh adalah kerapatan relatif dari pasir itu sendiri. Kegunaan kerapatan relatif ditunjukkan dengan menghubungkannya terhadap berbagai sifat tanah seperti angka pori, dan sudut geser dalam tanah. Kerapatan relatif juga digunakan sebagai suatu syarat spesifikasi pemadatan di lapangan dan untuk memperkirakan sesuai tidaknya suatu bahan berbutir digunakan untuk suatu pondasi.

Alasan utama untuk menggunakan kerapatan relatif adalah karena pengambilan contoh tanah yang tidak terganggu hampir tidak mungkin dilakukan pada tanah pasir dan kerikil yang kohesif. Harga kerapatan relatif bervariasi dari harga terendah = 0 untuk tanah yang sangat lepas sampai harga tertinggi = 1 untuk tanah yang sangat padat. Penjelasan mengenai keadaan tanah berbutir kasar atas dasar kerapatan relatifnya dapat dilihat pada tabel 2.3 :

**Tabel 2.3 Penjelasan Secara Kualitatif Mengenai Deposit Tanah Berbutir**

Kerapatan Relatif (%)	Penjelasan Mengenai Deposit Tanah
0 – 15	Sangat lepas
15 – 50	Lepas
50 – 70	Menengah
70 – 85	Padat
85 – 100	Sangat padat

Sumber : Braja M. Das, 1988 : 37

## 2.2 Bambu

Bambu merupakan salah satu jenis kayu yang bisa didapatkan hampir di seluruh daerah di Indonesia. Jenis kayu ini termasuk dalam famili rumput-rumputan yang banyak terdapat di daerah tropis dan sub tropis di Asia. Bahan ini banyak dipakai masyarakat sebagai struktur bangunan karena harganya yang relatif murah dan mudah didapatkan. Bila dibandingkan dengan bahan lainnya bambu memiliki beberapa kelebihan seperti batangnya kuat, ulet, lurus, rata dan keras. Selain itu bambu juga mudah dibelah dan dibentuk serta lebih ringan, sehingga mudah untuk diangkut.

Beberapa jenis bambu yang dianggap penting :

### 1. Bambu tali (apus)

Bambu ini amat liat, ruasnya panjang, mempunyai garis tengah 4 – 8 cm dan panjang batang 6 – 13 m.



## 2. Bambu petung

Bambu ini amat kuat, ruasnya pendek, tidak begitu liat, mempunyai garis tengah 8 – 13 cm dan panjang batang 10 – 18 m.

## 3. Bambu duri (ori)

Bambu ini relatif kuat dan besar seperti bambu petung. Ruasnya juga pendek. Bagian luar (kulit) halus dan licin daripada bambu lainnya, serta lebih keras.

## 4. Bambu wulung (hitam)

Bambu ini ruasnya panjang seperti bambu tali (apus), tidak liat, mempunyai garis tengah 4 – 8 cm dan panjang batang 7 – 15 m.

### 2.2.1 Karakteristik Bambu

Dilihat dari anatominya, bambu mengandung banyak serat dan pembuluh yang arahnya sejajar mengikuti arah memanjang bambu. Secara umum ada 40 % - 70 % serat yang terkonsentrasi pada bagian luar dan 15 % - 30 % di bagian dalam. Serat-serat inilah yang mempunyai pengaruh terhadap besarnya gaya normal yang ditahan. Sehingga bambu memiliki kekuatan tarik dan kekuatan tekan sejajar serat yang cukup tinggi.

Untuk berat isi (density) dari bambu, dari hasil penelitian diperoleh sekitar 500-800 kg/m<sup>3</sup> dan maksimum terdapat pada bambu yang berumur  $\pm$  3 tahun. Nilai ini tergantung dari struktur anatominya seperti jumlah dan distribusi serat yang mengelilingi pembungkus vaskuler. Berat isi ini bertambah dari bagian tengah sampai tepi bambu (Sekhar dan Bhartari 1960; Sharma dan Mehra 1970) dan dari bagian pangkal sampai ujung bambu.

Sedangkan untuk kadar air yang terkandung dalam bambu dipengaruhi oleh umur, musim tebang dan jenis bambu (Kumar et al. 1994). Pada musim kemarau kadar airnya mencapai nilai terendah dan menjadi maksimum pada musim hujan. Hal ini disebabkan oleh kandungan sel parenchym yang tinggi sehingga dapat meningkatkan kapasitas simpanan airnya (Liese dan Grover 1961).

Beberapa sifat-sifat mekanis bambu, antara lain :

#### 1. Kuat Tekan Bambu

Bambu memiliki kekuatan yang bervariasi pada tiap bagiannya. Tegangan terendah terjadi pada bagian pangkal dan tegangan tertinggi terjadi pada bagian ujung. Menurut Duff (1941) dalam salah satu penelitiannya menyebutkan bahwa kekuatan



bambu tidak banyak berubah pada bagian pangkal sampai dengan  $\pm \frac{1}{2}$  tinggi bambu. Tetapi kekuatan ini bertambah pada 30 % - 40 % dari tinggi bambu diukur dari puncak bambu (bagian ujung).

Beberapa penelitian diperoleh nilai kuat tekan sejajar serat pada bambu bagian pangkal adalah 21,6 N/mm<sup>2</sup>, pada bagian tengah 26,6-41,4 N/mm<sup>2</sup> dan pada bagian ujung adalah 31-49,9 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk kuat tekan bambu arah tegak lurus serat adalah rata-rata sebesar 70 N/mm<sup>2</sup>.

Hasil pengujian lain oleh Janssen dan Arce diperoleh kuat tekan karakteristik untuk pembebanan sejajar serat sebesar 58 MPa (Janssen, 1981:108).

## 2. Kuat Tarik Bambu

Menurut Meyer dan Ekuland dalam penelitiannya menyebutkan bahwa bahan bambu mempunyai kekuatan mekanis yang sangat baik terhadap gaya tekan dan tarik namun mempunyai sifat yang lemah terhadap geser. Dimana bambu tersusun atas serat-serat yang sangat kuat dan susunannya rapat serta menyatu secara homogen sehingga menjadi faktor utama kekuatan mekanis bambu dalam hal kuat tariknya.

Pengujian tarik bambu sebelum standart ISO 2001 menunjukkan nilai kuat tariknya sekitar 100-400 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan dari hasil penelitian Awnor Rofik (2004) yang menggunakan jenis bambu petung diperoleh kuat tarik sebesar 583,33 MPa.

## 3. Modulus Elastisitas Bambu

Dari beberapa penelitian diperoleh nilai modulus elastisitas bambu pada kondisi kering udara adalah berkisar antara 17000 - 20000 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan pada kondisi basah antara 9000-10100 N/mm<sup>2</sup>.

**Tabel 2.4 Tabel Mengenai Kekuatan Bambu.**

Keterangan	Tegangan ( $\sigma$ )	Modulus elastisitas	Rasio poisson
Kuat tekan bambu sejajar serat	54,684 MPa	70225 MPa	0,1699
Kuat tekan bambu tegak lurus serat	58,257 MPa	1759,833 MPa	0,0207
Kuat geser bambu	12,104 MPa	3156,144 MPa	0,1029
Kuat tarik bambu	583,33 MPa	16843 MPa	-

Sumber : Awnor Rofik, 2004

## 4. Kuat Geser Bambu

Sebagaimana dinyatakan oleh Meyer dan Ekuland bahwa bahan bambu mempunyai kekuatan mekanis yang sangat baik terhadap gaya tekan dan gaya tarik namun mempunyai sifat yang lemah terhadap geser. Maka untuk selanjutnya diambil suatu analog bahwa bahan kayu memiliki kuat geser sebesar 20-30% dari kuat tekannya, dan untuk bambu kuat gesernya sekitar 8% dari kuat tekannya (Janssen, 1981:127).

Dari hasil pengujian diperoleh kuat geser bambu bagian pangkal adalah 6-9,5 N/mm<sup>2</sup>, pada bagian tengah 6,1-11,3 N/mm<sup>2</sup> dan pada bagian ujung sebesar 7,6-12,6 N/mm<sup>2</sup>. Untuk kuat geser tegak lurus serat berkisar 5-10 N/mm<sup>2</sup>.

Sebagai bahan bangunan, dalam pengerjaan bambu tidak jarang terdapat beberapa keterbatasan. Faktor-faktor yang membuat bambu mengalami keterbatasan adalah sifat fisiknya yang membuatnya sukar dikerjakan secara mekanis, kemudian variasi dimensi dan ketidakseragaman panjang ruasnya.

Faktor lain adalah daya tahan yang rendah terhadap pengaruh cuaca, serangga dan jamur. Sering ditemui bahwa bambu yang dikuliti serat bagian luarnya, khususnya dalam keadaan basah mudah diserang oleh jamur biru. Sedangkan bambu bulat utuh dalam keadaan kering dapat diserang oleh serangga bubuk kering dan rayap kayu kering.

Untuk meningkatkan ketahanannya biasanya bambu yang akan digunakan untuk struktur luar direndam dulu dalam air. Penelitian dengan menggunakan bambu petung menunjukkan bahwa perendaman bambu dalam air selama  $\pm 3$  bulan dapat mengurangi kandungan selulosanya sekitar 1,64%-0,92%. Perawatan ini memberikan pengaruh yang tidak terlalu signifikan pada perubahan kekuatan mekanisnya, yakni dalam rasio sekitar 0,93-1,15. Sedangkan bambu yang digunakan sebagai perkuatan dengan beton biasanya dicat permukaannya dengan varnish agar lebih kedap air. Sementara itu, untuk perawatan secara kimiawi dapat digunakan bahan kimia seperti CCB (*copper-chrome-boron*), boric acid, atau borax. Tetapi metode ini jarang dilakukan karena membutuhkan keahlian khusus dan investasi yang besar.

Untuk perkuatan tanah, ketahanan bambu memang lebih lemah bila dibandingkan dengan geosintetis. Hal ini disebabkan karena bambu adalah material organik yang mudah terurai dan menjadi lapuk di dalam tanah, sehingga dapat mengurangi kekuatan mekanisnya. Bambu yang tidak dirawat dan dalam kondisi yang tidak terlindungi hanya bertahan  $\pm 1-3$  tahun (Janssen, 2000). Oleh karena itu, dalam penelitian kali ini dicoba menggunakan solar untuk meningkatkan ketahanan alaminya.

### 2.2.2 Anyaman Bambu (*Gedek*)

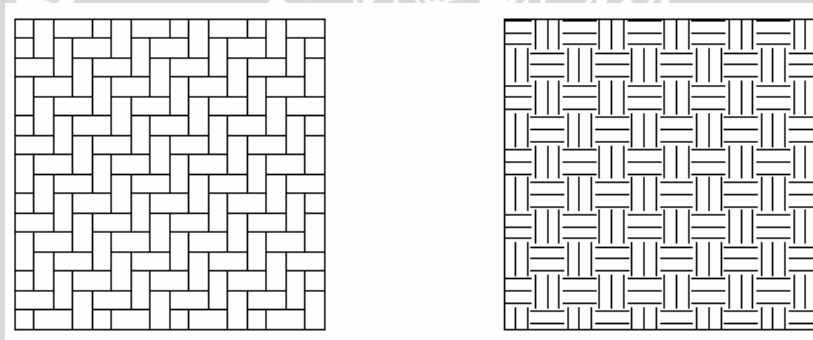
Anyaman bambu merupakan bahan hasil pengolahan bambu dalam bentuk anyaman dari pita-pita serat bambu (iratan bambu). Anyaman bambu atau *gedek* diperoleh dari bambu yang sudah dibelah dan dianyam. Umumnya anyaman bambu ini digunakan sebagai bahan konstruksi untuk dinding dan langit-langit pada rumah.



Lembaran gedek memiliki ukuran yang bervariasi dan ukuran dari serat bambu pada gedek ini berkisar antara 2-5 cm. Pemotongan serat bambu ini disesuaikan dengan lingkaran atau keliling batang bambu serta ketebalan dari bambu bagian luar hingga bagian dalam.

Bambu yang diambil dan dibuat untuk serat pada anyaman bambu ini dipilih pada batang terluar hingga kira-kira  $\frac{2}{3}$  ketebalan bambu. Untuk sisanya, yaitu bambu bagian dalam tidak digunakan karena kondisinya yang rapuh dan mudah patah. Bambu bagian luar merupakan serat atau bagian terkuat dibandingkan yang lainnya, dan bagian terluar ini lebih sulit patah apabila dibengkok-bengkokkan daripada bambu bagian dalam.

Pemilihan bentuk dari anyaman bambu sangat dipengaruhi oleh jenis bambu yang digunakan dan kemudahan bambu untuk dijadikan serat. Jenis anyaman ini dibedakan berdasarkan cara menganyam. Beberapa jenis anyaman bambu digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1 : Jenis-jenis anyaman bambu

### 2.3 Daya Dukung Pondasi

Pondasi merupakan suatu bagian dari konstruksi bangunan yang sangat dipengaruhi oleh elemen-elemen tanah dasar dan beban-beban yang bekerja. Pondasi berfungsi meneruskan beban yang diterimanya ke lapisan tanah di bawahnya tanpa mengalami keruntuhan geser (*shear failure*) dan penurunan (*settlement*) yang berlebihan. Berdasarkan penyaluran bebannya, pondasi dapat digolongkan menjadi :

1. Pondasi dangkal (*shallow foundation*), dengan kedalaman pada umumnya  $D \leq B$  atau  $D/B \leq 1$

Jenis pondai dangkal antara lain: pondasi telapak (*footing foundation*) yang meliputi telapak bujur sangkar, segiempat, dan lingkaran, pondasi rakit (*mat/raft foundation*) dan pondasi terapung (*floating foundation*).



2. Pondasi dalam (*deep foundation*), dengan kedalaman  $D > 4$  sampai dengan  $5 B$  atau  $D/B \geq 4$  s/d  $5$ .

Jenis pondasi dalam antara lain pondasi tiang (*piled foundation*), pondasi sumuran (*well foundation*), dan pondasi kaisson (*caisson foundation*).

Salah satu bentuk yang sering digunakan dalam suatu konstruksi adalah pondasi persegi. Pondasi persegi termasuk dalam jenis pondasi dangkal, karena pada umumnya pondasi tersebut mempunyai kedalaman  $D \leq B$ , dimana  $D$  adalah kedalaman pondasi dan  $B$  adalah lebar pondasi.

Dalam merancang pondasi, terdapat 2 persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

1. Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampauinya daya dukung tanah harus dipenuhi. Dalam hitungan daya dukung pondasi, umumnya digunakan faktor aman 3.
2. Penurunan pondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan. Khususnya penurunan yang tak sama (*differential settlement*) harus tidak mengakibatkan kerusakan pada strukturnya

Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang gesernya (**Hary Christady H, 1996**). Sedangkan daya dukung ultimit ( $q_{ult}$ ) didefinisikan sebagai tekanan terkecil yang dapat menyebabkan keruntuhan geser pada tanah pendukung tepat di bawah dan di sekeliling pondasi (**R.F Craig, 1991**). Untuk menentukan daya dukung batas (*ultimate bearing capacity*) suatu tanah dibawah beban pondasi ada beberapa metode, yaitu :

1. Penentuan langsung dilapangan dengan bantuan percobaan pembebanan dan lengkung penurunan, seperti uji pembebanan plat (*plate bearing test*), uji SPT (*Standart Penetration Test*) ataupun dengan uji sondir (*Cone Penetration Test*).
2. Dengan menggunakan teori tekanan tanah dari Rankine ataupun metode kelongsoran plastis.

Sebagian besar teori daya dukung yang digunakan berdasarkan metode kelongsoran plastis. Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh Prandtl (1920), yang kemudian dikembangkan oleh Terzaghi (1943), Meyerhof (1955), De Beer dan Vesic (1958) (Hary Christady H, 1994). Persamaan-persamaan daya dukung tanah umumnya didasarkan pada persamaan Mohr-Coulomb:

$$\tau = c + \sigma \tan\phi \quad (2-1)$$

dimana :  $\tau$  = kekuatan geser tanah.

$c$  = kohesi tanah.

$\sigma$  = tegangan normal pada bidang geser.

$\phi$  = sudut geser tanah.

Untuk persamaan daya dukung oleh Terzaghi (1943) merupakan persamaan yang paling dini. Persamaan ini dihasilkan dari teori daya dukung yang agak diubah yang dikembangkan oleh Prandtl (1920) dan dimaksudkan untuk pondasi-pondasi dangkal dimana  $D_f \leq B$ . Dalam teori ini Terzaghi hanya memakai faktor bentuk ( $s_c$  dan  $s_\gamma$ ). Untuk Meyerhof (1951) menyarankan suatu persamaan daya dukung yang mirip dengan Terzaghi tetapi memasukkan faktor bentuk  $s_q$  untuk ketentuan kedalaman  $N_q$  serta faktor kedalaman ( $d_i$ ) dan faktor kemiringan ( $i_i$ ). Persamaan daya dukung oleh Hansen (1970) merupakan kelanjutan karya Meyerhoff dengan menambahkan faktor untuk telapak yang dimiringkan terhadap horisontal ( $b_i$ ) dan pengaruh permukaan tanah ( $g_i$ ) bila telapak dipasang pada suatu kemiringan (Joseph E. Bowles, 1997).

Secara lebih detail teori-teori tersebut dapat dinyatakan dalam sebuah persamaan sebagai berikut :

**Tabel 2.5 Persamaan Daya Dukung Menurut Beberapa Penelitian**

Terzaghi (lihat tabel 2.6 untuk nilai tipikal dan nilai $K_{pT}$ )			
$q_{ult} = cN_c s_c + qN_q + 0.5\gamma B N_\gamma s_\gamma$			
$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2 (45 + \frac{\phi}{2})}$			
$a = \phi^{(0.75\pi - \frac{\phi}{2}) \tan \phi}$			
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$			
$N_\gamma = \tan \phi / 2 [ (\frac{N_\gamma}{\cos^2 \phi}) - 1 ]$			
Untuk :	menerus	bundar	bujur sangkar
$s_c =$	1,0	1,3	1,3
$s_\gamma =$	1,0	0,6	0,8
Meyerhof (lihat tabel 2.7 untuk faktor bentuk, kedalaman, dan inklinasi)			
Beban vertikal :	$q_{ult} = cN_c s_c d_c + qN_q s_q d_q + 0.5\gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma$		
Beban miring :	$q_{ult} = cN_c d_c i_c + qN_q d_q i_q + 0.5\gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$		
	$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 [45 + \frac{\phi}{2}]$		
	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$		
	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1.4\phi)$		
Hansen (lihat tabel 2.8 untuk faktor bentuk, kedalaman, dan inklinasi)			
Umum :	$q_{ult} = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5\gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$		



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

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

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

Vesic (lihat tabel 2.8 untuk faktor bentuk, kedalaman, dan inklinasi)

Pakailah persamaan-persamaan Hansen diatas.

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

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

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

(Sumber : J.E. Bowless, 1992 ; 181)

Tabel 2.6 Faktor Daya Dukung untuk Persamaan Terzaghi

Ø, deg	N <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>γ</sub>	K <sub>pr</sub>
0	5,7*	1,0	0,0	10,8
5	7,3	1,6	0,5	12,2
10	9,6	2,7	1,2	14,7
15	12,9	4,4	2,5	18,6
20	17,7	7,4	5,0	25,0
25	25,1	12,7	9,7	35,0
30	37,2	22,5	19,7	52,0
34	52,6	36,5	36,0	
35	57,8	41,4	42,4	82,0
40	95,7	81,3	100,4	141,0
45	172,3	173,3	297,5	298,0
48	258,3	287,9	780,5	
50	347,5	415,1	1153,2	800,0

\* = 1,5 Π + 1

(Sumber : J.E. Bowles, 1992; 182)

Tabel 2.7 Faktor Daya Dukung untuk Persamaan Meyerhof, Hansen, dan Vesic


Ø	N <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>γ(H)</sub>	N <sub>γ(M)</sub>	N <sub>γ(V)</sub>	N <sub>q</sub> /N <sub>c</sub>	2 tan Ø (1-sin Ø) <sup>2</sup>
0	5,14	1,0	0,0	0,0	0,0	0,195	0,000
5	6,49	1,6	0,1	0,1	0,4	0,242	0,146
10	8,34	2,5	0,4	0,4	1,2	0,296	0,241
15	10,97	3,9	1,2	1,1	2,6	0,359	0,294
20	14,83	6,4	2,9	2,9	5,4	0,431	0,315
25	20,71	10,7	6,8	6,8	10,9	0,514	0,311
26	22,25	11,8	7,9	8,0	12,5	0,533	0,308
28	25,79	14,7	10,9	11,2	16,7	0,570	0,299
30	30,13	18,4	15,1	15,7	22,4	0,610	0,289
32	34,47	23,2	20,8	22,0	30,2	0,653	0,276
34	42,14	29,4	28,7	31,1	41,0	0,698	0,262
36	50,55	37,7	40,0	44,4	56,2	0,746	0,247
38	61,31	48,9	56,1	64,0	77,9	0,797	0,231
40	75,25	64,1	79,4	93,6	109,3	0,852	0,214
45	133,73	134,7	200,5	262,3	271,3	1,007	0,172
50	266,50	318,5	567,4	871,7	761,3	1,195	0,131

(Sumber : J.E. Bowles, 1992; 183)



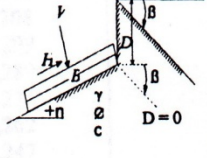


Tabel 2.8 Faktor – faktor Bentuk, Kedalaman, dan Kemiringan untuk Persamaan Meyerhof dari Tabel 2.5

Bentuk :	$s_c = 1 + 0,2 K_p B/L$ $s_q = s_\gamma = 1 + 0,1 K_p B/L$ $s_q = s_\gamma = 1$	semua $\emptyset$ $\emptyset > 10^\circ$ $\emptyset = 0$
Kedalaman :	$d_c = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} D/B$ $d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} D/B$ $d_q = d_\gamma = 1$	semua $\emptyset$ $\emptyset > 10^\circ$ $\emptyset = 0$
Kemiringan :	$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90^\circ)^2$ $i_\gamma = (1 - \theta^\circ/\emptyset^\circ)^2$	semua $\emptyset$ $\emptyset > 10^\circ$
		
dimana:	$K_p = \tan^2 (45 + \emptyset/2)$ $\emptyset =$ sudut resultan diukur dari vertical tanpa tanda B, L, D = sudah ditentukan sebelumnya.	

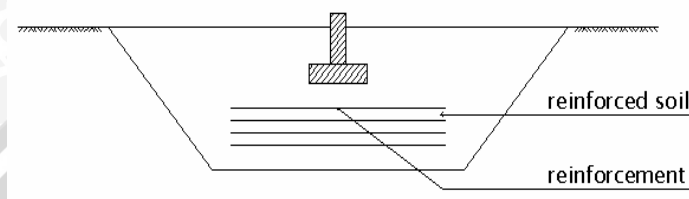
(Sumber : J.E. Bowles, 1992; 182)

Tabel 2.9 Faktor – faktor Bentuk, Kedalaman, dan Kemiringan untuk Persamaan Hansen (1970) dan Vesic (1973) dari Tabel 2.5

Faktor Bentuk	Faktor Kedalaman	Faktor Kemiringan	Faktor Tanah (alas pada lereng)
$s' = 0,2 B/L$ $s_c = 1 + (N_q/N_c) \cdot B/L$ $s_c = 1$ untuk lajur	$d' = 0,4k$ $d_c = 1 + 0,4k$	$i'_c = 0,5 - 0,5(\sqrt{1-H/A_r})$ $i'_{(\gamma)} = 1 - (mH/A_r c_a N_c)$ $i_c = i_q - [(1-i_q)/(N_q-1)]$ (Hansen dan Vesic)	$g'_c = \beta^\circ/147^\circ$ untuk Vesic pakailah $N_\gamma = -2 \sin \beta$ untuk $\emptyset = 0$ $g_c = 1 - (\beta^\circ/147^\circ)$
$s_q = 1 + B/L \tan \emptyset$	$d_q = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset) k$		$g_{q(H)} = g_{\gamma(H)} = (1 - 0,5 \tan \beta)^\delta$
$s_\gamma = 1 - 0,4B/L$	$d_\gamma = 1,00$ untuk semua $\emptyset$	$i_{q(H)} = [1 - \{0,5H/(V + A_r c_a \cot \emptyset)\}]^5$	$g_{q(V)} = g_{\gamma(V)} = (1 - \tan \beta)^\delta$
	$k = D/B$ for $D/B \leq 1$ (rad) $k = \tan^{-1} D/B$ for $D/B > 1$ (rad)	$i_{q(V)} = [1 - \{h/(V + A_r c_a \cot \emptyset)\}]^m$	<b>Faktor alas (alas miring)</b> $b'_c = \eta^\circ/147^\circ$ $b_c = 1 - (\eta^\circ/147^\circ)$
Di mana:	$A_r$ = luas telapak efektif $B' \times L'$ (lihat Gambar 4-4). $c_a$ = Perlekatan pada alas = kohesi atau suatu nilai yang menurun. $D$ = kedalaman telapak dalam tanah (dipakai dengan B dan tidak dipakai pada B'). $e_b, e_L$ = eksentrisitas beban terkait pada pusat dari daerah telapak. $H$ = komponen horizontal pd beban telapak dengan $H \leq V \tan \delta + c_a A_r$ . $V$ = total beban vertikal pd telapak. $B$ = kemiringan tanah yang menjauh dari alas dengan penurunan = (+). $\delta$ = sudut gesekan antara alas dan tanah - biasanya $\delta = \emptyset$ untuk beton pada tanah. $\eta$ = sudut miring alas thd horizontal dengan (+) menaik sebagai kasus yang biasa.	$i_{\gamma(H)} = [1 - \{0,7H/(V + A_r c_a \cot \emptyset)\}]^\delta$ ( $\eta=0$ ) $i_{\gamma(H)} = [1 - \{(0,7 - \eta^\circ/450)/(V + A_r c_a \cot \emptyset)\}]^\delta$ ( $\eta>0$ ) $i_{\gamma(V)} = [1 - \{H/(V + A_r c_a \cot \emptyset)\}]^{m+1}$ ( $\eta=0$ )	$b_{q(H)} = \exp(-2 \eta \tan \emptyset)$ $b_{\gamma(H)} = \exp(-2,7 \eta \tan \emptyset)$ $b_{q(V)} = b_{\gamma(V)} = (1 - \eta \tan \emptyset)^2$
Umum :	1. Jangan memakai $s_i$ terkombinasi dng $i_i$ . 2. Dapat memakai $s_i$ terkombinasi dng $d_i, g_i$ , dan $b_i$ . 3. Untuk $L/B \leq 2$ pakailah $\emptyset_u$ Untuk $L/B > 2$ pakailah $\emptyset_{pr} = 1,5 \emptyset_u - 17$ Untuk $\emptyset \leq 34^\circ$ pakailah $\emptyset_{pr} = \emptyset_u$	$m = m_B = (2+B/L)/(1+B/L)$ H sejajar terhadap B $m = m_L = (2+B/L)/(1+B/L)$ H sejajar terhadap L	<b>Catatan :</b> $\beta + \eta \leq 90^\circ$ $B \leq \emptyset$
		Note : $i_q, i_\gamma > 0$	

(Sumber : J.E. Bowles, 1992; 184)

Daya dukung tanah yang rendah dapat ditingkatkan dengan menggunakan lapisan perkuatan yang diletakkan di bawah pondasi. Salah satunya adalah dengan pemakaian geosintetis seperti geotekstil, geogrid dan geocell. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa lapisan geosintetis yang diletakkan di bawah pondasi dapat meningkatkan daya dukung ultimit yang diijinkan pada penurunan tertentu.



Gambar 2.2 : Pondasi yang diperkuat

Sumber : Collins Jones, 1996 : 175

Pemakaian geosintetis tersebut akan memberikan pengaruh yang berarti seperti :

- Dapat mempengaruhi mode runtuh. Penempatan geosintetis pada tanah lunak mempunyai efek memperkuat subgrade dan memperkecil keruntuhan.
- Geosintetis dapat menyediakan tahanan (*restrain*) dari agregat dan subgrade jika ditempatkan pada batas keduanya (*interface*). Hal ini menimbulkan peningkatan kapasitas distribusi beban yang terkadang memiliki efek sebagaimana pelat.
- Akan timbul aksi membran ketika terjadi friksi antara subgrade dan geosintetis disekitar daerah yang dibebani cukup besar, sehingga dapat berperan sebagai angker. Resultan gaya tarik ke atas yang timbul tersebut mendukung beban dan mengurangi tegangan yang terjadi pada subgrade.

Peningkatan daya dukung ultimit terhadap adanya perkuatan dapat dinyatakan dalam sebuah bentuk non dimensional (Binquet and Lee, 1975).

$$BCR (q_r) = \text{Bearing Capacity Ratio} = \frac{q}{q_0} \quad (2-2)$$

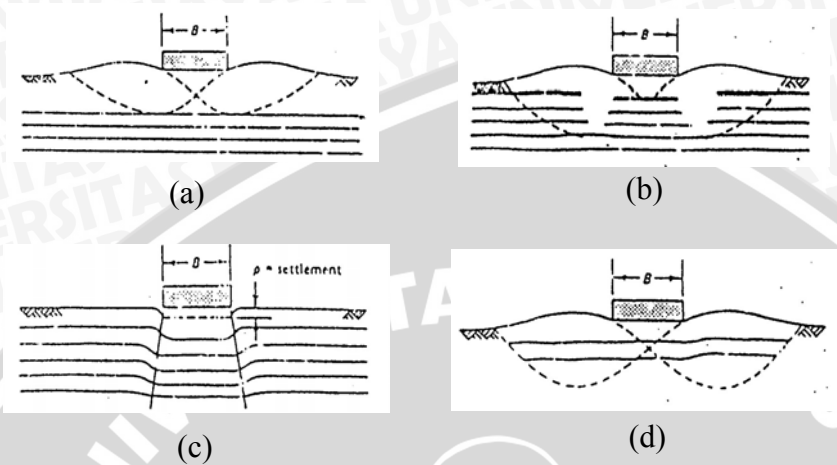
Dimana,  $q_0$  = tegangan tanah di bawah pondasi pada tanah yang tidak diperkuat

$q$  = tegangan tanah di bawah pondasi pada tanah yang diperkuat dengan penurunan yang tetap

Sementara itu hasil penelitian oleh Koerner (1994) menunjukkan bahwa umumnya kerusakan geosintetis dalam hal ini adalah geotekstil, terjadi pada saat



pemasangan dan konstruksi. Penempatan agregat dan pelaksanaan pemadatan dengan alat berat mengakibatkan tegangan yang tinggi pada geotekstil. Beberapa keruntuhan yang terjadi pada pondasi dangkal dengan beberapa lapis geotekstil adalah sebagai berikut :



Gambar 2.3 : Tipe keruntuhan tanah pada pondasi dangkal dengan perkuatan geotekstil

- a. Keruntuhan daya dukung di atas lapisan geotekstil
- b. Keruntuhan tekan atau patah pada lapisan geotekstil
- c. Keruntuhan rangkak atau creep pada lapisan geotekstil
- d. Keruntuhan tarik pada lapisan geotekstil

Sumber : Robert M. Koerner, 1994 : 234

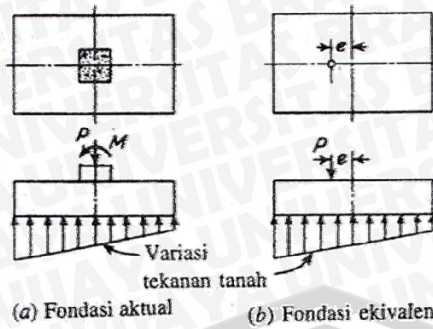
#### 2.4 Pembebanan Eksentrisitas

Pada umumnya pondasi persegi direncanakan untuk pembebanan konsentris yang akan menghasilkan tekanan pada tanah seragam (*uniform*). Akan tetapi banyak pula pondasi yang mendukung tidak hanya beban vertikal saja namun ada juga yang harus mendukung momen, baik terhadap salah satu sumbu atau kedua sumbunya.

Momen  $M$  dapat terjadi di dasar kolom konsentris (gambar 2.14 a) dan akan dipindahkan ke telapak pondasi tersebut, momen  $M$  juga dapat terjadi akibat adanya beban vertikal  $P$  yang letaknya eksentris dengan jarak  $e$  dari pusat berat telapak pondasi (Gambar 2.14 b).

Apabila telapak pondasi pada gambar a dan b memiliki ukuran yang sama dalam perancangan maka reaksi tanah juga identik yang dihasilkan dari  $M = P \times e$ . telapak pondasi pada gambar b selanjutnya disebut equivalent terhadap a.





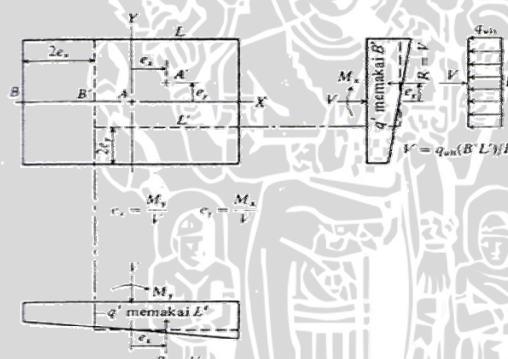
Gambar 2.4 Pondasi Telapak yang mendukung momen (Peck, Hanson, Thornburn :608)

Penelitian dan pengamatan [ Meyerhof (1953), Hansen (1970) ] menunjukkan bahwa dimensi pondasi telapak efektif adalah (lihat gambar 2.15).

$$L' = L - 2e_x \quad B' = B - 2e_y \quad (2.3)$$

Yang harus digunakan dalam perhitungan luas pondasi telapak efektif sebesar

$$A_f = B' \cdot L' \quad (2.4)$$



Gambar 2.5 Metode menghitung ukuran telapak efektif dibebani eksentris untuk alas persegi panjang.

Jelaslah bahwa dengan adanya eksentrisitas, maka dimensi yang sesungguhnya digunakan adalah  $B'$  dan  $L'$

Daya dukung ultimit, berdasarkan persamaan Mayerhof atau Hansen, didapatkan dengan menggunakan  $B''$  dalam suku  $\gamma B N \gamma$  dan  $B'$  dalam menghitung faktor bentuk. Hal ini memperkecil daya dukung ultimit yang dihitung, dan beban batas pondasi telapak juga harus dihitung sebagai

$$P_{ult} = q_{ult} R_e \quad (2.5)$$

Suatu metode alternatif untuk mendapatkan tekanan dukung yang direduksi bagi pondasi telapak yang dibebani eksentris diusulkan oleh Meyerhof (1953). Dalam prosedur ini, tekanan telapak dihitung untuk pembebanan konsentris dengan

menggunakan persamaan-persamaan pada tabel 2.5. Tekanan daya dukung diperkecil dengan faktor reduksi Re sebagai

$$q_{ult} = q_{ult} Re \quad (2.6)$$

dimana faktor Re telah diubah menjadi bentuk persamaan oleh pengarang sebagai berikut :

$$Re = 1 - 2 \frac{e}{B} \quad (\text{Tanah kohesif}) \quad (2.7)$$

$$Re = 1 - \left(\frac{e}{b}\right)^{1/2} \quad (\text{tanah tak berkohesif dan } 0 < \frac{e}{B} < 0,3.) \quad (2.8)$$

Jelaslah bahwa bila  $e/B$  (lihat gambar 2.5) sama dengan 0,5 maka beban bekerja secara efektif pada tepi telapak dan tekanan dukung ultimit mendekati nol. Dalam praktek  $e/B$  jarang lebih besar dari 0,2 dan umumnya kurang dari  $B/6$ . dalam persamaan ini  $L$  dan  $B$  dapat dipertukarkan dan keadaan yang paling ekonomis diperoleh dengan menggunakan pondasi telapak persegi dengan eksentrisitas yang sejajar sumbu panjang.

Dari berbagai macam persamaan di atas maka persamaan daya dukung untuk pembebanan eksentrisitas juga mengalami perubahan. Perubahan ini terjadi untuk persamaan yang dikemukakan Meyerhof maupun oleh Hansen. Dengan demikian untuk persamaan 2.5 mengalami perubahan. Begitu juga untuk persamaan faktor bentuknya pada masing-masing persamaan. Perubahan ini dapat dituliskan sebagai berikut :

Metode daya dukung Meyerhof

$$q_f = cN_c s_c d_c + qN_q s_q d_q + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma \quad (2.9)$$

$$\text{dimana} \quad s_c = 1 + 0,2 K_p \frac{B'}{L'} \quad \text{semua } \emptyset$$

$$s_q = 1 + 0,1 K_p \frac{B'}{L'} \quad \emptyset > 10^\circ$$

$$s_\gamma = s_q = 1 \quad \emptyset = 0$$

$$d_c = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} \frac{D}{B'} \quad \emptyset > 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \emptyset = 0$$

Metode daya dukung Hansen

$$Q_f = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma \quad (2.10)$$



dimana

$$s_c = 1 + \frac{Nq \cdot B'}{Nc \cdot L'}$$

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \tan \phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \frac{B'}{L'}$$

$$d_c = 1 + 0,4 \frac{D'}{L'} \quad \text{jika } D/B \leq 1$$

$$d_c = 1 + 0,4 \tan^{-1} \frac{D'}{L'} \quad \text{jika } D > B$$

$$d_q = 1 + 2 \frac{D'}{L'} \tan^{-1}(1 - \sin \phi)^2 \quad \text{jika } D/B \leq 1$$

$$d_q = 1 + 2 \frac{D'}{L'} \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \quad \text{jika } D > B$$

$$d_\gamma = 1$$

## 2.5 Model Keruntuhan Pondasi

Besarnya tegangan geser tanah di bawah pondasi bergantung pada besarnya beban dan ukuran pondasi. Jika beban cukup besar atau ukuran pondasi terlalu kecil, maka tegangan geser yang terjadi dapat melampaui kekuatan geser tanah yang bisa menyebabkan keruntuhan dari pondasi.

Berdasarkan pengujian model, **Vesic (1963)** membagi mekanisme keruntuhan pondasi menjadi 3 macam (seperti pada gambar 2.4)

### 1. Keruntuhan geser umum (*general shear failure*)

Keruntuhan ini terjadi pada tanah yang relatif padat dan tak mampu mampat (*incompressible*), dimana keruntuhan yang terjadi berlangsung tiba-tiba dan garis longsoran tampak jelas dari ujung telapak pondasi ke permukaan tanah di tepi pondasi. Pada keruntuhan ini beban ultimit dapat ditentukan dengan jelas. Bila tekanan dinaikkan menjadi  $q_f$ , akan dicapai kondisi keseimbangan plastis mula-mula pada tanah disekeliling sisi-sisi pondasi lalu secara bertahap menyebar ke bawah dan ke luar. Akhirnya kondisi keseimbangan plastis ultimit akan terbentuk pada sepanjang tanah diatas bidang runtuh. Terjadi pengangkatan (*heaving*) pada permukaan tanah, yaitu pada kedua sisi pondasi. Meskipun gerakan menggelincir hanya akan terjadi pada satu sisi saja disertai miringnya pondasi.



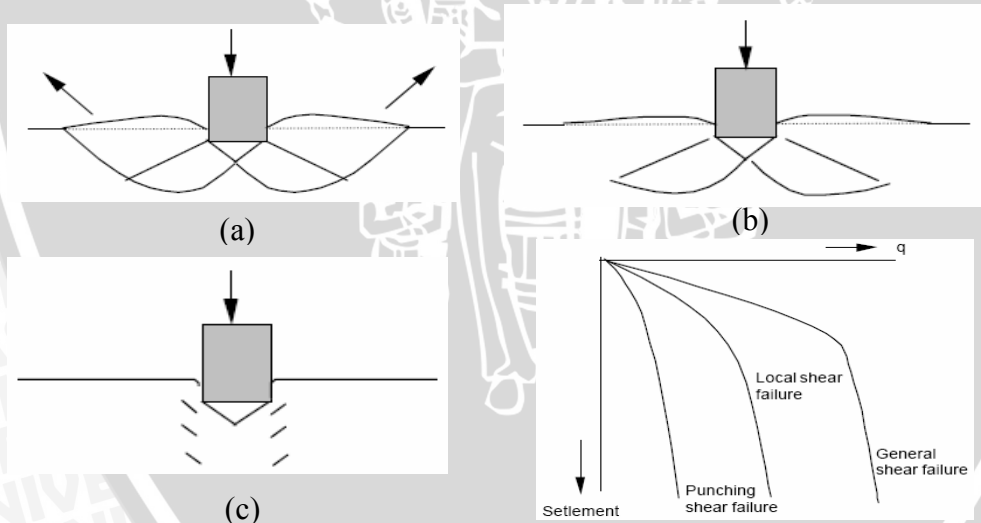
## 2. Keruntuhan geser lokal (*local shear failure*)

Terjadi pada tanah yang relatif mampu mampat (*compressible*). Pada keruntuhan ini terdapat kompresi yang cukup besar pada tanah di bawah pondasi dan kondisi keseimbangan plastis hanya terbentuk pada sebagian tanah saja. Permukaan runtuh tidak sampai mencapai permukaan tanah dan pengangkatan yang terjadi hanya sedikit. Kemiringan pada pondasi dalam hal ini diperkirakan tidak terjadi. Keruntuhan geser lokal ditandai dengan karakteristik tertentu yaitu terjadinya penurunan yang relatif besar dan kenyataan bahwa daya dukung ultimit tidak dapat didefinisikan.

## 3. Keruntuhan geser pons (*punching shear failure*)

Keruntuhan geser pons terjadi jika terdapat kompresi pada tanah dibawah pondasi yang disertai dengan adanya geseran vertikal di sekitar sisi-sisi pondasi. Tidak terjadi pengangkatan pada permukaan tanah dan pondasi tidak akan miring. Keruntuhan ini dicirikan dengan terjadinya penurunan yang relatif besar dan daya dukung ultimit yang tidak terdefinisi dengan baik.

Secara umum cara-cara keruntuhan tergantung pada kompresibilitas tanah dan kedalaman pondasi relatif terhadap lebarnya.

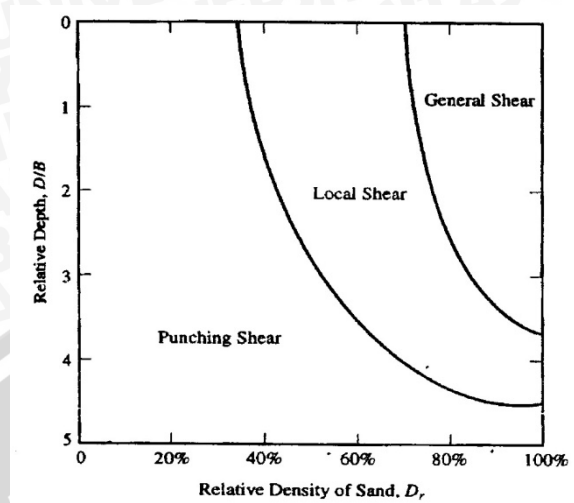


Gambar 2.6 : Cara-cara keruntuhan (a.) geser umum, (b.) geser lokal, (c.) geser pons

Sumber : R.F. Craig, 1991 : 264

Vesic (1973) menunjukkan hasil dari pengujian pembebanan terhadap suatu model pondasi pada tanah pasir, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.5. meskipun hasil pengujian ini hanya dapat menjadi kesimpulan umum untuk tanah pasir yang diuji oleh Vesic, dan tidak dapat menjadi suatu kesimpulan umum untuk semua jenis tanah,

namun grafik tersebut menunjukkan hubungan umum dari model keruntuhan, kerapatan relatif, dan rasio  $D_f/B$ .



Gambar 2.7: Hubungan kedalaman relatif dan kerapatan relatif dari tanah pasir dan model keruntuhan tanah pasir chattahoochee (Vesic, 1963 dan 1973)

Sumber : Donald P. Coduto, 1994 : 165

Menurut Vesic (1963), model keruntuhan geser umum diharapkan terjadi pada pondasi yang relatif dangkal yang terletak pada pasir padat atau kira-kira dengan  $\phi > 36^\circ$ , sedang untuk keruntuhan lokal kira-kira  $\phi < 29^\circ$ .

Coduto (1994) memberikan petunjuk-petunjuk mengenai kriteria kuantitatif untuk menentukan mana dari ketiga model keruntuhan yang akan terjadi pada suatu kondisi tertentu, yaitu sebagai berikut:

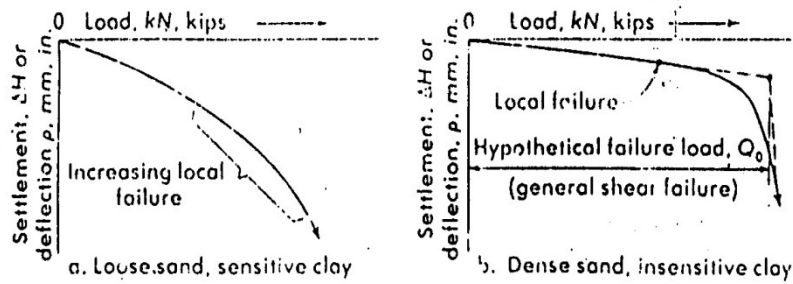
- Pondasi pada tanah lempung akan terjadi keruntuhan geser umum
- Pondasi pada tanah pasir padat (pasir dengan kerapatan relatif di atas 67%) akan mengalami keruntuhan geser umum.
- Pondasi pada tanah pasir lepas sampai tanah pasir sedang (kerapatan relatif  $30\% < D_r < 67\%$ ) kemungkinan akan mengalami keruntuhan geser setempat.
- Pondasi pada tanah pasir yang sangat lepas (kerapatan relatif kurang dari 30%) kemungkinan akan mengalami keruntuhan penetrasi.

## 2.6 Interaksi antara tanah pasir, material perkuatan dan beban

Kapasitas tanah untuk menahan beban bervariasi bukan hanya karena kekuatannya tetapi juga karena besar dan distribusi beban. Bertambahnya beban secara bertahap membuat tanah berdeformasi. Saat beban runtuh kritis ( $Q_0$ ) tercapai angka



deformasi yang bertambah besar sekalipun beban bertambah sedikit atau tidak sama sekali.



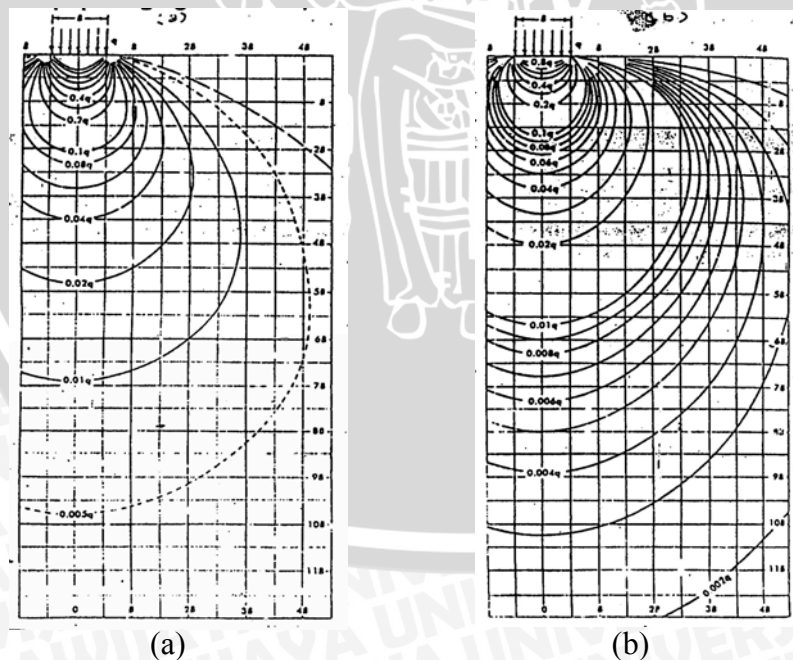
Gambar 2.8 : Kurva beban penurunan untuk pondasi

Sumber : George F. Sowers, 1979 : 44

Konsep ini dapat digunakan sebagai dasar untuk dapat memahami bagaimana tanah pasir, material perkuatan dan beban berperilaku ketika saling berinteraksi.

Ketika beban bekerja pada permukaan massa tanah, tegangan vertikal di dalam massa tanah bertambah dan beban pada permukaan tersebut ditransfer ke seluruh massa tanah serta tersebar secara lateral sebanding dengan kedalaman. Sehingga dapat diasumsikan bahwa beban menyebar ke dalam massa tanah dalam bentuk piramida terpancung.

Konsep ini dikembangkan lagi oleh Boussinesq, Westergaard dan Newmark yang hasilnya berupa plot tegangan dibawah pondasi persegi.



Gambar 2.9 : Plot Tegangan Vertikal dibawah Pondasi Persegi, (a.) Bousinesq (b.) Westergaard

Sumber : George F. Sowers, 1979 : 458

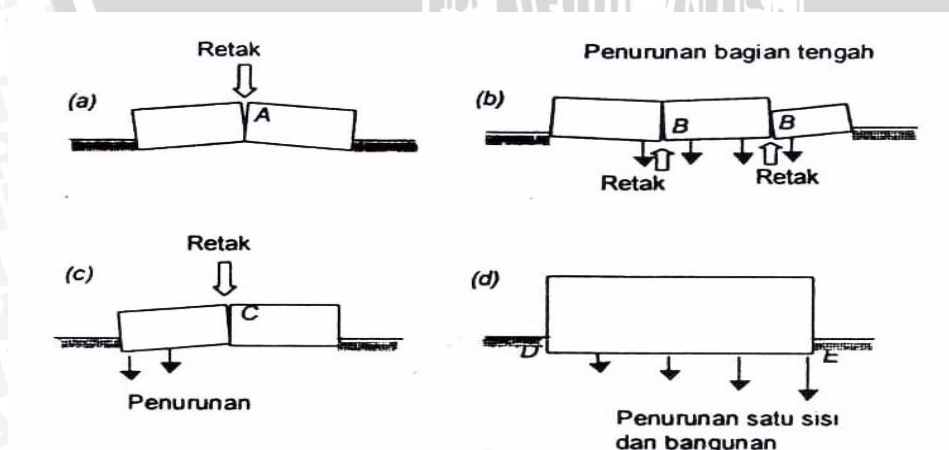


Dari gambar tegangan terlihat pengaruh tekanan hanya berkisar pada kedalaman 0 - 1,5B hingga 2B. Diluar itu besarnya tekanan tidak lebih dari 10%. Walaupun konsep distribusi tekanan tersebut lebih banyak berlaku pada kondisi teoritis namun setidaknya dapat memberikan gambaran sejauh mana beban berpengaruh. Hal tersebut dengan sendirinya menjelaskan mengapa penempatan lapisan perkuatan tidak efektif di luar kedalaman 1,5B.

## 2.7 Penurunan

Jika lapisan tanah mengalami pembebanan maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (*settlement*). Regangan ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun pengurangan rongga pori atau air di dalam tanah. Jumlah regangan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanahnya. Umumnya penurunan tak seragam lebih membahayakan daripada penurunan totalnya. Beberapa sebab terjadinya penurunan akibat pembebanan adalah sebagai berikut :

1. Keruntuhan geser akibat terlampainya daya dukung tanah, hal ini akan menyebabkan penurunan sebagian (*differential settlement*) dan penurunan diseluruh bangunan.
2. Kerusakan akibat defleksi yang besar pada pondasinya. Kerusakan ini umumnya terjadi pada pondasi dalam.
3. Distorsi geser pada tanah pendukungnya (*shear distorsion*) dari tanah pendukungnya.
4. Turunnya tanah akibat perubahan angka pori.



Gambar 2.10 : Contoh kerusakan bangunan akibat penurunan

Sumber : Hary Christady H, 1996 : 142

Pertimbangan pertama dalam menghitung besarnya penurunan adalah penyebaran tekanan pondasi ke tanah dasar, hal ini sangat bergantung pada kekakuan pondasi dan sifat-sifat tanah. Tekanan yang terjadi pada pertemuan antara dasar pondasi dan tanah disebut tekanan sentuh (*contact pressure*) yang berpengaruh terhadap distribusi momen dan tegangan geser pondasi terhadap tanah. Dalam praktek sangat jarang dijumpai pondasi yang benar-benar kaku, karena itu distribusi tekanan sentuh yang terjadi adalah antara pondasi kaku dan fleksibel sehingga dapat dianggap seragam bila beban terbagi rata seragam.

## 2.8 Pemakaian Anyaman Bambu sebagai Material Perkuatan Tanah

Pemakaian anyaman bambu sebagai material perkuatan pada tanah merupakan fenomena baru dalam penelitian ini. Sebelumnya bambu hanya digunakan sebagai bahan konstruksi, tetapi dengan berkembangnya ilmu rekayasa bahan menjadikan bambu diteliti sebagai alternatif material perkuatan dalam bidang geoteknik.

Douglas dan Low (1990) telah meneliti penggunaan anyaman bambu pada tanah lempung. Dalam penelitian tersebut anyaman bambu dimodelkan seperti geogrid. Anyaman bambu berfungsi sebagai penahan kuat tarik, sedangkan tanah adalah penahan kuat tekan dan melindungi bambu dari pengaruh udara.

Penelitian lain yang menggunakan tanah pasir lepas dilakukan oleh Yusep Muslih Purwana (2002). Lapisan anyaman kulit bambu diletakkan di bawah pondasi telapak lingkaran dengan berbagai konfigurasi jumlah lapis dan jarak spasi serta variasi lapisan perkuatan tunggal maupun rangkap.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penempatan lapisan perkuatan dengan anyaman kulit bambu dapat menaikkan daya dukung ultimit. Untuk perkuatan tunggal, peningkatan kapasitas daya dukung maksimal sebesar 3,07. Untuk perkuatan rangkap 2, daya dukung meningkat sebesar 3,5 dan untuk perkuatan rangkap 3 peningkatan daya dukungnya mencapai 3,7. Kemudian BCR maksimal terjadi pada konfigurasi perkuatan dengan jarak spasi antar perkuatan sebesar 0,5 diameter pondasi. Dan semakin banyak serta semakin rapat lapisan perkuatan cenderung akan menaikkan BCR.

Sedangkan perkuatan tanah dengan lapisan geosintetis telah diteliti oleh Yetimoglu (1994) yang menggunakan geogrid sebagai bahan perkuatan pada tanah pasir. Yetimoglu mengindikasikan adanya harga optimum dari rasio kedalaman. Rasio kedalaman merupakan perbandingan antara jarak lapis pertama geogrid dari dasar



pondasi terhadap lebar pondasi. Untuk perkuatan yang menggunakan satu lapis geogrid, rasio kedalaman berkisar antara  $0,3B$  dan  $BCR$  akan mendekati konstan apabila rasio kedalaman lebih dari  $1B$ . Sedangkan untuk multi lapis geogrid, rasio kedalaman berkisar  $0,25B$  dan  $BCR$  akan cenderung menurun dengan meningkatnya rasio kedalaman. Perubahan  $BCR$  tersebut tidak terlalu berarti untuk rasio kedalaman kurang dari  $0,3B$  tetapi  $BCR$  akan semakin kecil apabila rasio kedalaman lebih dari  $0,9B$ .

Menurut Singh (1988) yang menggunakan pondasi persegi menyebutkan rasio kedalaman optimum sekitar  $0,25B$  baik untuk satu lapis geogrid atau lebih. Sementara Akinmurusu dan Akinbolade (1981) menyebut rasio kedalaman optimum adalah  $0,5B$  untuk pondasi persegi pada multilapis geogrid.

Untuk jarak antar lapis geogrid yang optimum, Yetimoglu (1994) mengindikasikan sekitar  $0,2B$  sedangkan Singh (1988) menyarankan jarak antara  $0,15B - 0,25B$ . Bertambahnya jarak antar lapis tersebut menyebabkan nilai  $BCR$  akan menurun.

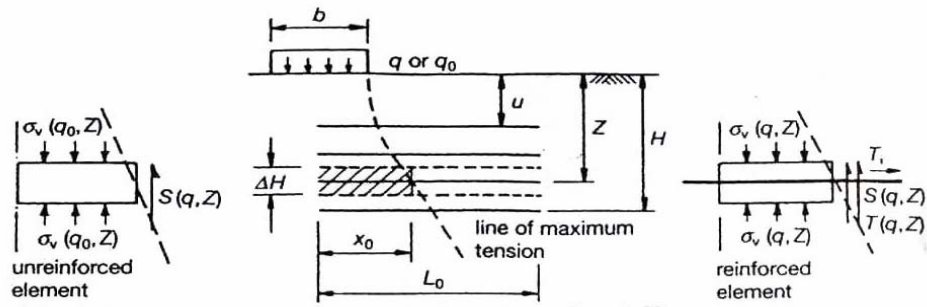
Secara umum jarak lapis pertama dan jarak antar lapis pada perkuatan dengan geogrid dapat disederhanakan sbb :

**Tabel 2.10 Pembagian Jarak Lapis Pertama dan Jarak antar Lapis Perkuatan**

	Jarak lapis pertama		jarak antar lapis
	1 lapis	multi lapis	
Yetimoglu (1994)	$0.3B$	$0.25B$	$0.2B$
Singh (1988)	$0.25B$	$0.25B$	$0.15B - 0.25B$
Akinmurusu dan Akinbolade (1981)	-	$0.5B$	-

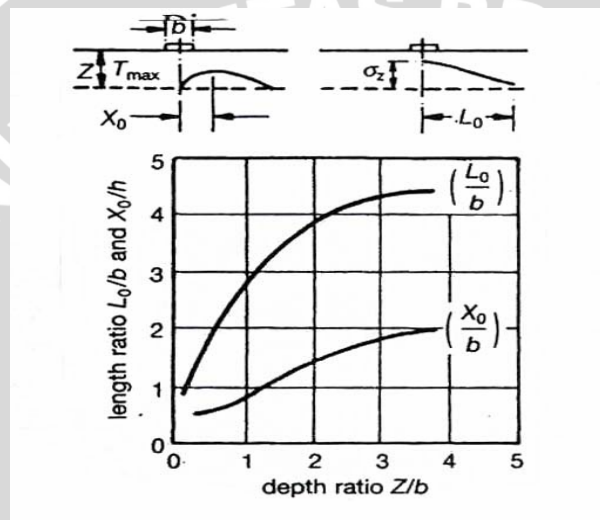
Yetimoglu juga menyebutkan bahwa peningkatan  $BCR$  kurang berarti pada kedalaman perkuatan melampaui  $1,5B$ . Oleh karena itu, penempatan geogrid di luar jarak  $1,5B$  dari dasar pondasi tidak akan memberikan kenaikan  $BCR$  yang berarti.

Boussinesq, Binquet dan Lee (1975) mendefinisikan bahwa lokasi dari tekanan maksimum pada perkuatan seperti gambar 2.11. Panjang  $L_0$  didefinisikan sebagai titik yang mana tekanan vertikal  $\sigma_v$  adalah satu persen dari tekanan yang digunakan.



Gambar 2.11 : Komponen dimensi untuk teori kekuatan daya dukung pondasi

Sumber : Collins Jones, 1996 : 176



Gambar 2.12 : Hubungan antara rasio kedalaman  $Z/b$  dengan rasio lebar  $L_0/b$  dan  $X_0/b$

Sumber : Collins Jones, 1996 : 176

$L_0$  dalam hal ini selayaknya panjang penyaluran tulangan pada beton bertulang. Pertambahan panjang diluar zona runtuh merupakan syarat agar geosintetis mempunyai pengaruh terhadap tanah dasar.

## 2.9 Kekakuan Bahan terhadap Beban

Berdasarkan konsep mengenai perbandingan tegangan dan regangan sebagaimana yang dirumuskan oleh Hooke, maka ditetapkanlah suatu besaran sebagai suatu konstanta untuk menyatakan hubungan Tegangan–Regangan. Tetapan perbandingan yang menyatakan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan dinotasikan dengan  $E$ , atau yang disebut sebagai Modulus Elastisitas (*Modulus Young*).

Secara mekanis besaran modulus elastisitas menyatakan kekakuan suatu bahan terhadap beban yang diberikan kepada bahan itu sendiri. Nilai modulus elastisitas



merupakan suatu sifat yang pasti dari suatu bahan di alam. Sedangkan untuk nilai regangan ( $\epsilon$ ) dalam eksperimen selalu merupakan bilangan yang sangat kecil, karena itu nilai E haruslah memiliki harga yang besar. Harga-harga pendekatan dari nilai modulus elastisitas untuk beberapa bahan sangatlah berbeda.

Pada tanah, modulus elastisitas sangat berpengaruh terhadap penurunan. Modulus elastisitas (E) akan bertambah jika kedalaman tanah bertambah, karena modulus elastis sangat sensitif terhadap tekanan keliling (*confining pressure*). Umumnya, modulus elastis tanah dapat ditentukan di laboratorium dengan uji triaksial kondisi undrained, dimana E ditentukan dari pendekatan kemiringan kurva tegangan-regangan yang diambil pada  $\frac{1}{2}$  dari beban ultimit aksial. Gangguan benda uji (*sample disturbance*) mempunyai pengaruh yang besar pada nilai modulus elastis yang diperoleh (Simons, 1957 ; Ladd, 1969 ; Raymond dkk., 1971). Sedangkan untuk di lapangan, nilai perkiraan modulus elastis dapat diperoleh dari uji kerucut statis (*sondir*), SPT maupun beban pelat (*plat load test*).

Nilai-nilai modulus elastis (E) untuk tanah pasir ditunjukkan pada tabel berikut :

**Tabel 2.11 Perkiraan Modulus Elastis Tanah**

Macam tanah	E (kg/cm <sup>2</sup> )
Pasir :	
Berlanau	50 – 200
Tidak padat	100 – 250
Padat	500 – 1000
Pasir dan kerikil :	
Padat	800 – 2000
Tidak padat	500 – 1400

Sumber : Hary Christady H, 1994 : 115

Untuk nilai modulus elastisitas dari anyaman bambu, diperoleh dengan pengujian bahan bambu di laboratorium. Dimana nantinya akan didapat dua nilai dari hasil pengujian yang berbeda yaitu pengujian kekuatan tekan dan kekuatan tarik bambu yang akan menghasilkan suatu modulus young. Dari hasil pengujian didapatkan nilai modulus elastisitas untuk bambu pada kondisi kering udara adalah berkisar antara 170000 - 200000 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan pada kondisi basah antara 90000 -101000 kg/cm<sup>2</sup>.

Dengan mengetahui secara umum besaran dari nilai modulus elastisitas (E) kedua bahan, maka dapat diketahui bahwa nilai modulus elastisitas (E) dari bambu lebih besar dari nilai modulus elastisitas (E) dari tanah. Sehingga bambu mempunyai

sifat yang lebih kaku dari tanah, dimana mekanisme yang akan terjadi pada interaksi antara kedua bahan tersebut adalah *pullout*.

Mekanisme *pullout* merupakan perilaku dimana terjadi interaksi antara tanah-geosintetis (material perkuatan) sebagai akibat adanya gaya yang mengakibatkan geosintetis terdorong atau tertarik keluar dari sistem struktur tanah yang diperkuat. Mekanisme ini diuji dengan pullout test yang hasilnya dianalisa dengan solusi numerik. Test pullout ini menggambarkan tahanan geser ultimit dan perpindahan geser pada interface antara tanah-geosintetis sebagai fungsi dari tegangan normal.

## 2.10 Kriteria Penentuan Daya Dukung Ultimit

Untuk menentukan daya dukung ultimit tidak hanya berasal dari beberapa rumusan yang dikemukakan oleh beberapa ahli. Daya dukung ultimit dari hasil percobaan pembebanan di laboratorium dapat diperoleh dari grafik hubungan antara daya dukung lawan penurunan. Penentuan daya dukung ultimit dengan cara ini ditujukan untuk mempermudah mengetahui nilai daya dukung ultimit pada kondisi pondasi dengan perkuatan. Karena berbeda dengan kondisi tanpa perkuatan, pada kondisi dengan perkuatan, faktor-faktor daya dukung sulit ditentukan karena adanya pengaruh lapisan perkuatan sehingga rumus-rumus perhitungan daya dukung tidak dapat digunakan.

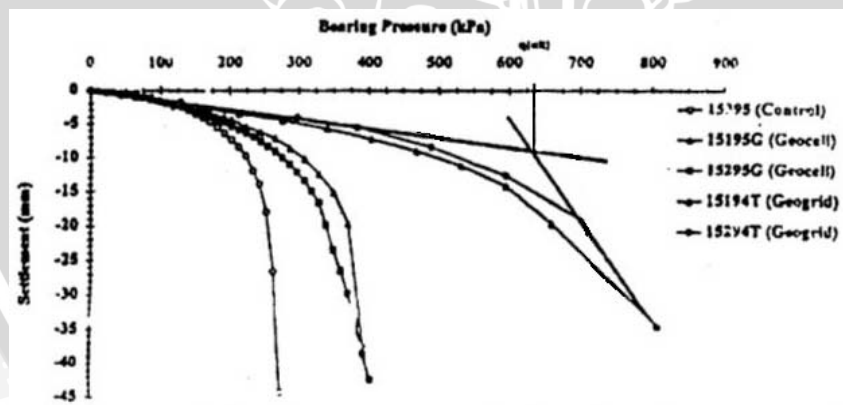
Vesic (1967) menentukan beban ultimit adalah suatu titik dimana kemiringan kurva beban-penurunan pertama kali mencapai nilai minimum. Vesic (1975) juga mendefinisikan bahwa beban ultimit sebagai titik patah dari kurva beban penurunan dalam plot log-log. Kriteria ini memerlukan uji pembebanan sampai tercapai deformasi 50 % dari ukuran pondasi.

Hasil penelitian lain oleh Skempton 1951 menyimpulkan bahwa untuk pondasi pada permukaan, beban ultimit yang terjadi berkisar antara 3% - 7% lebar pondasi. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat uji pembebanan, beban ultimit diperkirakan terjadi pada saat pondasi mengalami penurunan sekitar 3% - 7% dari lebarnya. Dan untuk pondasi dangkal, beban ultimit diperkirakan terjadi pada saat penurunannya sekitar 15% dari lebar pondasinya. Sedangkan menurut Vesic (1975) beban ultimit yang terjadi diperkirakan pada saat pondasi mengalami penurunan sekitar 25% dari lebar pondasinya.



Dalam *Civil Engineering Code of Practice* 1954 (CECP 1954) mengusulkan cara untuk memperoleh daya dukung ultimit dengan memplotkan hasil uji pembebanan pada kurva daya dukung-penurunan. Dari kurva tersebut ditarik garis singgung pada kurva bagian atas dengan kurva bagian bawah. Kurva bagian atas yang lurus menunjukkan bahwa besarnya penurunan masih sebanding dengan beban yang bekerja. Sedangkan kurva bagian bawah menunjukkan bahwa meskipun beban tetap bekerja tetapi penurunan terus terjadi karena telah terjadi keruntuhan pada lapisan tanah pendukung. Dari pertemuan dua garis singgung yang saling berpotongan tersebut, dibagi menjadi dua sudut yang sama besar ke arah kurva sehingga memotong kurva daya dukung-penurunan. Dtitik potong itu ditarik garis vertikal ke arah sumbu x yang menyatakan besarnya beban. Beban ultimit diperoleh dengan mengalikan angka yang didapat dengan faktor 0,75.

Sedangkan Michael T. Adams dan James G. Collins (1997) menentukan daya dukung ultimit dengan metode tangen intersection dimana dari kurva daya dukung-penurunan ditarik garis singgung pada kurva bagian awal yang lurus dengan bagian akhir dari kurva yang bentuknya curam. Perpotongan garis singgung tersebut ditarik vertikal ke atas sampai memotong sumbu x. Nilai yang diperoleh tersebut menunjukkan besarnya daya dukung ultimit.



Gambar 2.13 : Penentuan beban ultimit menurut Michael T. Adams dan James G. Collins (1997)

Sumber : Michael T. Adams and James G. Collins (1997)

## 2.11 Percobaan Laboratorium

### 2.11.1 Analisa saring

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui jenis tanah pasir yang akan digunakan. Tanah pasir yang dimaksud harus sesuai dengan batas yang telah disepakati, yaitu yang mempunyai ukuran batas butiran 4,75 mm sampai dengan 0,075 mm. Selain itu untuk mengetahui termasuk dalam golongan deposit mana pasir tersebut, apakah lepas, sedang atau padat.

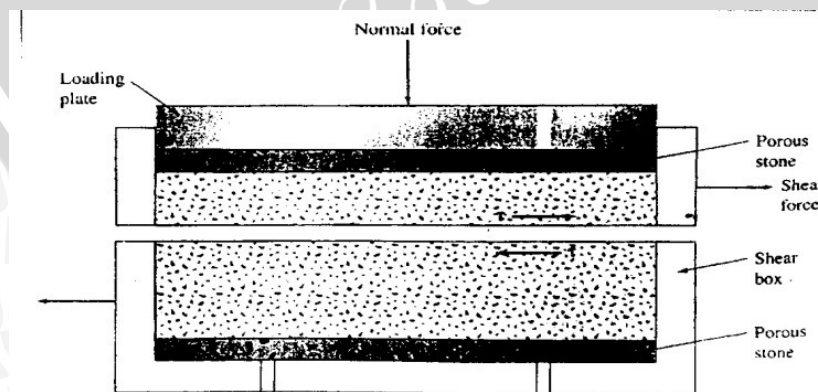
### 2.11.2 Berat Jenis tanah

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis tanah yang mempunyai butiran lolos saringan no. 40 dengan picnometer. Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

### 2.11.3 Kuat Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Pengujian ini untuk mendapatkan parameter-parameter kekuatan geser, yaitu  $c$  dan  $\phi$ . Parameter – parameter ini yang nantinya akan sangat menentukan daya dukung tanah tersebut. Pada sampel tanah pasir, pengujian menggunakan alat ini sangat memudahkan dalam mendapatkan parameter tersebut.

Pada pengujian ini sampel tanah yaitu tanah pasir dimasukkan ke dalam alat uji yang kemudian diberi gaya normal dari atas. Selain itu pada uji ini juga juga diberikan gaya geser ke samping. Pengaruh dari kedua gaya tersebut akan menyebabkan tanah mengalami keruntuhan. Dari pengujian ini akan didapatkan nilai tegangan normal dan tegangan geser yang pada akhirnya akan diplotkan untuk mendapatkan parameter tanah pasir tersebut yaitu  $c$  dan  $\phi$ .



Gambar 2.14 : Uji Kekuatan Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Sumber : Braja M. Das, 2000 : 212



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

Tempat : Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Malang

Waktu : Juli – Agustus 2007

#### 3.2. Bahan Penelitian

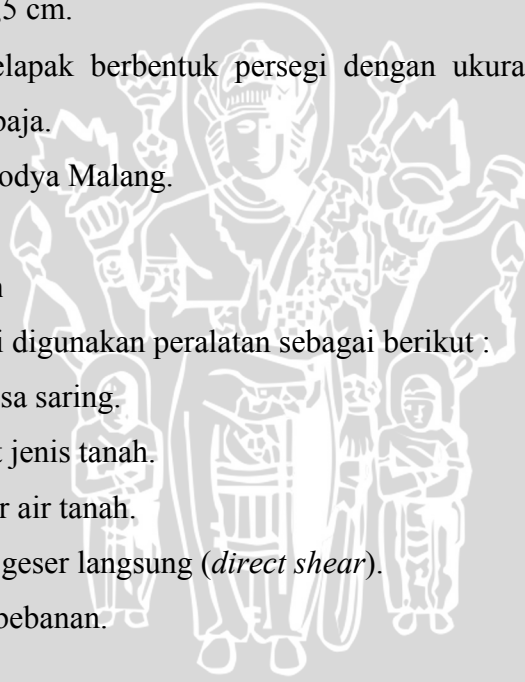
Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Tanah pasir sedang (*medium sand*)
2. Anyaman bambu yang digunakan adalah jenis bambu apus (bambu tali) dengan lebar seratnya  $\pm 0,5$  cm.
3. Model pondasi telapak berbentuk persegi dengan ukuran 10 x 10 cm yang terbuat dari pelat baja.
4. Air dari PDAM Kodya Malang.

#### 3.3. Peralatan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan peralatan sebagai berikut :

- a. Peralatan uji analisa saring.
- b. Peralatan uji berat jenis tanah.
- c. Peralatan uji kadar air tanah.
- d. Peralatan uji kuat geser langsung (*direct shear*).
- e. Peralatan uji pembebanan.
- f. Boks uji.
- g. Dongkrak hidraulik.
- h. Model pondasi.
- i. Alat timbang.
- j. *Proving ring*.
- k. *Dial gauge*.
- l. Pencatat waktu (*stop watch*).
- m. *Waterpass*.
- n. Unting-unting



### 3.4. Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini :

- a. Pemeriksaan analisa saring mengikuti AASHTO T-27-74 dan ASTM C-136-46.
- b. Pemeriksaan berat jenis tanah mengikuti AASHTO T-100-74 dan ASTM D-854-58.
- c. Pemeriksaan kadar air tanah mengikuti AASHTO T-265 dan ASTM D-2216-90.
- d. Pemeriksaan kuat geser langsung (direct shear test) mengikuti AASHTO T-236-72 dan ASTM D-3080-72.
- e. Pemeriksaan uji pembebanan.

Metode-metode penelitian diatas dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui klasifikasi tanah pasir yang akan digunakan sebagai media penelitian dan untuk memperoleh nilai daya dukung serta nilai penurunan yang terjadi dari tanah pasir tersebut yang telah diperkuat dengan lapis anyaman bambu dengan variasi luas dan jumlah lapis anyaman bambu, akibat pembebanan yang dilakukan.

### 3.5. Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini ditekankan pada variasi terhadap luas anyaman bambu dan variasi jumlah lapis anyaman bambu. Jumlah keseluruhan penelitian sebanyak 10 kali. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah luas anyaman bambu dan jumlah lapis anyaman bambu. Sedangkan variabel tak bebas adalah hasil pembebanan dan nilai pembacaan dial gauge.

Dalam penelitian ini digunakan lapis anyaman bambu dengan variasi luas 40 cm x 40 cm, 60 cm x 60 cm, dan 70 cm x 70 cm. Untuk jarak antar lapisnya ditetapkan 0,5B dengan penempatan jarak lapis 1, 2, dan 3 yang sama. Lapis ke-3 ini memiliki jarak maksimal 1,5B dari bawah pondasi, hal ini dikarenakan telah disinggung pada bab sebelumnya bahwa peningkatan BCR kurang berarti pada kedalaman perkuatan melampaui 1,5B. Variasi jarak tersebut diambil berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang menggunakan perkuatan geosintetis yaitu geotekstil dan geogrid. Penelitian Rianti (1999) yang menggunakan geotekstil (model pondasi telapak) pada tanah pasir lepas menyimpulkan bahwa, rasio daya dukung terbesar sekitar 4 kali daya dukung tanah tanpa perkuatan terjadi pada jarak pemasangan 0,3B. Sedangkan untuk perkuatan dengan geogrid didasarkan pada penelitian Yetimoglu (1994) yang diberikan seperti pada tabel 2.10.



**Tabel 2.10 Pembagian jarak lapis pertama dan jarak antar lapis perkuatan**

	Jarak lapis pertama		jarak antar lapis
	1 lapis	multi lapis	
Yetimoglu (1994)	0.3B	0.25B	0.2B
Singh (1988)	0.25B	0.25B	0.15B - 0.25B
Akinmurusu dan Akinbolade (1981)	-	0.5B	-

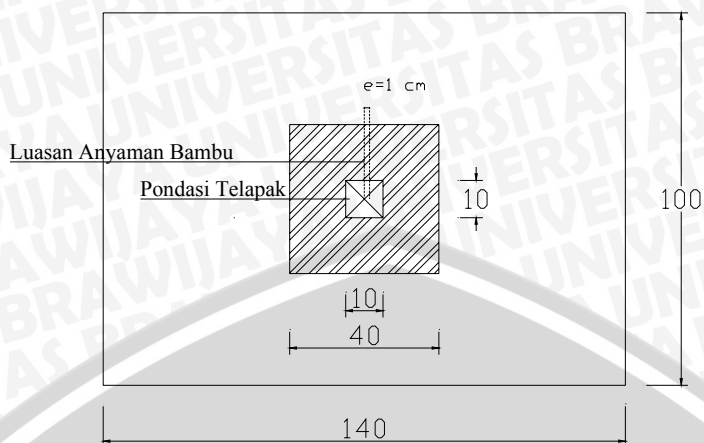
Untuk penelitian yang menggunakan lapisan anyaman kulit bambu pada tanah pasir lepas (model pondasi telapak lingkaran) oleh Yusep Muslih Purwana (2002) menyimpulkan bahwa BCR maksimal terjadi pada jarak spasi antar perkuatan sebesar 0,5 diameter pondasi.

Rancangan penelitian dapat ditabelkan sebagai berikut :

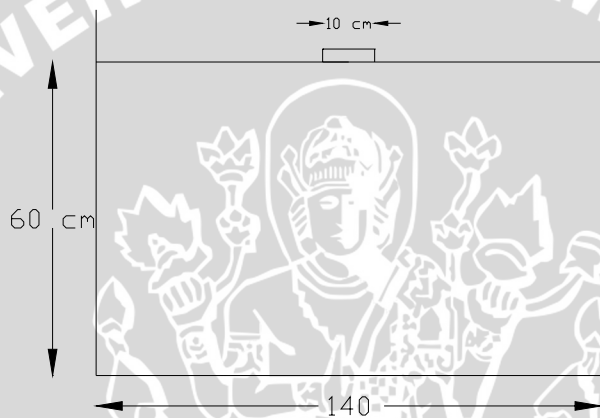
Tabel 3.1 rancangan Percobaan

Benda Uji	Luas anyaman bambu ( cm <sup>2</sup> )	Jarak antar lapis (cm)	Pengulangan
Tanpa anyaman bambu	-	-	1 x
1 lapis anyaman bambu	40 x 40	5	1 x
		5	1 x
		5	1 x
2 lapis anyaman bambu	60 x 60	5	1 x
		5	1 x
		5	1 x
3 lapis anyaman bambu	70 x 70	5	1 x
		5	1 x
		5	1 x

Berikut adalah penempatan lapisan anyaman bambu sesuai dengan variasi

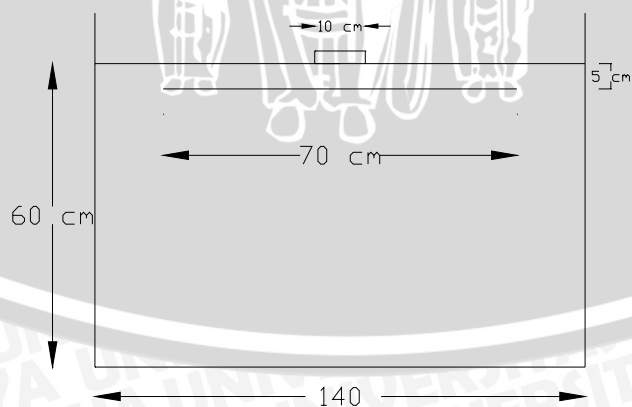


Tanpa perkuatan :



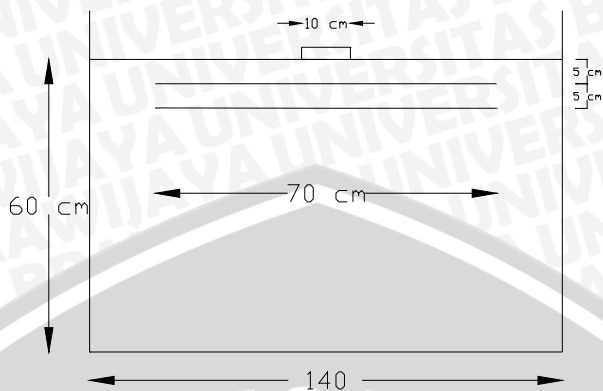
Dengan perkuatan :

1. Luas perkuatan 70 x 70 cm
  - a. 1 lapis perkuatan

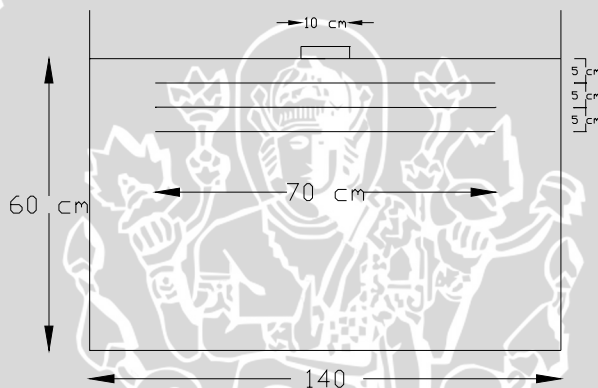




b. 2 lapis perkuatan

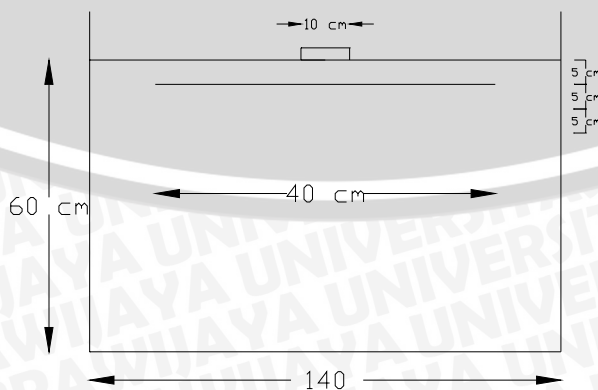


c. 3 lapis perkuatan

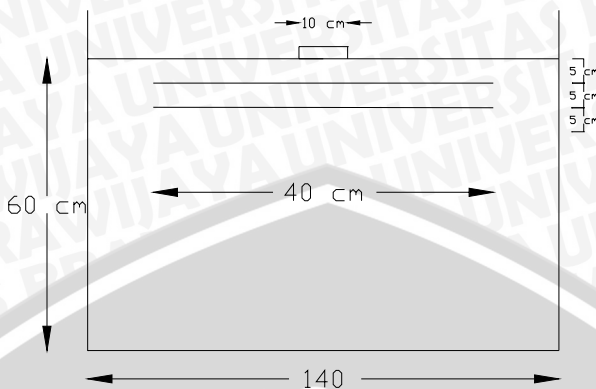


2. Luas perkuatan 40 x 40 cm

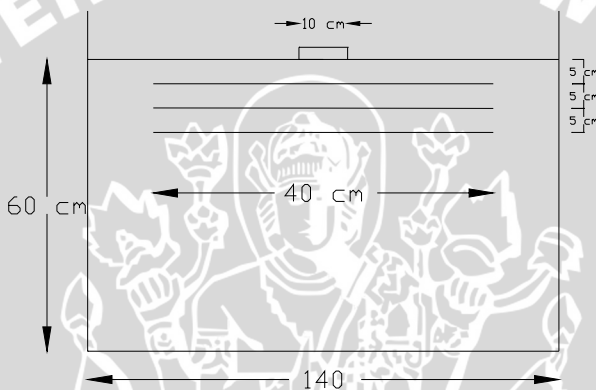
a. 1 lapis perkuatan



b. 2 lapis perkuatan

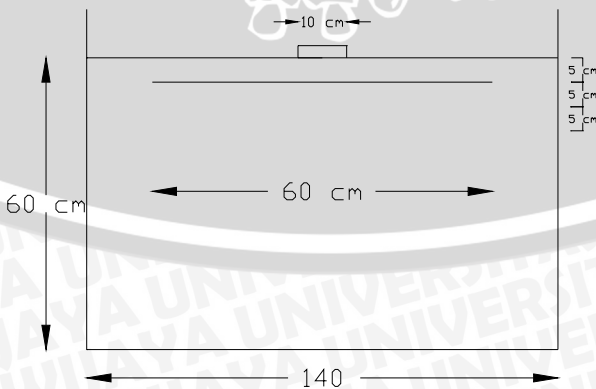


c. 3 lapis perkuatan



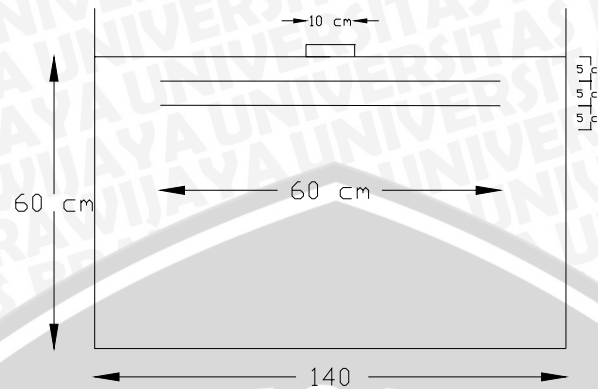
3. Luas perkuatan 60 x 60 cm

a. 1 lapis perkuatan

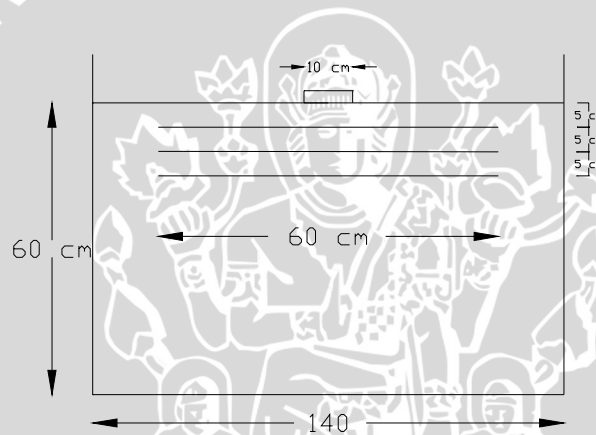




## b. 2 lapis perkuatan



## c. 3 lapis perkuatan



Gambar 3.1 Sketsa Variasi Luas dan Jumlah Lapis Anyaman Bambu yang Digunakan Dalam Penelitian

### 3.6. Deskripsi Pengujian Pembebanan dan Instrumentasi

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan. Tahap pertama merupakan penelitian yang dimaksudkan untuk mengetahui klasifikasi dan karakteristik tanah pasir. Sedangkan penelitian tahap kedua dimaksudkan untuk memperoleh nilai daya dukung tanah pasir dan besarnya penurunan yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan.

Kerangka pembebanan yang dipakai terbuat dari plat baja dengan dimensi panjang 140 cm, lebar 100 cm dan tinggi 80 cm dengan salah satu dindingnya terbuat dari multipleks. Lebar kerangka pembebanan dibuat tidak kurang dari enam kali lebar model pondasi (6B) agar bidang longsor tanah disamping model pondasi tidak menyentuh boks uji.

Pada pelaksanaan pengujian, media tanah pasir dipadatkan menggunakan sebuah plat berbentuk persegi berukuran 20x20 cm, tebal 1 cm dan berat 3,195 kg. Pemadatan tanah tersebut dilakukan dalam 4 lapisan dengan tebal tiap lapisan 15 cm, tinggi jatuh 20 cm dan jumlah perulangan tiap lapisan 10 kali. Anyaman bambu sebagai lapisan perkuatan diletakkan dalam massa tanah sesuai dengan jumlah dan jarak antar lapisnya pada rancangan penelitian. Setelah itu model pondasi plat baja dengan ukuran 10x10 cm diletakkan di permukaan tanah pasir.

Untuk satu kali persiapan material uji, dilakukan satu kali uji pembebanan. Setelah selesai, material pasir dikeluarkan lagi dan kemudian dimasukkan kembali dengan cara seperti diatas agar didapatkan kepadatan pasir yang mendekati konstan untuk semua uji pembebanan.

Pembebanan dilakukan dengan dongkrak hidrolik berkapasitas 2 ton. Sebagai pengukur beban digunakan proving ring yang memiliki kapasitas 10000 lbs dengan pembacaan strip sebesar 51,2202 lbs yang setara dengan 23,3335 kg. Proving ring tersebut dibautkan pada *reaction beam* yang terbuat dari profil baja.

Untuk menjaga agar permukaan tanah pasir dan posisi model benar-benar horisontal maka digunakan waterpass. Dengan bantuan *unting-unting*, Letak *proving ring* sedemikian rupa sehingga titik pusatnya berada sejarak 1 cm dari titik pusat model pondasi yang ada di bawahnya. Kemudian plat besi diletakkan di atas model pondasi sebagai tempat dongkrak hidrolik.

Penurunan yang terjadi dibaca melalui sebuah *dial gauge* dengan strip 0,01 mm, dial ini dipasang pada kerangka pembebanan. Sistem yang dipakai pada penelitian ini adalah *strain controlled* dengan pembebanan yang memperhatikan kecepatan penetrasi sebesar 0,5 mm/menit. Beban dibaca pada *proving ring* setiap penurunan 0,5 mm.



Langkah – langkah penelitian :

Persiapan

Pengambilan contoh tanah pasir

Pemeriksaan contoh tanah:  
a. Analisa saring  
b. Berat jenis tanah

Pra penelitian pemadatan

Persiapan alat :  
a. Pemadatan  
b. Alat uji pembebanan

Pembuatan benda uji:  
a. Variasi luas  
b. Variasi jumlah lapis

Pemeriksaan benda uji  
a. Kadar air  
b. Uji kuat geser tanah

Uji pembebanan  
a. Nilai daya dukung  
b. Penurunan

Analisa Data

Pembahasan

Kesimpulan

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

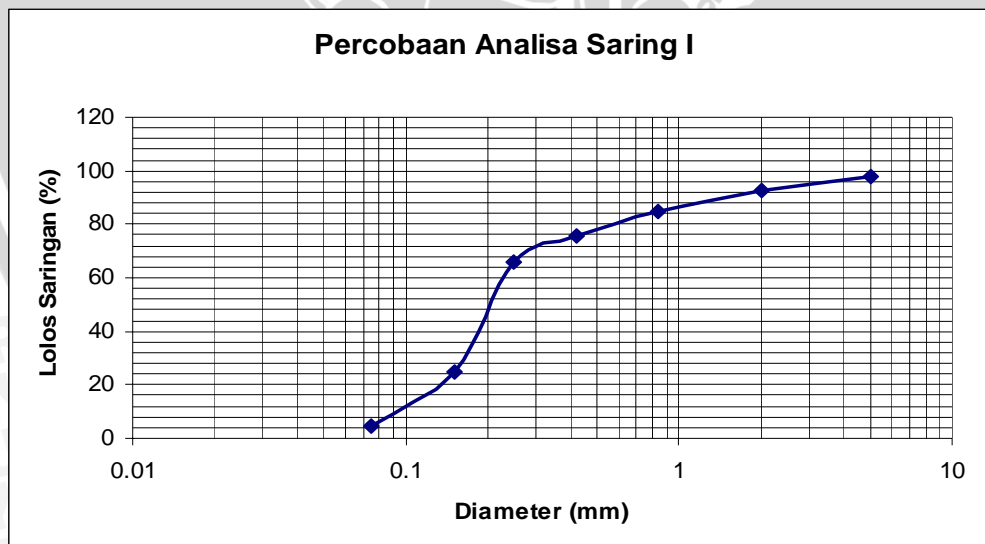
#### 4.1 Data Hasil Pengujian

##### 4.1.1 Analisa Saring

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) suatu contoh tanah. Pada percobaan ini dilakukan terhadap 2 sampel tanah pasir yang masing-masing beratnya 500 gram. Hasil dari pengujian analisa saring seperti terlihat dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.1. Analisa saring I

Saringan (mm)	Tertahan Saringan (gram)	Jumlah Tertahan Kumulatif (gram)	% Jumlah Tertahan	% Lolos Saringan
5	11.92	11.92	2	98
2	25.63	37.55	7.53	92.47
0.84	38.72	76.27	15.29	84.71
0.42	45.88	122.15	24.49	75.51
0.25	47.03	169.18	33.92	66.08
0.15	207.55	376.73	75.54	24.46
0.075	98.32	475.05	95	5
Pan	23.67	498.72	100	0
Jumlah	498.72			



Gambar 4.1. Grafik gradasi tanah pasir (analisa saring I)

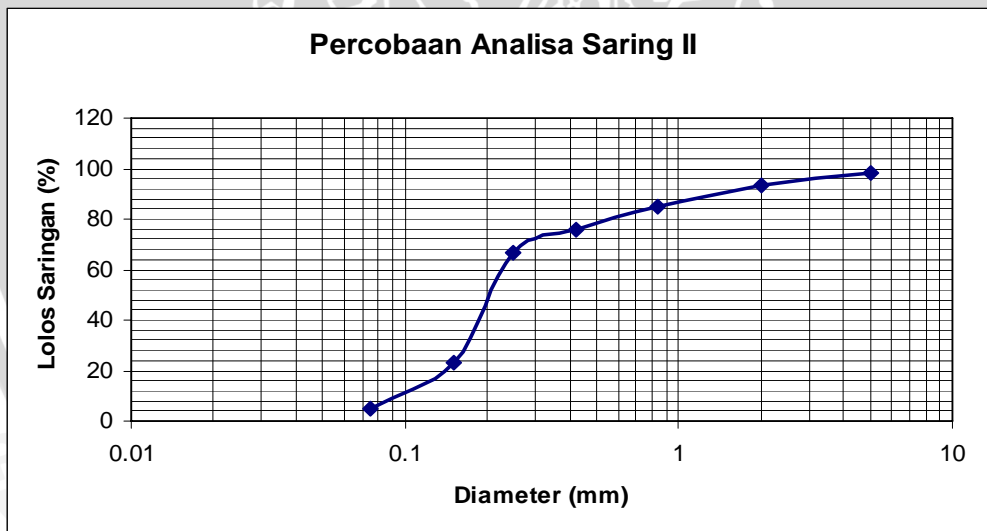
- $D_{60} = 0.23 \text{ mm}$
- $D_{30} = 0.17 \text{ mm}$
- $D_{10} = 0.093 \text{ mm}$



- $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.23}{0.093} = 2.473 < 4$
- $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} = \frac{0.17^2}{0.23 \times 0.093} = 1.351 > 1$
- Lolos saringan No 4 = 98 % > 50 %
- Tertahan saringan No. 200 = 95 % > 50 %

Tabel 4.2. Analisa saring II

Saringan (mm)	Tertahan Saringan (gram)	Jumlah Tertahan Kumulatif (gram)	% Jumlah Tertahan	% Lolos Saringan
5	9.7	9.7	2	98
2	24.85	34.55	6.96	93.04
0.84	40.39	74.94	15.09	84.91
0.42	46.13	121.07	24.37	75.63
0.25	46.12	167.19	33.66	66.34
0.15	213.15	380.34	76.57	23.43
0.075	92.74	473.08	95	5
Pan	23.67	496.75	100	0
Jumlah	496.75			



Gambar 4.2. Grafik gradasi tanah pasir (analisa saring II)

- $D_{60} = 0.23 \text{ mm}$
- $D_{30} = 0.17 \text{ mm}$
- $D_{10} = 0.095 \text{ mm}$
- $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.23}{0.095} = 2.421 < 4$

- $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} = \frac{0.17^2}{0.17 \times 0.095} = 1.3227 > 1$

- Lolos saringan No 4 = 98 % > 50 %
- Tertahan saringan No. 200 = 95 % > 50 %

Menurut *Unified Soil Classification System* Casagrande (1984) maka tanah tersebut masuk dalam kategori tanah berbutir kasar karena lebih dari 50 % butiran tanah tertahan saringan no. 200 (74  $\mu\text{m}$ ). Sedangkan pada saringan no. 4 (4760  $\mu\text{m}$ ) jumlah partikel-partikel kasar yang lolos saringan tersebut adalah 98 % (> 50 %), sehingga tanah tersebut dapat digolongkan sebagai tanah pasir. Prosentase butir halus dari tanah tersebut kurang dari 5% dan tidak memenuhi persyaratan  $C_u$  (2,473 dan 2,421) untuk SW, yaitu  $C_u > 6$ . Maka pasir tersebut tergolong pada jenis tanah SP atau pasir bergradasi jelek, pasir berkerikil, sedikit atau tanpa butiran halus.

#### 4.1.2 Pemeriksaan Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Percobaan berat jenis tanah dilakukan untuk menentukan perbandingan antara berat butir tanah dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Atau dapat juga dikatakan menentukan perbandingan berat tanah dengan volume tanah tersebut saja ( $V_s$ ).

Pemeriksaan berat jenis pada penelitian ini menggunakan 2 buah labu ukur (picnometer) yang dikalibrasi lebih dahulu guna mengetahui berat air pada suhu tertentu, didapatkan hasil sebagai berikut :

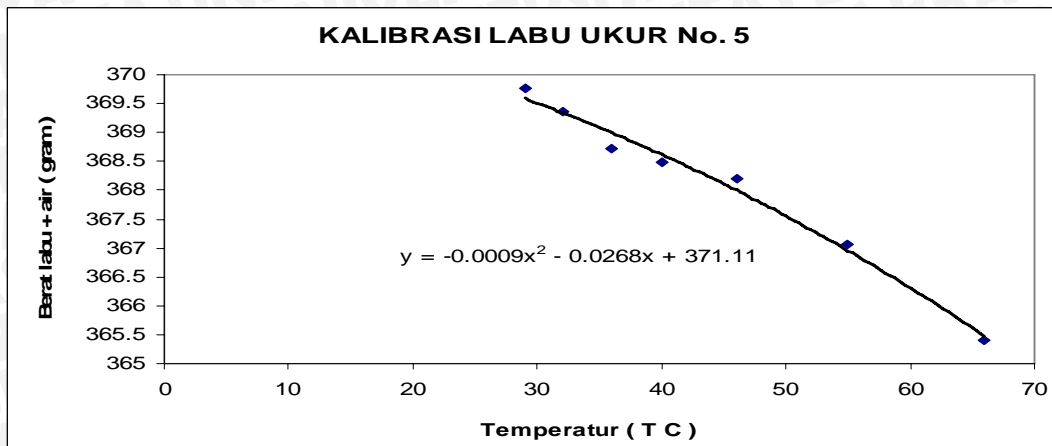
**Tabel 4.3. Hasil kalibrasi picnometer**

Pemeriksaan	Labu ukur no 5		Labu ukur no 4	
	Berat labu + air (gram)	Temperatur (°C)	Berat labu + air (gram)	Temperatur (°C)
1	365.4	66	352	70
2	367.07	55	357.07	56
3	368.19	46	354.24	47
4	368.48	40	355.05	42
5	368.71	36	355.29	36
6	369.35	32	355.92	32
7	369.77	29	356.35	29

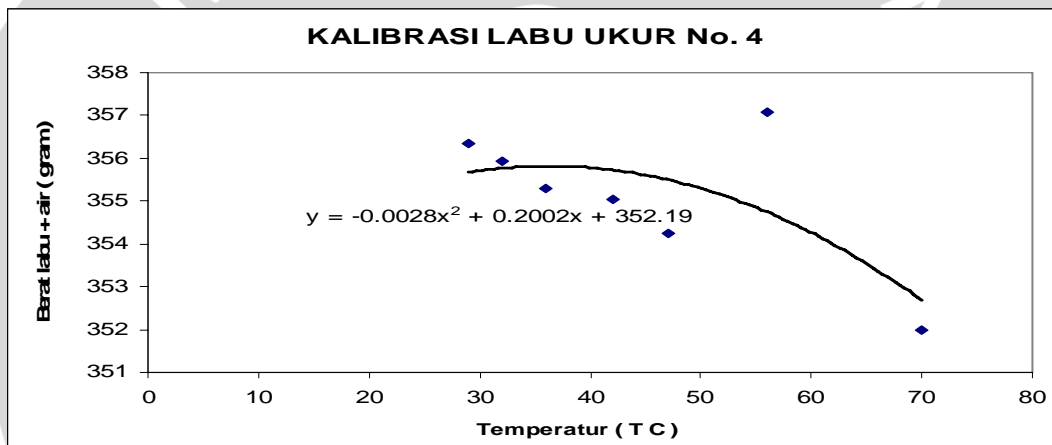
Berat sampel tanah yang digunakan adalah 50 gram yang telah lolos saringan no. 40. Tanah tersebut ditambah air kemudian dipanaskan sampai mendidih selama  $\pm 10$  menit, kemudian didinginkan sampai mencapai suhu kamar (25 – 28 °C) kemudian



tambah air, lalu ditimbang beratnya. Berikut merupakan grafik hubungan berat picnometer + air dengan temperatur :



Gambar 4.3. Grafik kalibrasi labu ukur I



Gambar 4.4. Grafik kalibrasi labu ukur II

Tabel 4.4. Pemeriksaan berat jenis tanah

Labu ukur no.	5			4		
Berat Labu + air + tanah ( $W_1$ ) - gram	397.98	400.35	401.34	383.00	387.10	387.93
Temperatur T° C	58	45	30	65	44	30
Berat Labu + Air ( $W_2$ ) – gram	366.53	368.08	369.50	353.37	355.58	355.68
Berat tanah kering ( $W_s$ ) – gram	50.00			50.00		
Berat jenis air pada T° C ( $G_t$ )	0.9842	0.9902	0.9957	0.9806	0.9907	0.9957
Berat jenis tanah ( $G_s$ )	2.6528	2.7924	2.7415	2.407	2.6805	2.8048
Berat jenis rata-rata	2.7289			2.6308		

Dari pengujian berat jenis contoh ini diperoleh  $G_s = 2.68$ , sehingga dapat diklasifikasikan sebagai tanah pasir.

#### 4.1.3 Pengujian Kerucut Pasir (*Sand Cone Test*)

Percobaan kerucut pasir (*sand cone test*) ini digunakan untuk mendapatkan nilai kepadatan tanah, yaitu berat isi tanah ( $\gamma$ ). Dalam percobaan ini dilakukan pada setiap layer tanah. Untuk satu kali pembebanan ada empat layer yang harus dilakukan uji kerucut pasir yang masing-masing layer tingginya  $\pm 15$  cm. Kemudian nilai dari berat isi tanah keenam layer tersebut dirata-rata, sehingga didapatkan satu nilai berat isi tanah. Pada saat yang bersamaan, dilakukan juga percobaan kadar air tanah.

Dari hasil percobaan kerucut pasir dan kadar air, didapatkan nilai-nilai sebagai berikut :

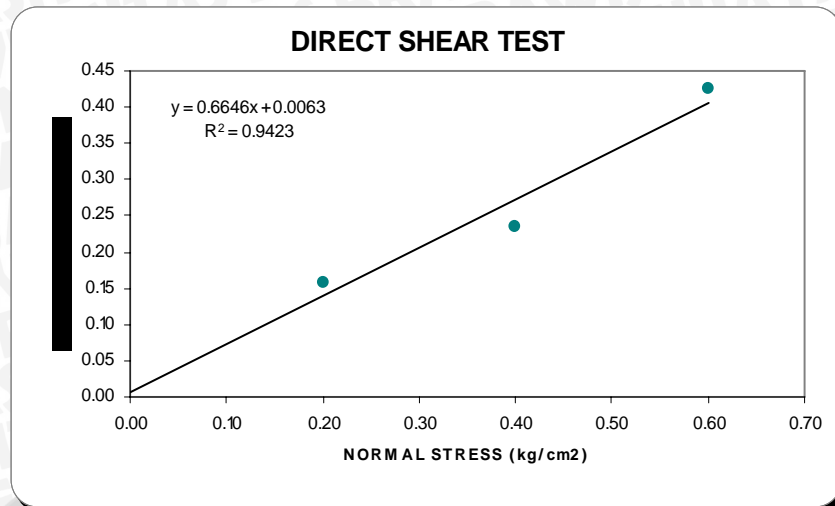
**Tabel 4.5. Tabel rekapitulasi uji kerucut pasir dan kadar air**

No	Jenis Percobaan	Diameter = 10 cm		
		$\Gamma$ (gram/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (gram/cm <sup>3</sup> )	$\Omega$ %
1	Tanpa Perkuatan	1,788	1,681	6,381
2	Luas 40x40 cm, Jarak 5 cm, 3lapis	1,766	1,657	6,547
3	Luas 40x40 cm, Jarak 5 cm, 2lapis	1,792	1,687	6,211
4	Luas 40x40 cm, Jarak 5 cm, 1lapis	1,771	1,667	6,278
5	Luas 60x60 cm, Jarak 5 cm, 3lapis	1,790	1,669	7,211
6	Luas 60x60 cm, Jarak 5 cm, 2lapis	1,787	1,681	6,347
7	Luas 60x60 cm, Jarak 5 cm, 1lapis	1,768	1,647	7,369
8	Luas 70x70 cm, Jarak 5 cm, 3lapis	1,798	1,682	6,890
9	Luas 70x70 cm, Jarak 5 cm, 2lapis	1,783	1,681	6,055
10	Luas 70x70 cm, Jarak 5 cm, 1lapis	1,754	1,649	6,341

#### 4.1.4 Pengujian Kekuatan Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Pengujian kekuatan geser langsung (*direct shear test*) bertujuan untuk menentukan nilai sudut geser tanah ( $\phi$ ) dan kohesi tanah ( $c$ ). Percobaan ini dilakukan dengan memberikan pembebanan pada contoh tanah pasir dengan beban seberat 0.4 kg, 0.8 kg, 1.2 kg,. Dari pembebanan tersebut akan didapatkan nilai tegangan geser untuk masing-masing beban. Nilai-nilai tegangan yang dihasilkan kemudian digambarkan sebagai berikut :





Gambar 4.5. Grafik hubungan tegangan normal dengan tegangan geser

Dari Gambar 4.5 akan didapatkan nilai kohesi tanah ( $c$ ) sebesar 0,0063 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai sudut geser tanah ( $\phi$ ) sebesar  $\text{arc tan } 0,6646 = 33,61^\circ$ . Dengan nilai kohesi yang mendekati nol, tanah tersebut dapat diklasifikasikan sebagai tanah pasir, selain itu nilai sudut geser dalam berada diantara  $31,09^\circ - 36,3^\circ$  tanah dapat digolongkan *medium sand*. Berikut ini adalah hasil rekapitulasi dari uji geser langsung (*direct shear test*).

Tabel 4.6. Tabel rekapitulasi uji geser langsung

Pondasi	Jenis Percobaan	$\gamma$ (gram/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (gram/cm <sup>3</sup> )	$\phi$ Deg	C (kg/cm <sup>2</sup> )
10 x 10	Tanpa Perkuatan	1,788	1,681	32,98	0,0401
	Luas 40x40 cm, Jarak 5 cm, 3lapis	1,766	1,657	34,23	0,0042
	Luas 40x40 cm, Jarak 5 cm, 2lapis	1,792	1,687	32,98	0,0063
	Luas 40x40 cm, Jarak 5 cm, 1lapis	1,771	1,667	32,98	0,0042
	Luas 60x60 cm, Jarak 5 cm, 3lapis	1,790	1,669	32,98	0,0084
	Luas 60x60 cm, Jarak 5 cm, 2lapis	1,787	1,681	33,61	0,0021
	Luas 60x60 cm, Jarak 5 cm, 1lapis	1,768	1,647	32,98	0,0042
	Luas 70x70 cm, Jarak 5 cm, 3lapis	1,798	1,682	33,61	0,0063
	Luas 70x70 cm, Jarak 5 cm, 2lapis	1,783	1,681	32,98	0,0106
	Luas 70x70 cm, Jarak 5 cm, 1lapis	1,754	1,649	32,33	0,0295

#### 4.1.5 Uji Pembebanan ( Loading Test )

Uji pembebanan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai daya dukung tanah dan besarnya penurunan yang terjadi pada tanah akibat pembebanan pada pondasi. Benda uji yang ada adalah sebanyak 10 benda uji yang terdiri dari 9 variasi perkuatan tanah dan 1 benda uji tanpa perkuatan tanah. Variasi yang dipakai dalam benda uji adalah variasi luas dan jumlah lapis perkuatan dengan jarak perkuatan yang sama yaitu

5 cm, dimana variasi jumlah lapis adalah 1, 2, 3 lapis dan variasi luas (40x40) cm<sup>2</sup>, (60x60) cm<sup>2</sup>, dan (70x70) cm<sup>2</sup>.

Dalam uji pembebanan pada pondasi, dipakai model pondasi persegi dengan dimensi B x L = (10 x 10) cm<sup>2</sup> dengan eksentrisitas 1cm yang diletakkan pada boks uji dengan luas permukaan sebesar (140 x 100) cm<sup>2</sup> dan mempunyai kedalaman 60 cm. Sebagai analogi beban yang bekerja pada pondasi adalah sebuah dongkrak *hydraulic* yang dikerjakan sebagai beban dan sebuah *proving ring* dipasang untuk mengetahui besarnya strip beban yang akan dikalibrasi pada saat melakukan analisis data dengan faktor kalibrasi alat sebesar 23,33 dimana nantinya akan didapatkan besaran beban sebenarnya dalam satuan kilogram (kg). Untuk pembacaan penurunan yang terjadi diukur seiring dengan proses pembebanan pada pondasi dengan menggunakan *dial gauge* yang dipasang pada model pondasi dimana pembacaan penurunan setiap 0,5 mm.

Pada saat pengujian pembebanan, proses pengerjaan beban dibatasi sampai pada penurunan 50%B untuk mendapatkan data sebagai dasar penentuan daya dukung *ultimate*. Dalam penelitian ini, dasar penentuan *ultimate* ( $q_{ult}$ ) adalah menggunakan metode yang diusulkan oleh Michael T Adams dan James G. Collins, yang menggunakan diagram interaksi antara penurunan dan daya dukung. Faktor penting yang harus diperhatikan dalam metode ini adalah penentuan penarikan garis pada bagian vertikal dan horizontal pada diagram untuk penentuan nilai daya dukung *ultimate* untuk tiap benda uji, dimana patokan yang dipakai adalah nilai-nilai daya dukung pada tabulasi perhitungan, yang mempunyai selisih ( $\Delta q$ ) yang hampir sama dan garis lurus dihasilkan mempunyai nilai regresi mendekati 1 (satu). Pada titik perpotongan 2 garis lurus, kemudian di tarik ke arah sumbu x untuk mendapatkan nilai daya dukung benda uji, sehingga penentuan penarikan garis ini sangat penting untuk mendapatkan hasil yang sebaik mungkin. Nilai-nilai daya dukung hasil pengujian dan diagram interaksi antara daya dukung – penurunan serta penentuan daya dukung *ultimate* pada setiap benda uji, yaitu pada tanah tanpa perkuatan maupun tanah dengan perkuatan lapis anyaman bambu dapat dilihat tabulasi di halaman berikut, sedangkan untuk contoh perhitungan dapat dilihat pada bagian lampiran.

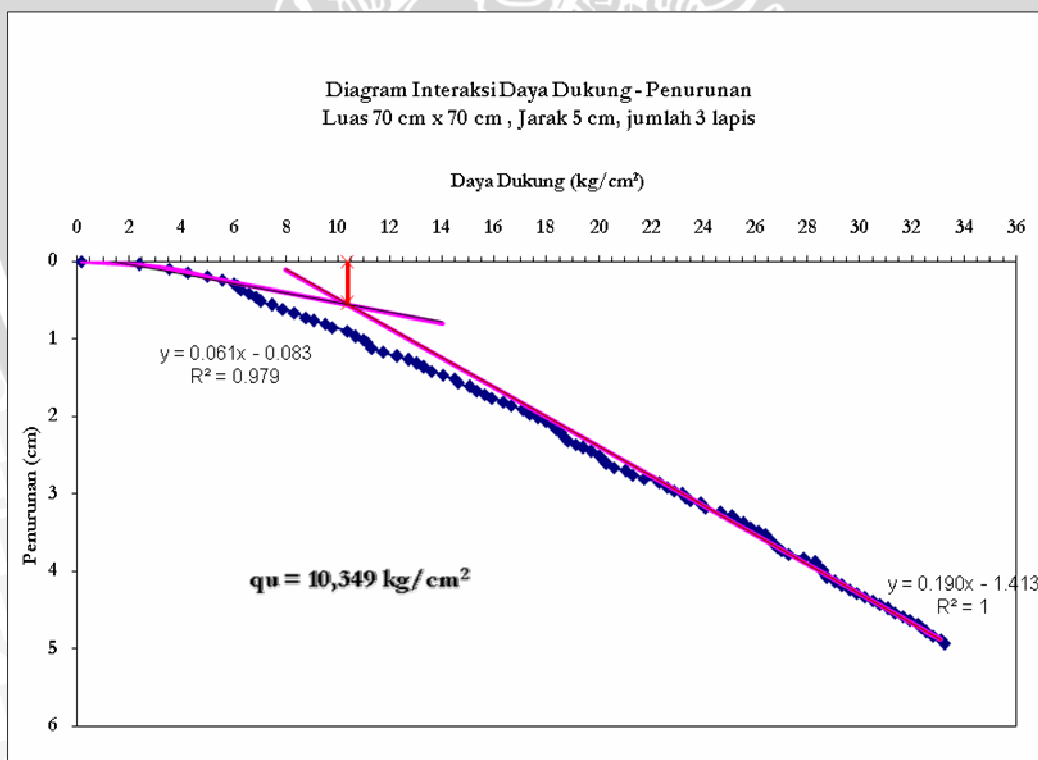
Diagram Interaksi Daya Dukung - Penurunan  
Tanah Tanpa Perkuatan

Daya Dukung (kg/cm<sup>2</sup>)



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Gambar 4.6 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Tanpa Perkuatan



Gambar 4.7 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Dengan Variasi 3 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (70x70 cm<sup>2</sup>)

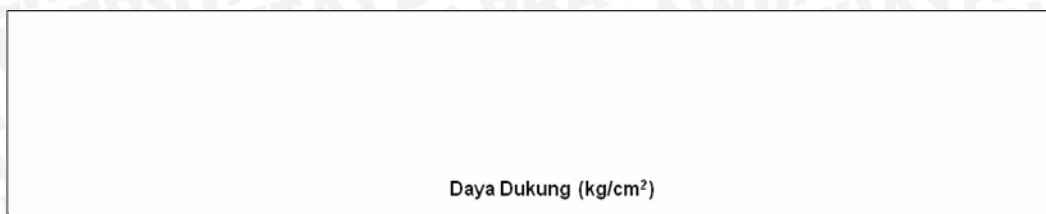
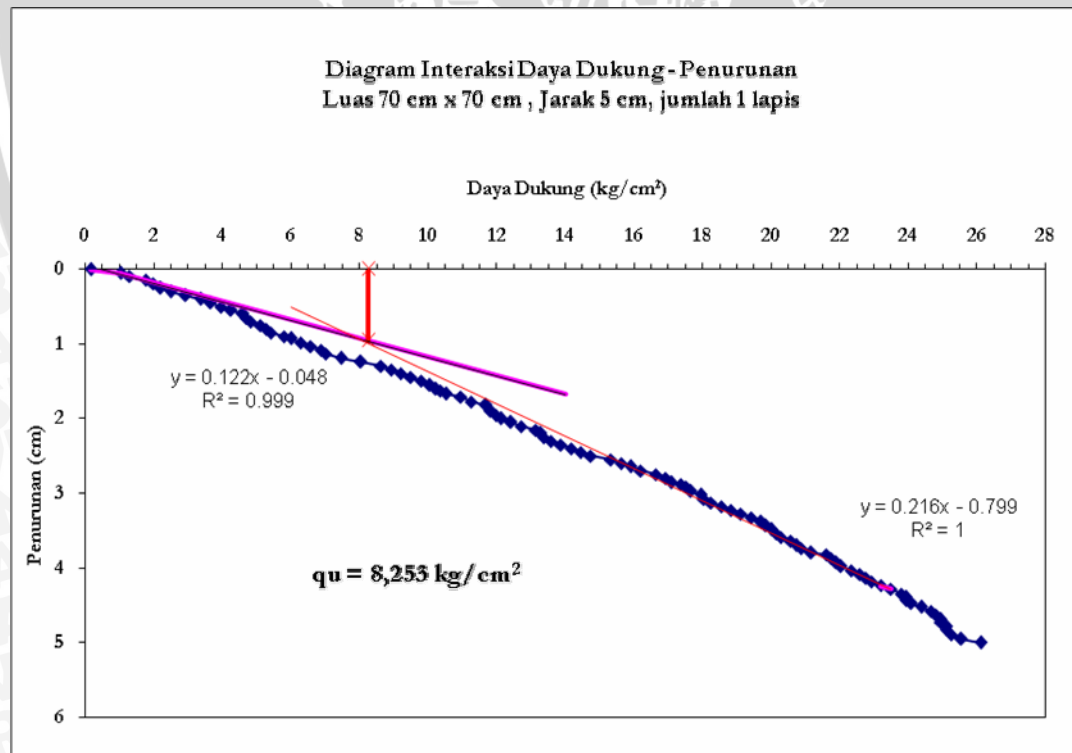


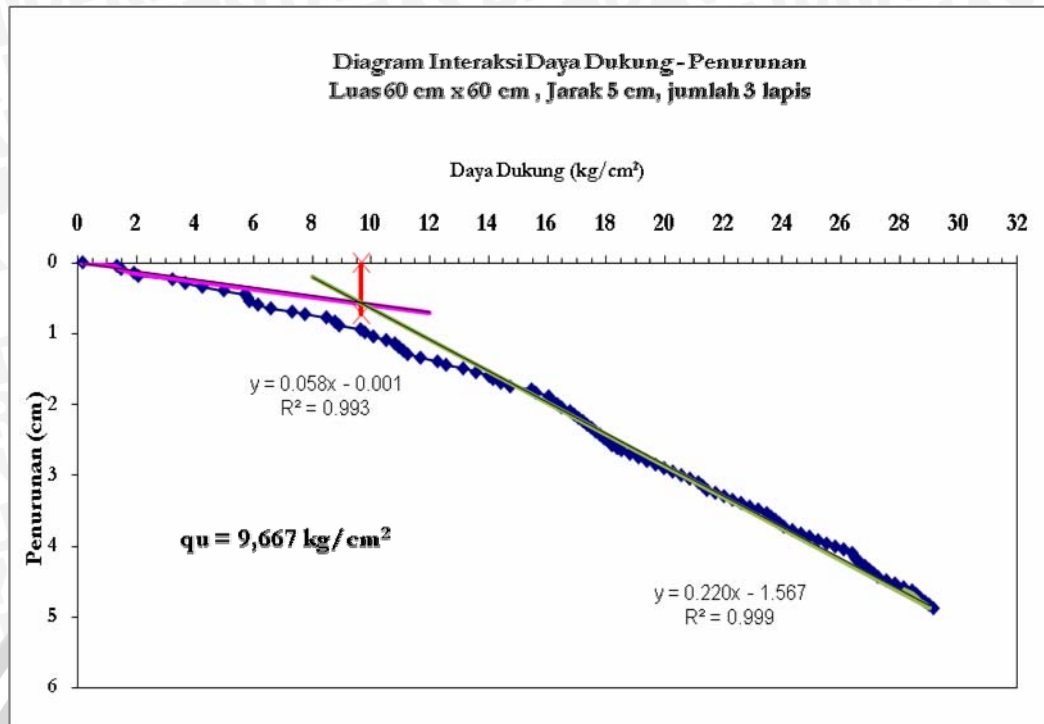
Diagram Interaksi Daya Dukung - Penurunan  
Luas 70 cm x 70 cm , Jarak 5 cm, jumlah 2 lapis

Gambar 4.8 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Dengan Variasi 2 Lapis,  
Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (70x70 cm<sup>2</sup>)

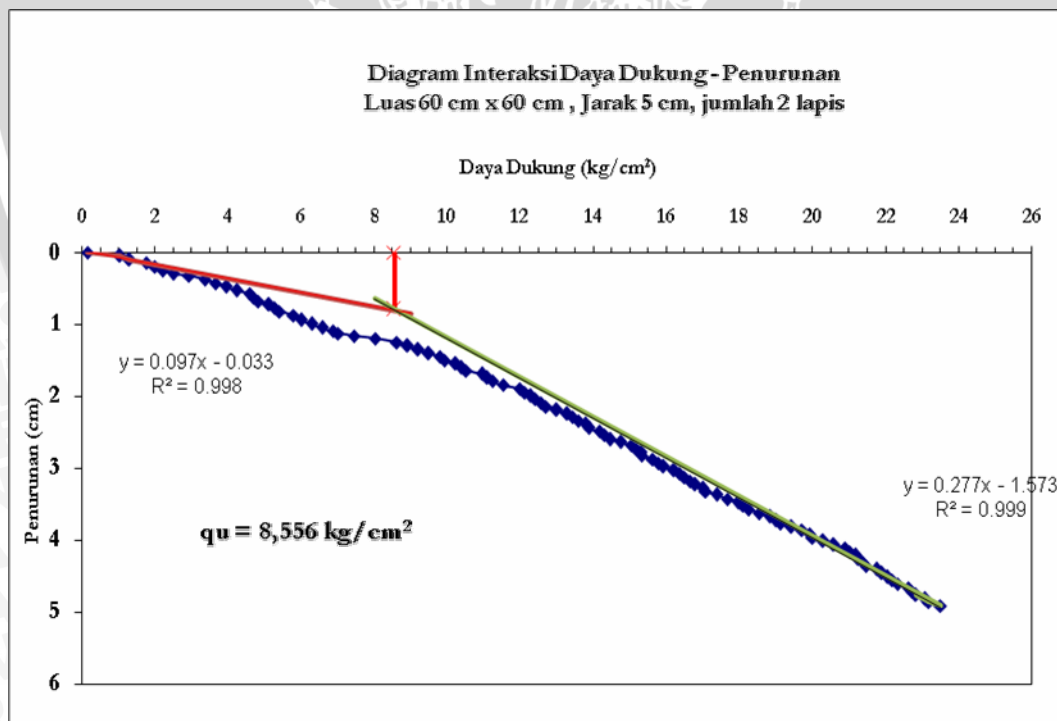


Gambar 4.9 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Dengan Variasi 1 Lapis,  
Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (70x70 cm<sup>2</sup>)

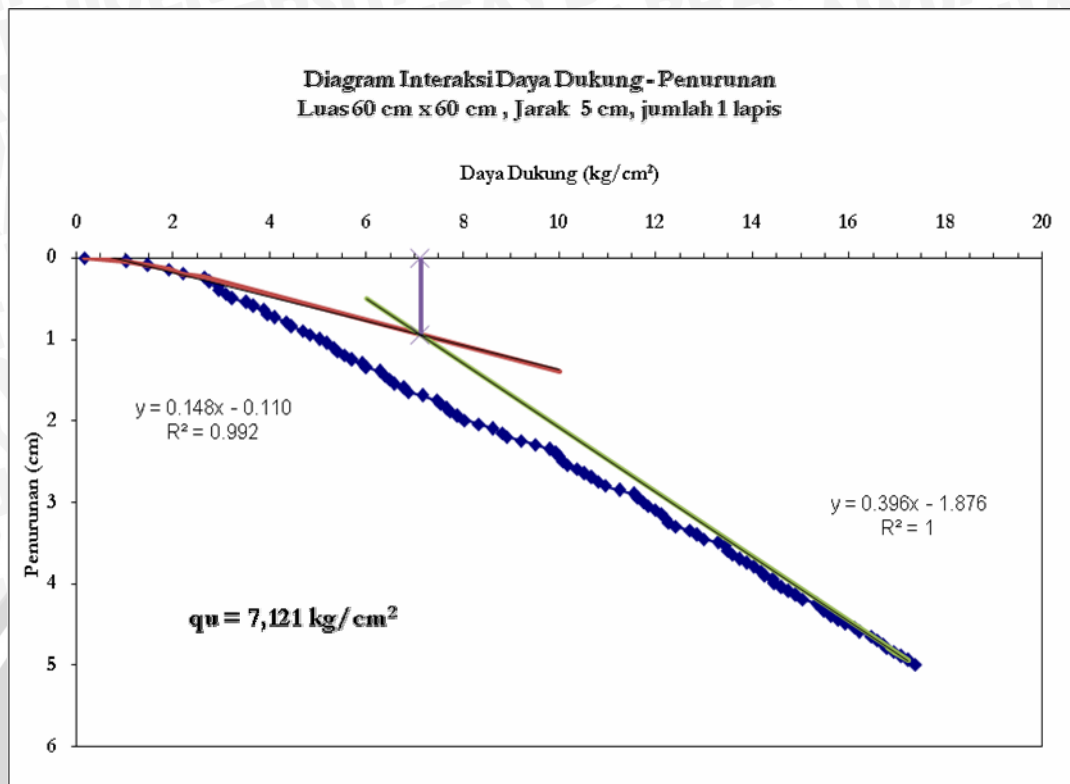




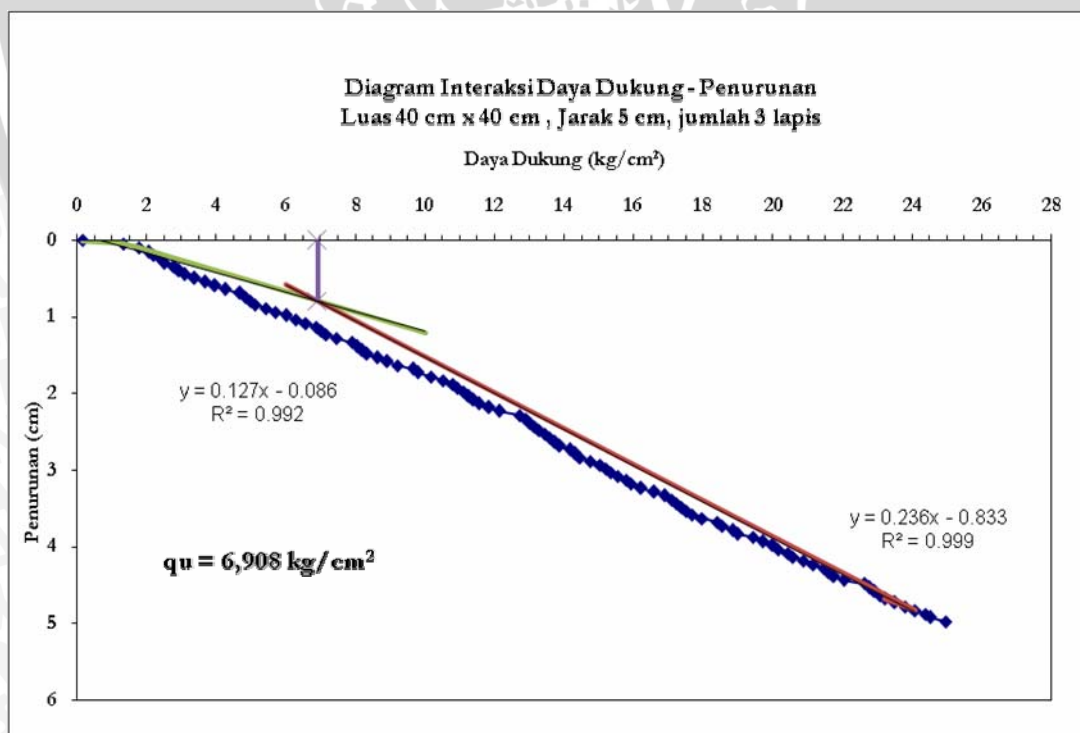
Gambar 4.10 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Dengan Variasi 3 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (60x60 cm<sup>2</sup>)



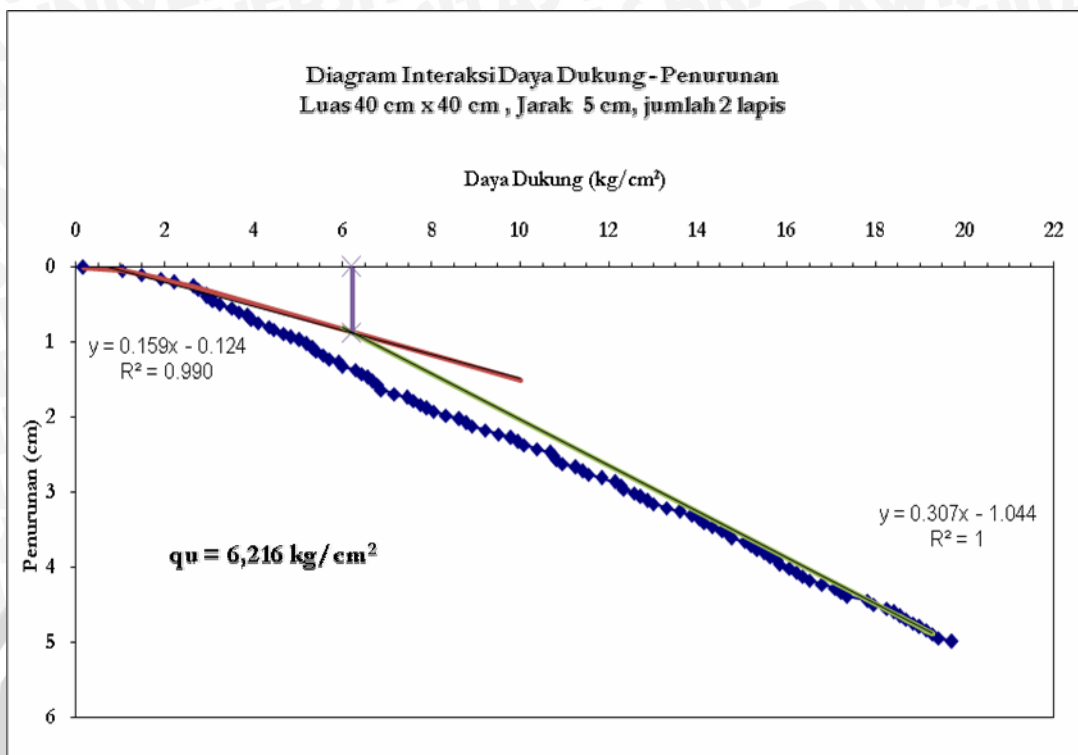
Gambar 4.11 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Dengan Variasi 2 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (60x60 cm<sup>2</sup>)



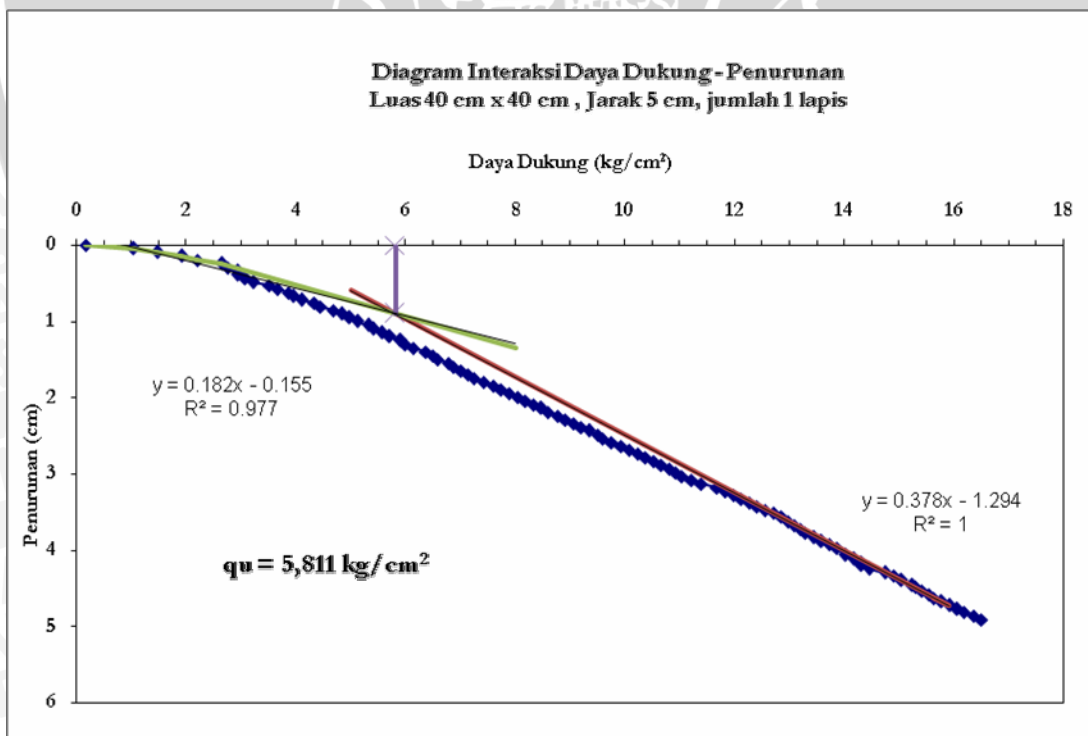
Gambar 4.12 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Dengan Variasi 1 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (60x60 cm<sup>2</sup>)



Gambar 4.13 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Dengan Variasi 3 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (40x40 cm<sup>2</sup>)



Gambar 4.14 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Dengan Variasi 2 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (40x40 cm<sup>2</sup>)



Gambar 4.15 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Dengan Variasi 1 Lapis, Jarak Antar Lapis 5 cm, dan Luas Anyaman Bambu (40x40 cm<sup>2</sup>)



#### 4.1.6 Rasio Daya Dukung ( *Bearing Capacity Ratio* )

Nilai-nilai pertambahan kemampuan daya dukung pada tanah pasir akibat adanya material perkuatan tanah berupa anyaman bambu dengan variasi luas dan jumlah lapis, dapat dilihat pada perhitungan rasio daya dukung (*bearing capacity ratio*), yang merupakan perbandingan antara nilai daya dukung *ultimate* tanah akibat variasi perkuatan dengan daya dukung tanah tanpa perkuatan, dimana hasilnya diperlihatkan pada table 4.7 dan 4.8.

Tabel 4.7 Daya Dukung *Ultimate* dan *Bearing Capacity Ratio* Berdasarkan Luas Perkuatan Anyaman Bambu

Luas	Jumlah Lapis	$q_u$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$q_0$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	BCR ( $q_u/q_0$ )
Tanpa Perkuatan	-	-	2.894	1.000
( 40 x 40 cm <sup>2</sup> )	1	5.811	-	2.008
	2	6.216	-	2.148
	3	6.908	-	2.387
( 60 x 60 cm <sup>2</sup> )	1	7.121	-	2.461
	2	8.556	-	2.956
	3	9.667	-	3.340
( 70 x 70 cm <sup>2</sup> )	1	8.253	-	2.852
	2	8.917	-	3.081
	3	10.349	-	3.576

Tabel 4.8 Daya Dukung *Ultimate* dan *Bearing Capacity Ratio* Berdasarkan Jumlah Lapis Perkuatan Anyaman Bambu

Jumlah Lapis	Luas	$q_u$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$q_0$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	BCR ( $q_u/q_0$ )
Tanpa Perkuatan	-	-	2.894	1,00
1	(40 x 40)	5.811	-	2.008
	(60 x 60)	7.121	-	2.461
	(70 x 70)	8.253	-	2.852
2	(40 x 40)	6.216	-	2.148
	(60 x 60)	8.556	-	2.956
	(70 x 70)	8.917	-	3.081
3	(40 x 40)	6.908	-	2.387
	(60 x 60)	9.667	-	3.340
	(70 x 70)	10.349	-	3.576

## 4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Dari hasil percobaan di laboratorium dan analisis data, maka karakteristik tanah yang digunakan sebagai tanah dasar dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Dari pemeriksaan analisa saring, diperoleh grafik hubungan persentase lolos saringan dengan ukuran butiran. Dimana menurut Sistem Klasifikasi Tanah Terpadu (*Unified Soil Clasification System*) [Casagrande (1984)], sampel tanah tersebut masuk dalam kategori tanah berbutir kasar karena lebih dari 50 % butiran tanah tertahan saringan no. 200 (74  $\mu\text{m}$ ). Sedangkan pada saringan no. 4 (4760  $\mu\text{m}$ ) jumlah partikel-partikel kasar yang lolos saringan tersebut adalah 98 % (> 50 %), sehingga tanah tersebut dapat digolongkan sebagai tanah pasir. Prosentase butir halus dari tanah tersebut kurang dari 5% dan tidak memenuhi persyaratan Cu (2,473 dan 2,421) untuk SW, yaitu  $Cu > 6$ . Maka pasir tersebut tergolong pada jenis tanah SP atau pasir bergradasi jelek, pasir berkerikil, sedikit atau tanpa butiran halus.
2. Untuk pemeriksaan berat jenis tanah (*spesific gravity*), diperoleh nilai  $G_s = 2,68$  Dengan nilai  $G_s$  antara 2,65-2,68; maka menurut Joseph E. Bowles (1997:28) tanah ini dapat diklasifikasikan sebagai tanah pasir.
3. Sebelum dilakukan pengujian kuat geser langsung, terlebih dahulu dilakukan pra penelitian untuk menentukan kepadatan tanah rencana ( $\gamma_t$  kontrol). Kepadatan rencana ini digunakan untuk mengontrol kepadatan tanah pada saat uji direct shear, agar diperoleh kondisi kepadatan tanah yang hampir sama dengan kepadatan tanah pada saat uji pembebanan. Dari hasil pra penelitian tersebut diperoleh kepadatan rencana untuk semua benda uji sebesar 1,7951  $\text{gr}/\text{cm}^3$ . Sedangkan untuk uji direct shear, diperoleh nilai sudut geser tanah ( $\phi$ ) antara 31,9°-36,3°. Nilai sudut geser ini apabila dikorelasikan dengan grafik hubungan sudut geser dengan kerapatan relatif, maka tanah pasir yang diuji termasuk tanah pasir *medium* dengan nilai kerapatan relatif ( $D_r$ ) antara 30% - 67% (Head, 1982:527).
4. Untuk hasil pengujian pembebanan (*loading test*) pada tanah pasir tanpa perkuatan, didapatkan daya dukung ultimit ( $q_{ult}$ ) sebesar 2,894  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . Sedangkan untuk perhitungan daya dukung ultimit secara teoritis, diperoleh  $q_{ult}$  yang nilainya berbeda bila dibandingkan dengan hasil percobaan. Adanya ketidaksamaan hasil teoritis dan percobaan ini mungkin disebabkan kurang akuratnya alat dan pembacaan. Dari teori analisis yang digunakan, teori Meyerhof yang memberikan hasil lebih besar bila dibandingkan dengan teori Hansen maupun Vesic. Hal ini



disebabkan karena pengaruh nilai faktor bentuk yang berbeda, dimana Meyerhof mempunyai nilai yang lebih besar dibanding ketiga teori yang lain.

Berikut adalah nilai daya dukung ultimit berdasarkan hasil percobaan dan beberapa teori analisis.

**Tabel 4.9. Daya dukung ultimit menurut hasil percobaan dan beberapa teori**

Lab. Test	Daya Dukung (kg/cm <sup>2</sup> )		
	Teori Analisis		
	Meyerhof	Hansen	Vesic
2,894	3,171	2,928	2,967

#### 4.2.1 Korelasi daya dukung-penurunan pada variasi luas

Tanah pasir yang diberikan perkuatan anyaman bambu menunjukkan penungkatan daya dukung batas (*ultimate*) yang cukup signifikan, walaupun dalam beberapa kasus memberikan kontribusi yang cukup sedikit. Tabel 4.10 menunjukkan prosentase peningkatan daya dukung batas pada tanah pasir yang telah diberi lapisan perkuatan anyaman bambu dengan variasi luasan yang berbeda dimana jarak antar lapis adalah sama sebesar 5 cm.

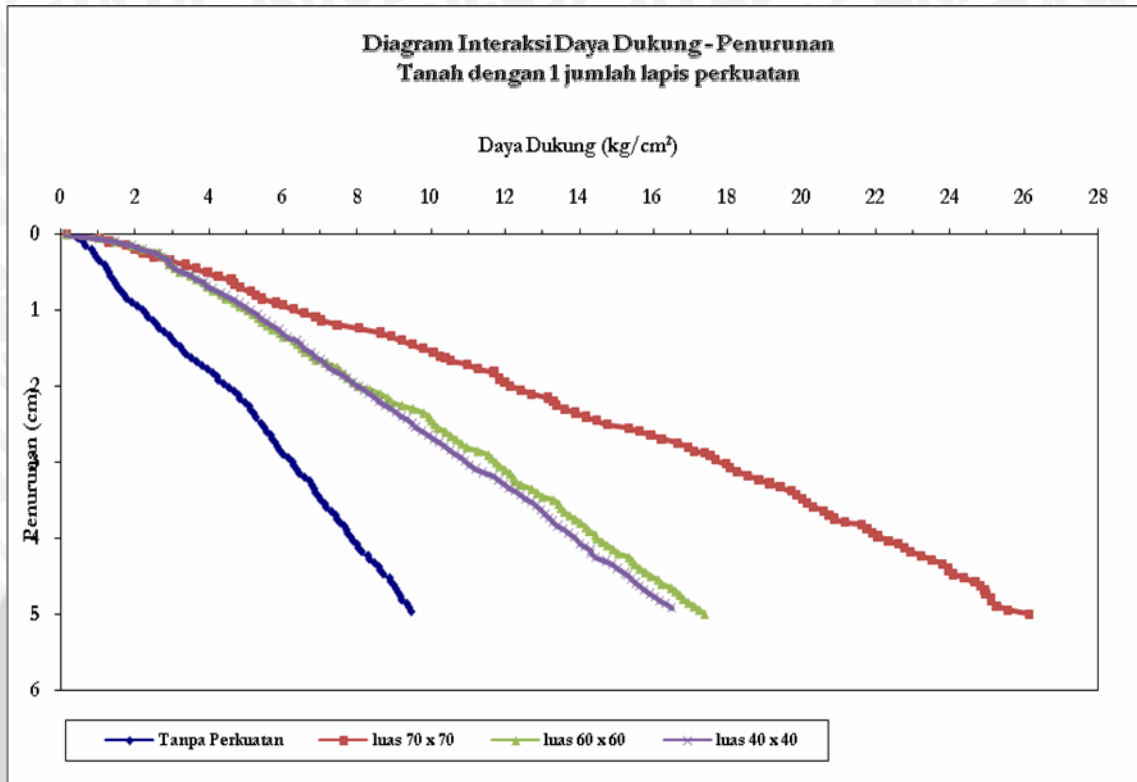
**Tabel 4.10. Prosen Peningkatan Daya Dukung Batas Dengan Variasi Luas Perkuatan**

Luas (cm <sup>2</sup> )	1 Lapis			2 Lapis			3 Lapis		
	q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	Peningkatan (%)	q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	Peningkatan (%)	q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	Peningkatan (%)
Tanpa Perkuatan	2.894	1	-	2.894	1	-	2.894	1	-
(40 x 40)	5.811	2.008	100.795	6.216	2.148	114.789	6.908	2.387	138.701
			45.266			80.857			95.335
(60 x 60)	7.121	2.461	146.061	8.556	2.956	195.646	9.667	3.340	234.036
			39.115			12.474			23.566
(70 x 70)	8.253	2.852	185.176	8.917	3.081	208.120	10.349	3.576	257.602

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa untuk perkuatan anyaman bambu pada luasan (40 x 40) cm<sup>2</sup> dengan 1 lapis jumlah anyaman, memberikan penambahan yang cukup besar pada daya dukung tanah tanpa perkuatan, yaitu meningkat sebesar 100,795 %. Penambahan luasan menjadi (60 x 60) cm<sup>2</sup> untuk kasus 1 lapis juga memberikan kontribusi yang nyata untuk peningkatan daya dukung *ultimate*, dengan peningkatan sebesar 146,061 % dari daya dukung tanah tanpa perkuatan, dan untuk kasus 1 lapis dengan luas anyaman bambu (70 x 70) cm<sup>2</sup>, dapat dilihat bahwa luasan ini juga memberikan kontribusi peningkatan yang cukup signifikan, yaitu sebesar 185,176 %.

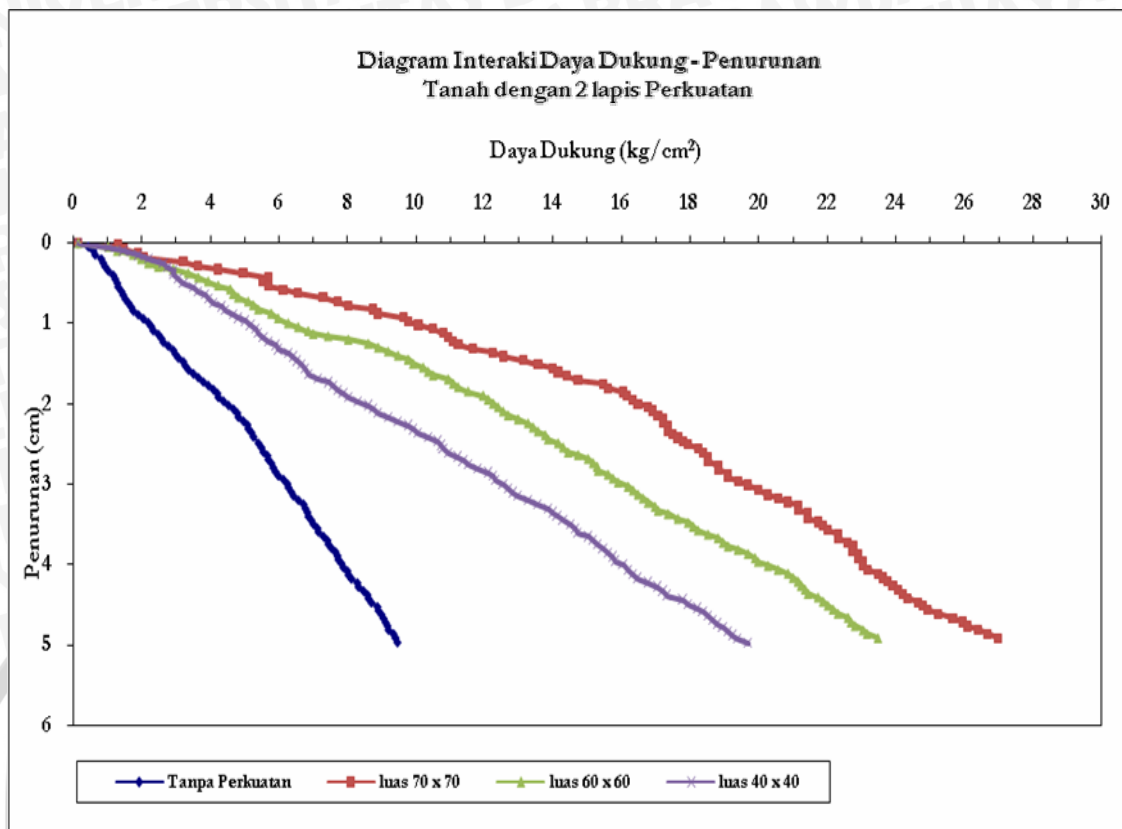


Diagram berikut menunjukkan hubungan antara daya dukung vs penurunan tanah pada 1 lapis perkuatan dengan variasi luas anyaman bambu :



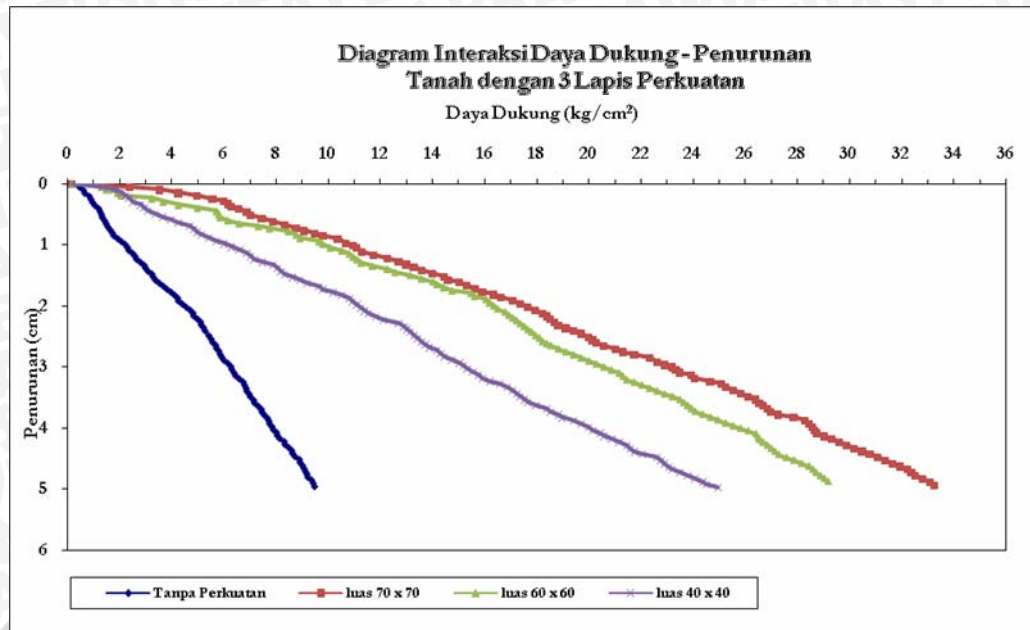
Gambar 4.16 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Dengan 1 Lapis Perkuatan Dengan Variasi Luas

Untuk jumlah lapis sebanyak 2 lapis perkuatan anyaman bambu, dapat dilihat bahwa untuk anyaman dengan luas (40 x 40) cm<sup>2</sup> memberikan peningkatan nilai daya dukung batas yang relative cukup besar terhadap tanah tanpa perkuatan anyaman bambu, yaitu sebesar 114,789 %. Pada penambahan luasan menjadi (60 x 60) cm<sup>2</sup>, juga terjadi peningkatan daya dukung batas sebesar 195,646 % dari daya dukung batas tanah tanpa perkuatan anyaman bambu. Ketika luasan anyaman bambu diperbesar lagi menjadi (70 x 70) cm<sup>2</sup>, terjadi peningkatan daya dukung batas yang besarnya mencapai 208,12 % terhadap daya dukung tanah tanpa perkuatan anyaman bambu. Gambar berikut menunjukkan diagram daya dukung vs penurunan pada tanah dengan 2 lapis perkuatan menggunakan variasi luas anyaman bambu :



**Gambar 4.17 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Dengan 2 Lapis Perkuatan Dengan Variasi Luas**

Pada kasus penambahan jumlah lapis menjadi 3 lapis anyaman bambu, terjadi juga peningkatan nilai daya dukung batas yang cukup signifikan pada tanah dengan luas perkuatan (40 x 40) cm<sup>2</sup> yaitu sebesar 138,701 % terhadap tanah tanpa lapis perkuatan anyaman. Di lain hal, pada penambahan luas anyaman dari dari luasan (40 x 40) cm<sup>2</sup> ke luasan (60 x 60) cm<sup>2</sup> terjadi peningkatan sebesar 234,036 %, dan pada penambahan luasan dar (60 x 60) cm<sup>2</sup> menjadi luasan (70 x 70) cm<sup>2</sup> terjadi peningkatan sebesar 257,602 % terhadap daya dukung tanah tanpa perkuatan. Berikut adalah gambar diagram hubungan daya dukung vs penurunan untuk tanah dengan 3 lapis perkuatan menggunakan variasi luas perkuatan anyaman bambu :



Gambar 4.18 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Dengan 3 Lapis Perkuatan Dengan Variasi Luas

Dari hasil analisa yang telah dijabarkan sebelumnya, maka dapat diketahui bahwa pada kasus 1, 2 dan 3 lapis perkuatan anyaman bambu, penambahan luasan yang efektif adalah penambahan luasan (40 x 40) cm<sup>2</sup> menjadi luasan (60 x 60) cm<sup>2</sup>, dimana hal ini dapat dilihat pada prosen peningkatan daya dukung yang relatif besar.

#### 4.2.2 Korelasi daya dukung-penurunan pada variasi jumlah lapis

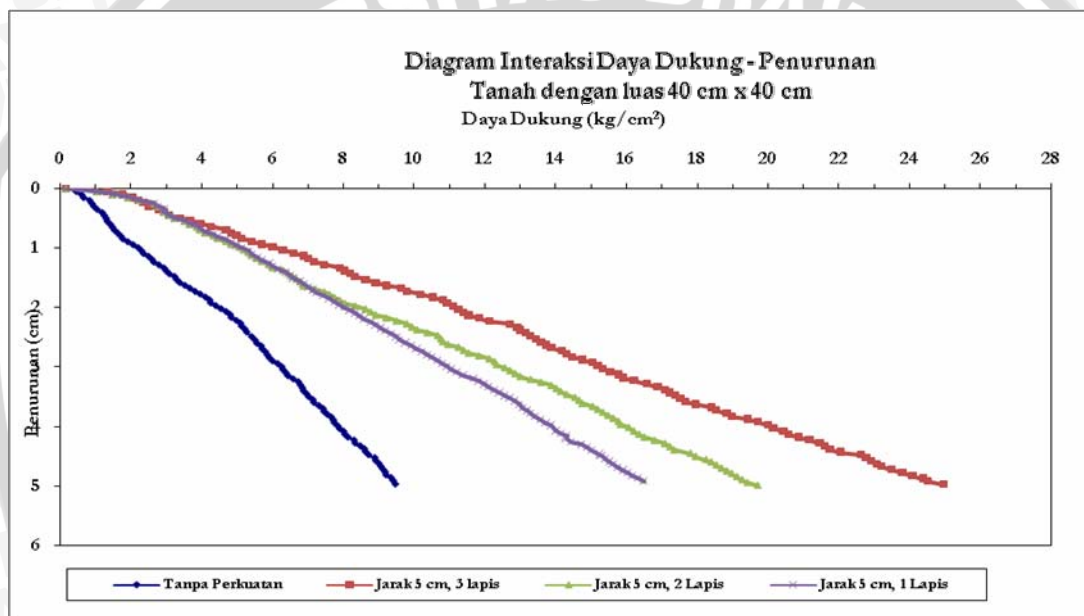
Peningkatan daya dukung yang relatif cukup besar juga ditunjukkan dalam variasi jumlah lapis anyaman bambu dengan beberapa luasan yang ada. Pada tabel di bawah ditunjukkan bahwa dengan penambahan jumlah lapis juga sangat berpengaruh pada peningkatan nilai daya dukung batas tanah.

Tabel 4.11. Prosen Peningkatan Daya Dukung Batas Dengan Variasi Jumlah Lapis Perkuatan

Jumlah Lapis	Luas (40 x 40) cm <sup>2</sup>			Luas (60 x 60) cm <sup>2</sup>			Luas (70 x 70) cm <sup>2</sup>		
	Q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	Peningkatan (%)	Q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	Peningkatan (%)	Q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	Peningkatan (%)
Tanpa Perkuatan	2.894	1	-	2.894	1	-	2.894	1	-
1	5.811	2.008	100.795	7.121	2.461	146.061	8.253	2.852	185.176
			13.994			49.585			22.944
2	6.216	2.148	114.789	8.556	2.956	195.646	8.917	3.081	208.120
			23.912			38.390			49.482
3	6.908	2.387	138.701	9.667	3.340	234.036	10.349	3.576	257.602

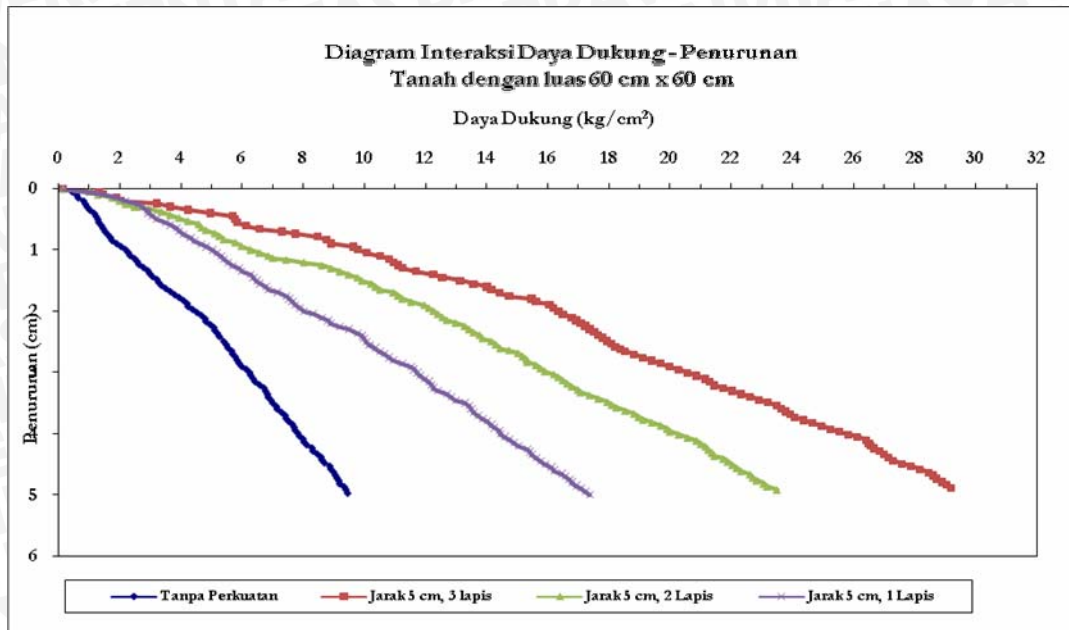


Dengan memperhatikan nilai pada tabel di atas, dapat dilihat bahwa untuk anyaman bambu dengan luas  $(40 \times 40) \text{ cm}^2$ , jumlah 1 lapis perkuatan memberikan prosen peningkatan daya dukung yang cukup besar terhadap tanah tanpa lapis perkuatan, yaitu sebesar 100,795 %, dan pada saat jumlah lapis perkuatan ditambah menjadi 2 lapis, terjadi peningkatan prosen daya dukung batas sebesar 114,789 % terhadap tanah tanpa perkuatan. Ketika jumlah lapis anyaman bambu ditambah lagi sebanyak 3 lapis, masih terjadi peningkatan yaitu sebesar 138,701 %. Dengan melihat hasil ini, penambahan jumlah lapis pada luasan  $(40 \times 40) \text{ cm}^2$  dari 1 lapis menjadi 3 lapis dapat dikatakan masih efektif. Berikut adalah diagram hubungan daya dukung vs penurunan tanah dengan luas perkuatan anyaman bambu  $(40 \times 40) \text{ cm}^2$  dengan variasi jumlah lapis :



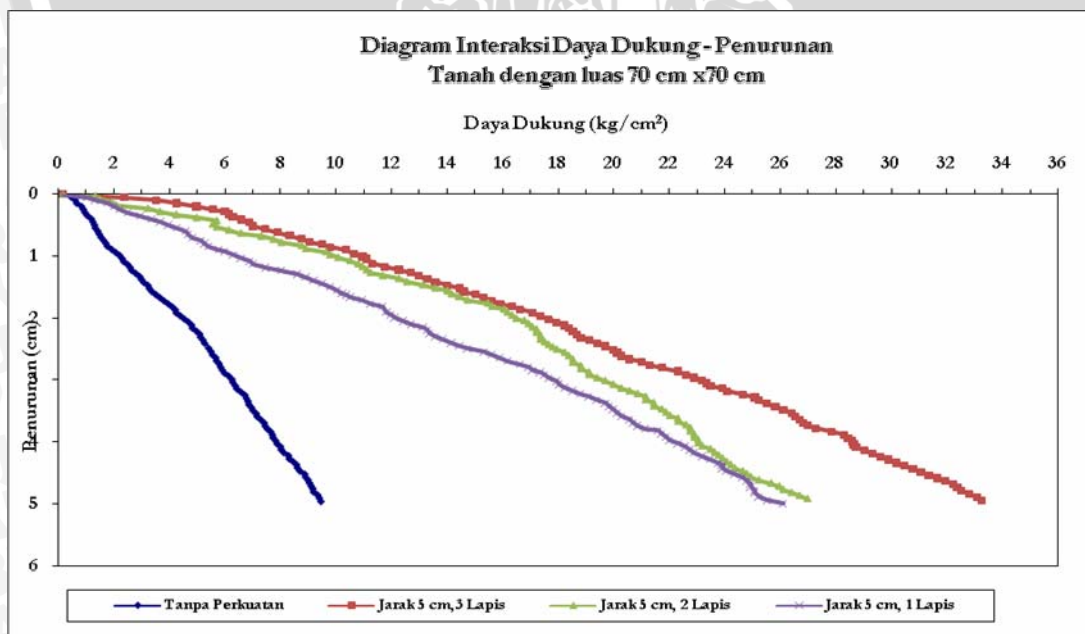
**Gambar 4.19 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Dengan Luas Anyaman Bambu  $(40 \times 40) \text{ cm}^2$  Menggunakan Variasi Jumlah Lapis**

Untuk perkuatan anyaman bambu dengan luasan  $(60 \times 60) \text{ cm}^2$ , terjadi peningkatan prosentase daya dukung batas sebesar 146,061 % pada tanah dengan 1 lapis perkuatan terhadap tanah tanpa lapis perkuatan. Pada saat penambahan jumlah lapis menjadi 2 lapis, juga terjadi peningkatan daya dukung batas sebesar 195,646 %. Ketika jumlah lapis anyaman bambu diperbanyak menjadi 3 lapis, masih terjadi peningkatan yaitu sebesar 234,036 %. Dengan melihat hasil ini, penambahan jumlah lapis pada luasan  $(60 \times 60) \text{ cm}^2$  dari 1 lapis menjadi 3 lapis dapat dikatakan masih efektif. Diagram hubungan daya dukung vs penurunan tanah dengan luas perkuatan anyaman bambu  $(60 \times 60) \text{ cm}^2$  dengan variasi jumlah lapis ditampilkan sebagai berikut:



Gambar 4.20 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Dengan Luas Anyaman Bambu (60 x 60) cm<sup>2</sup> Menggunakan Variasi Jumlah Lapis

Pada kasus luasan perkuatan (70 x 70) cm<sup>2</sup>, penggunaan 1 lapis anyaman bambu memberikan prosen peningkatan daya dukung sebesar 185,176 % terhadap tanah tanpa perkuatan. Penambahan jumlah lapis menjadi 2 lapis memberikan peningkatan sebesar 208,120 %, sedangkan ketika dilakukan penambahan jumlah lapis menjadi 3 lapis perkuatan terjadi prosen peningkatan sebesar 257,602 %. Berikut adalah diagram hubungan daya dukung vs penurunan tanah dengan luas perkuatan anyaman bambu (70 x 70) cm<sup>2</sup> dengan variasi jumlah lapis :



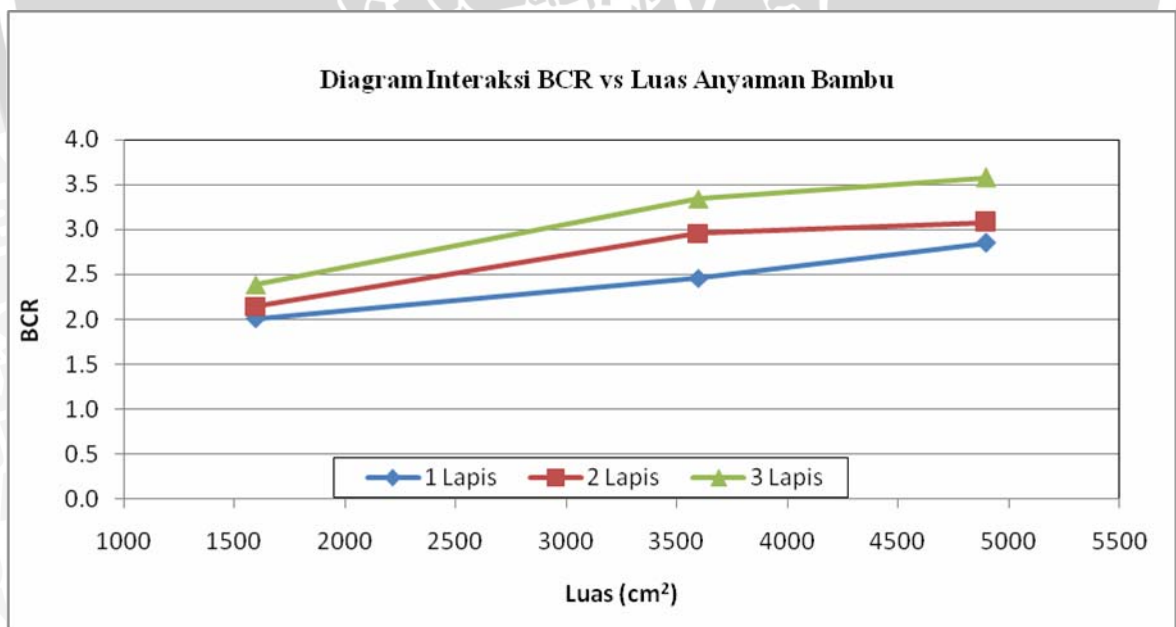
Gambar 4.21 Diagram Interaksi Daya Dukung vs Penurunan Tanah Dengan Luas Anyaman Bambu (70 x 70) cm<sup>2</sup> Menggunakan Variasi Jumlah Lapis

Dengan memperhatikan analisa yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat diketahui bahwa rata-rata penambahan jumlah lapis untuk masing-masing luasan memberikan pengaruh yang efektif terhadap peningkatan daya dukung batas (*ultimate*). Pada luasan (40 x 40) cm<sup>2</sup> dan (70 x 70) cm<sup>2</sup> penambahan jumlah lapis yang efektif adalah penambahan jumlah lapis dari 2 lapis ke 3 lapis. Sedangkan untuk luasan (60 x 60) cm<sup>2</sup> penambahan jumlah lapis yang efektif adalah penambahan jumlah lapis dari 1 lapis ke 2 lapis.

#### 4.2.3 Nilai BCR dengan Variasi Luas Anyaman Bambu pada Jumlah Lapis yang Sama

Peningkatan daya dukung ultimit terhadap adanya perkuatan merupakan perbandingan antara daya dukung ultimit tanah yang diperkuat ( $q$ ) dengan daya dukung ultimit tanah tanpa perkuatan ( $q_0$ ).

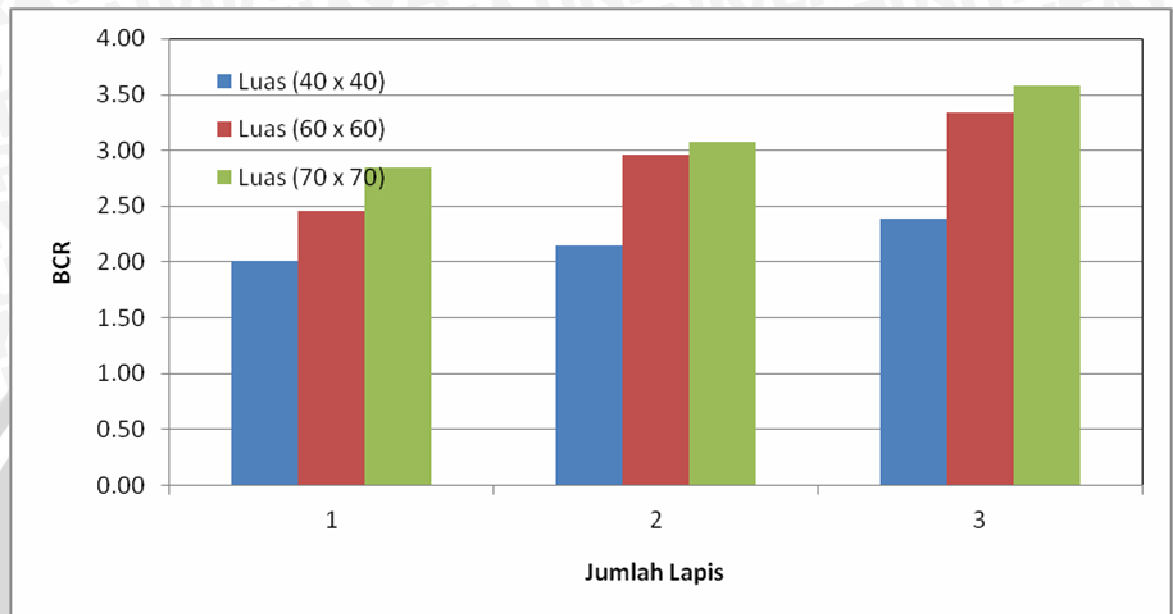
Hasil percobaan pembebanan dengan menggunakan anyaman bambu sebagai bahan perkuatan pada tanah pasir menunjukkan bahwa secara keseluruhan nilai BCR cenderung meningkat seiring dengan semakin luasnya anyaman bambu yang digunakan sebagai bahan perkuatan.. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.22 di bawah ini :



Gambar 4.22 Diagram Korelasi BCR vs Luas Anyaman Bambu dengan beberapa Jumlah Lapis



Untuk melihat secara lebih jelas peningkatan nilai BCR dengan adanya penambahan luas anyaman bambu pada beberapa jumlah lapis, ditunjukkan pada diagram batang berikut ini :



**Gambar 4.23 Diagram Batang BCR vs Luas Anyaman Bambu dengan beberapa Jumlah Lapis**

Dari diagram di atas terlihat bahwa nilai BCR pada perkuatan 1 lapis dengan beberapa variasi luas anyaman bambu, mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Untuk variasi luas 40 x 40 cm<sup>2</sup>, nilai BCR mencapai 2,008. Sedangkan untuk luas 60 x 60 cm<sup>2</sup>, BCR nya mencapai 2,461. Nilai ini naik 45,2661 %. Kemudian untuk luas 70 x 70 cm<sup>2</sup>, nilai BCR nya mencapai 2,852 dan peningkatan yang terjadi 39,115 % dari luasan sebelumnya. BCR per satuan volume pekerjaan juga tidak mengalami kenaikan, sehingga penambahan luasan anyaman bambu sebagai perkuatan tidak akan mempengaruhi pekerjaan tanah yang terjadi. Dari semua hal tersebut dapat dikatakan bahwa penambahan luas pada 1 lapis cukup efektif karena prosentase peningkatannya cukup tinggi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.12 di bawah ini.

**Tabel 4.12. % Peningkatan BCR pada jumlah 1 lapis dengan variasi luas**

Jumlah Lapis	Luas Anyaman Bambu (cm <sup>2</sup> )	q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	Peningkatan (%)		BCR per satuan volume pekerjaan	
Tanpa	-	2.894	1	-	-	-	-
1 Lapis	40 x 40	5.811	2.008	100.79		0.05	
					45.2661		1
	60 x 60	7.121	2.461	146.06		0.05	
					39.1154		1
	70 x 70	8.253	2.852	185.18		0.05	

Untuk perkuatan 2 lapis anyaman bambu, penambahan luas (40 x 40) cm<sup>2</sup> ke luas (60 x 60) cm<sup>2</sup> meningkat 80,8569 %. Nilai ini naik dari BCR sebesar 2,148 ke 2,956. Kemudian dari luas (60 x 60) cm<sup>2</sup> ke luas (70 x 70) cm<sup>2</sup>, nilai BCR nya menjadi 3,081 sehingga naik 208,12 % terhadap tanah tanpa perkuatan. Dari sini bisa terlihat bahwa penambahan luas dari (40 x 40) cm<sup>2</sup> ke luas (60 x 60) cm<sup>2</sup> maupun dari luas (60 x 60) cm<sup>2</sup> ke luas (70 x 70) cm<sup>2</sup> ternyata masih efektif, hal ini juga didukung oleh BCR per satuan volume pekerjaan yang tidak mengalami peningkatan. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.13.

**Tabel 4.13. % Peningkatan BCR pada jumlah 2 lapis dengan variasi luas**

Jumlah Lapis	Luas Anyaman Bambu (cm <sup>2</sup> )	q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	Peningkatan (%)		BCR per satuan volume pekerjaan	
Tanpa	-	2.894	1	-	-	-	-
2 Lapis	40 x 40	6.216	2.148	114.79		0.05	
					80.8569		1
	60 x 60	8.556	2.956	195.65		0.05	
					12.4741		1
	70 x 70	8.917	3.081	208.12		0.05	

Selanjutnya untuk perkuatan 3 lapis dengan beberapa variasi luas, juga mengalami peningkatan nilai BCR. Dari tabel 4.14 terlihat bahwa BCR dari luas (40 x 40) cm<sup>2</sup> ke luas (60 x 60) cm<sup>2</sup> meningkat 95,335%, yaitu dari BCR 2,387 menjadi 3,340. Dari luas (60 x 60) cm<sup>2</sup> ke luas (70 x 70) cm<sup>2</sup> juga meningkat 23,566 %, yaitu dari BCR sebesar 3,340 naik menjadi 3,576. Sehingga penambahan luas ini juga masih efektif untuk dilakukan.

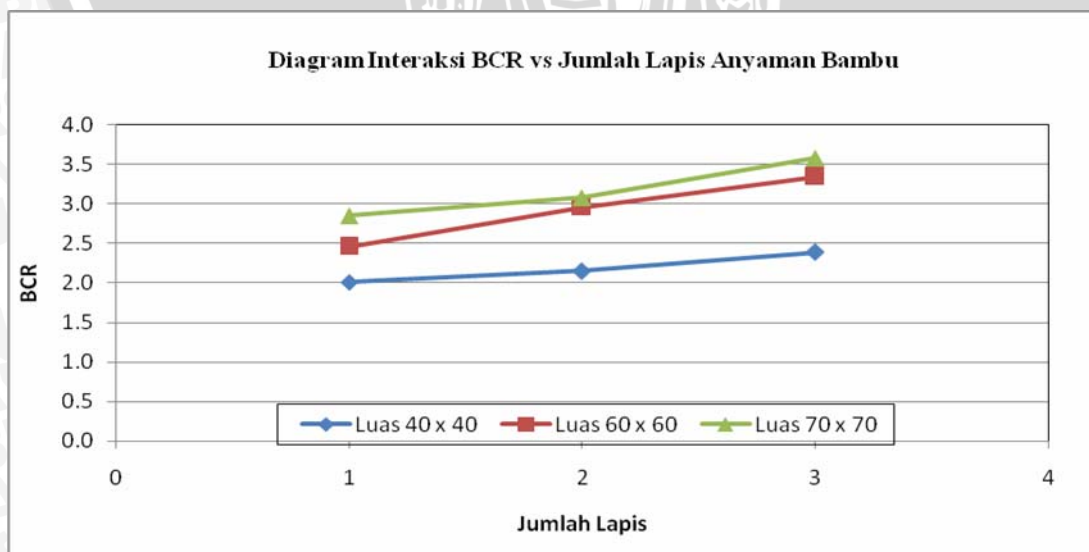
Tabel 4.14. % Peningkatan BCR pada jumlah 3 lapis dengan variasi luas

Jumlah Lapis	Luas Anyaman Bambu (cm <sup>2</sup> )	q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	Peningkatan (%)	BCR per satuan volume pekerjaan
Tanpa	-	2.894	1	-	-
3 Lapis	40 x 40	6.908	2.387	138.7	0.05
	60 x 60	9.667	3.340	234.04	0.05
	70 x 70	10.349	3.576	257.6	0.05

Dari analisis di atas dapat diketahui bahwa penambahan luasan yang paling efektif adalah dari luas (40 x 40) cm<sup>2</sup> ke (60 x 60) cm<sup>2</sup>. Hal ini dapat dilihat dari prosentase peningkatan daya dukung ultimitnya pada semua jumlah lapis yang meningkat sekitar 45,266 % – 95,335 % bila dibandingkan dengan penambahan luas dari (60 x 60) cm<sup>2</sup> menjadi (70 x 70) cm<sup>2</sup> yang hanya meningkat sekitar sampai sebesar 39,115 %.

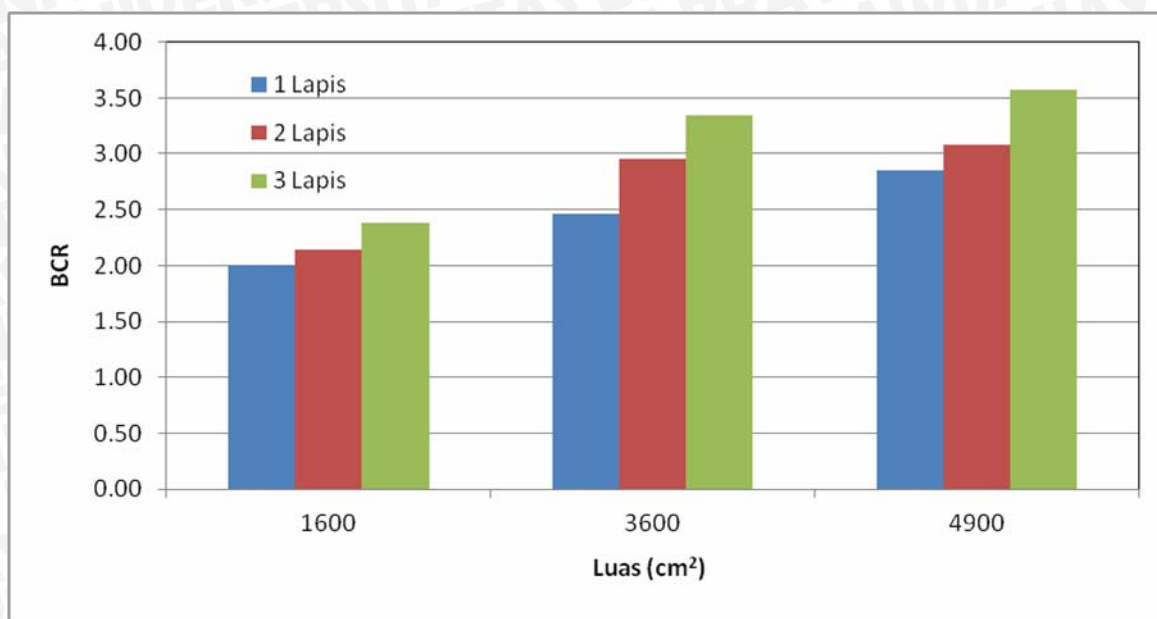
#### 4.2.4 Nilai BCR dengan Variasi Jumlah Lapis Anyaman Bambu pada Luasan yang Sama

Seperti halnya dengan penambahan luas anyaman bambu, penambahan jumlah lapis juga mempengaruhi peningkatan nilai BCR. Hal ini dapat dilihat pada grafik hubungan antara nilai BCR dengan luas anyaman bambu pada beberapa jumlah lapis yang ada (gambar 4.24). Dan untuk melihat lebih jelas peningkatan nilai BCR akibat penambahan jumlah lapis dapat dilihat pada diagram batang pada gambar 4.25.



Gambar 4.24 : Grafik hubungan antara BCR dengan luas anyaman bambu pada variasi jumlah lapis.





Gambar 4.25 : Diagram batang pada beberapa luasan dengan variasi penambahan jumlah lapis.

Untuk luas (40 x 40) cm<sup>2</sup>, nilai BCR dari penambahan jumlah 1 lapis ke 2 lapis meningkat 13,994 % yaitu dari nilai BCR 2,008 ke 2,148. Peningkatan ini semakin bertambah prosentasenya ketika jumlahnya ditambah menjadi 3 lapis, yaitu menjadi 2,387 dengan prosentase 138,7 % terhadap daya dukung tanah tanpa perkuatan. Untuk BCR per satuan volume pekerjaan terjadi peningkatan sebesar 200 % pada saat penambahan dari 1 lapis ke 2 lapis, sedangkan pada penambahan lapisan menjadi 3 lapis kenaikan BCR per satuan volume pekerjaan hanya meningkat sebesar 150 %. Dari sini terlihat bahwa penambahan jumlah lapis yang efektif adalah penambahn jumlah lapis dari 2 lapis menjadi 3 lapis perkuatan.

Tabel 4.15. % Peningkatan BCR pada luas (40x40) cm<sup>2</sup> dengan variasi jumlah lapis

Luas Anyaman Bambu (cm <sup>2</sup> )	Jumlah Lapis	q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	Peningkatan (%)		BCR per satuan volume pekerjaan	
Tanpa	-	2.894	1	-	-	-	-
40 x 40	1 Lapis	5.811	2.008	100.79	13.994	0.05	2
	2 Lapis	6.216	2.148	114.79	23.912	0.1	1.5
	3 Lapis	6.908	2.387	138.7		0.15	

Begitu juga untuk luas (60 x 60) cm<sup>2</sup>, penambahan jumlah 1 lapis ke 2 lapis meningkatkan nilai BCR dari 2,461 menjadi 2,956 dengan prosentase peningkatan 49,585 %. Ketika jumlahnya ditambah menjadi 3 lapis nilai BCR meningkat menjadi

3,340 dengan prosentase kenaikan mencapai 234,04 % terhadap daya dukung tanah tanpa perkuatan. Untuk BCR per satuan volume pekerjaan terjadi peningkatan sebesar 200 % pada saat penambahan dari 1 lapis ke 2 lapis, sedangkan pada penambahan lapisan menjadi 3 lapis kenaikan BCR per satuan volume pekerjaan meningkat sebesar 150 %. Dari sini terlihat bahwa penambahan jumlah lapis yang efektif adalah penambahn jumlah lapis dari 2 lapis menjadi 3 lapis perkuatan.

**Tabel 4.16. % Peningkatan BCR pada luas (60x60) cm<sup>2</sup> dengan variasi jumlah lapis**

Luas Anyaman Bambu (cm <sup>2</sup> )	Jumlah Lapis	q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	Peningkatan (%)		BCR per satuan volume pekerjaan	
Tanpa	-	2.894	1	-	-	-	-
60 x 60	1 Lapis	7.121	2.461	146.06		0.05	
	2 Lapis	8.556	2.956	195.65	49.585	0.1	2
	3 Lapis	9.667	3.340	234.04	38.390	0.15	1.5

Sedangkan untuk luas (70 x 70) cm<sup>2</sup>, nilai BCR juga meningkat 2,852 untuk 1 lapis, 3,081 untuk 2 lapis, dan 3,576 untuk 3 lapis, dengan prosentase peningkatan sebesar 22,944 % untuk penambahan jumlah lapis dari 1 lapis menjadi 2 lapis, sedangkan untuk penambahan jumlah lapis dari 2 lapis ke 3 lapis prosentase peningkatan yang terjadi hanya sebesar 49,482 %. Untuk BCR per satuan volume pekerjaan terjadi peningkatan sebesar 200 % pada saat penambahan dari 1 lapis ke 2 lapis, sedangkan pada penambahan lapisan menjadi 3 lapis kenaikan BCR per satuan volume pekerjaan meningkat sebesar 150 %. Dari sini terlihat bahwa penambahan jumlah lapis yang efektif adalah penambahan jumlah lapis dari 2 lapis menjadi 3 lapis perkuatan.

**Tabel 4.17. % Peningkatan BCR pada luas (70x70) cm<sup>2</sup> dengan variasi jumlah lapis**

Luas Anyaman Bambu (cm <sup>2</sup> )	Jumlah Lapis	q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	Peningkatan (%)		BCR per satuan volume pekerjaan	
Tanpa	-	2.894	1	-	-	-	-
70 x 70	1 Lapis	8.253	2.852	185.18		0.05	
	2 Lapis	8.917	3.081	208.12	22.944	0.1	2
	3 Lapis	10.349	3.576	257.6	49.482	0.15	1.5

Dari variasi jumlah lapis di atas, dapat diketahui bahwa adanya penambahan jumlah lapis dapat meningkatkan nilai BCR sampai 3,576. Meskipun demikian, penambahan ini kurang efektif untuk dilakukan karena ditinjau dari sisi ekonomi



meskipun daya dukung ada kecenderungan naik, namun biaya untuk perkuatan tersebut juga naik sehingga jika diukur dari sisi efisiensi biaya, kenaikan daya dukung tidakimbang dengan kenaikan biaya perkuatan.

#### 4.2.5 Pengaruh Variasi Luas Anyaman Bambu terhadap Nilai BCR pada Beberapa Penurunan

Besarnya peningkatan nilai BCR pada beberapa penurunan yang terjadi dalam hal ini diambil penurunan 10%B, 20%B dan 50%B dan tidak berdasarkan kriteria beban batas, dapat diketahui pada tabel di bawah yang menyajikan hubungan antara BCR dengan penurunan pada beberapa variasi luas anyaman bambu dan variasi jumlah lapisnya.

**Tabel 4.18. % Peningkatan BCR Dengan Penurunan Pada Variasi Luas**

Penurunan	Luas (cm <sup>2</sup> )	1 Lapis				2 Lapis				3 Lapis			
		q (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	% Peningkatan		q (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	% Peningkatan		q (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	% Peningkatan	
10% B	Tanpa	2.200	1.000	-	-	2.200	1.000	-	-	2.200	1	-	-
	40 x 40	4.971	2.260	125.955	2.682	5.029	2.286	128.591	57.045	5.992	2.724	172.364	172.318
	60 x 60	5.030	2.286	128.636	57.000	6.284	2.856	185.636	159.045	9.783	4.447	344.682	39.7727
	70 x 70	6.284	2.856	185.636		9.783	4.447	344.682		10.658	4.845	384.455	
20% B	Tanpa	4.388	1.000	-	-	4.388	1.000	-	-	4.388	1.000	-	-
	40 x 40	7.888	1.798	79.763	3.304	8.325	1.897	89.722	86.395	11.095	2.528	152.849	119.644
	60 x 60	8.033	1.831	83.067	93.049	12.116	2.761	176.117	96.376	16.345	3.725	272.493	23.2452
	70 x 70	12.116	2.761	176.117		16.345	3.725	272.493		17.365	3.957	295.738	
50% B	Tanpa	9.462	1.000	-	-	9.462	1.000	-	-	9.462	1.000	-	-
	40 x 40	16.490	1.743	74.276	9.248	19.698	2.082	108.180	40.066	24.948	2.637	163.665	44.684
	60 x 60	17.365	1.835	83.524	92.465	23.489	2.482	148.246	36.990	29.176	3.083	208.349	43.1516
	70 x 70	26.114	2.760	175.988		26.989	2.852	185.236		33.259	3.515	251.501	

Berdasarkan tabel di atas, untuk penurunan 10%B pada jumlah 1 lapis, 2 lapis, dan 3 lapis, telah menunjukkan bahwa adanya variasi luas dapat meningkatkan nilai BCR sekitar 2,682 – 172,318 % dari nilai BCR tanpa perkuatan. Di sini prosentase peningkatan terbesar terjadi pada 3 lapis dari luasan (40x40) cm<sup>2</sup> menjadi (60x60) cm<sup>2</sup> yaitu 172,318 % dengan nilai BCR mencapai 4,447.

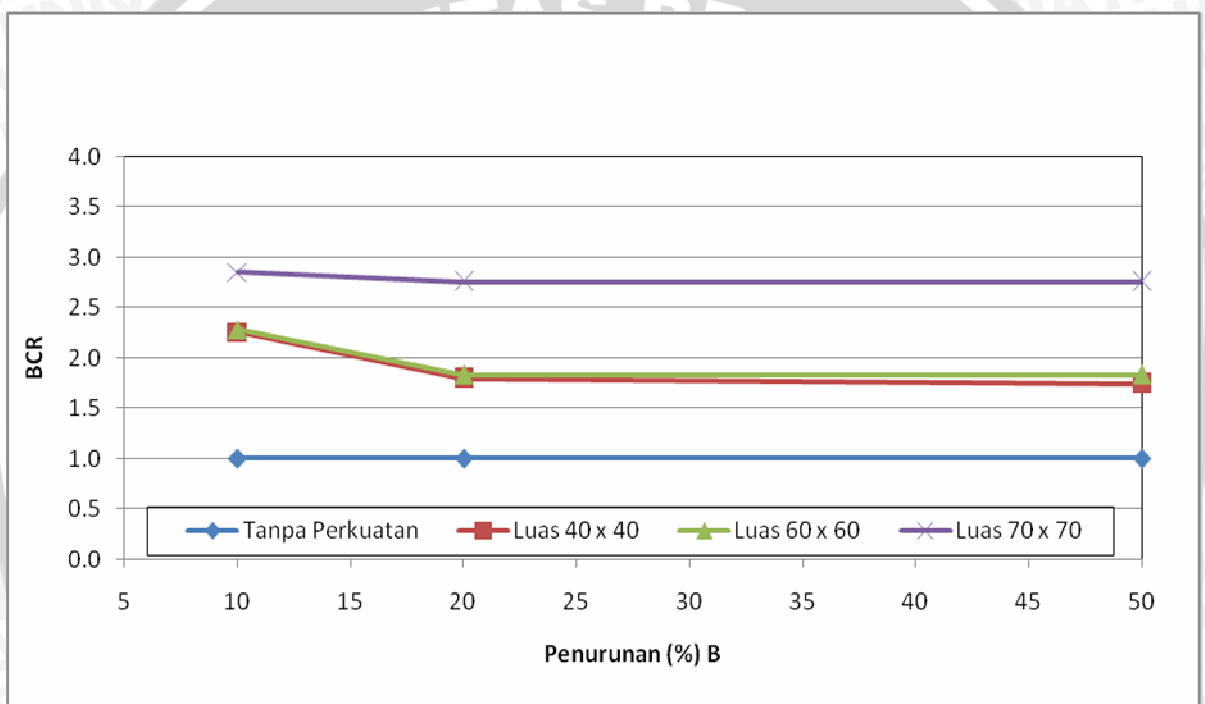
Kemudian pada penurunan 20%B atau 2 cm, nilai BCR nya juga cenderung meningkat bila dibandingkan dengan BCR tanpa perkuatan. Adanya penambahan luas



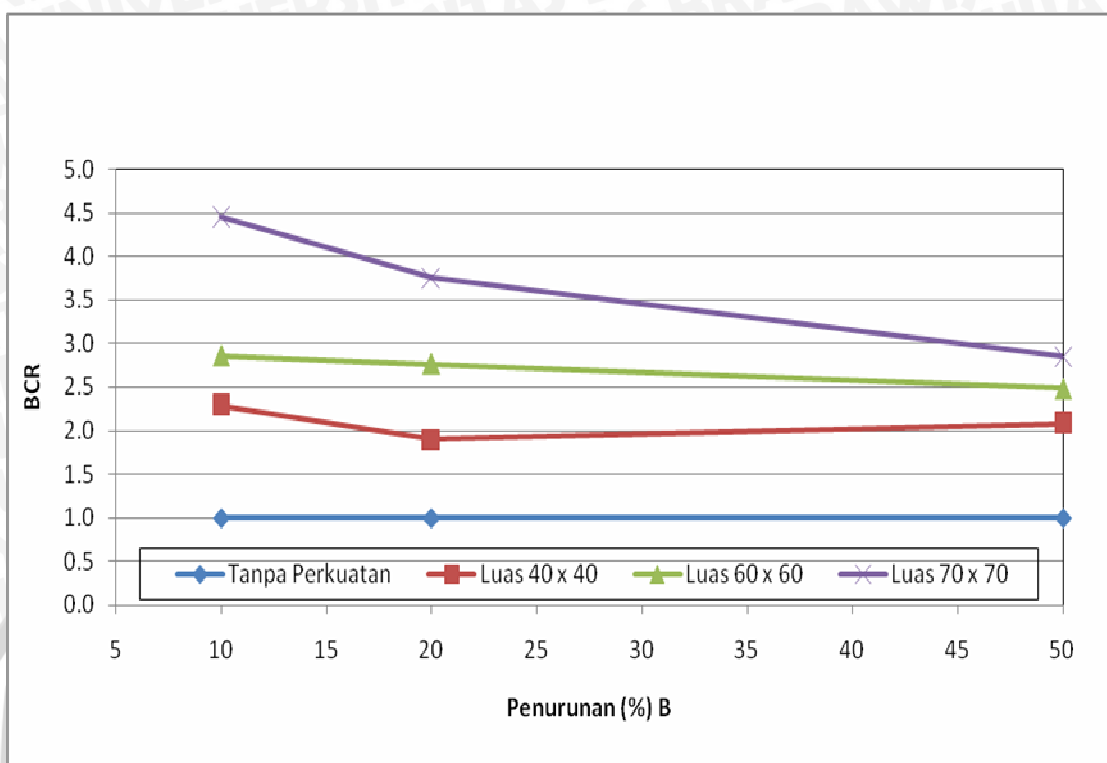
dari (40x40) cm<sup>2</sup> ke (60x60) cm<sup>2</sup> pada 3 lapis perkuatan merupakan peningkatan yang paling efektif karena prosentase peningkatan mencapai 119,644 % dengan nilai BCR 3,752.

Sedangkan penurunan 50%B peningkatan prosentase terbesar terjadi pada 3 lapis dari luasan (60x60) cm<sup>2</sup> menjadi (70x70) cm<sup>2</sup> yaitu 92.465 %. Walaupun prosentase peningkatan BCR yang lain cenderung lebih rendah, penambahan luas masih dinilai cukup efektif. Hal ini dikarenakan nilai BCR masih meningkat cukup baik.

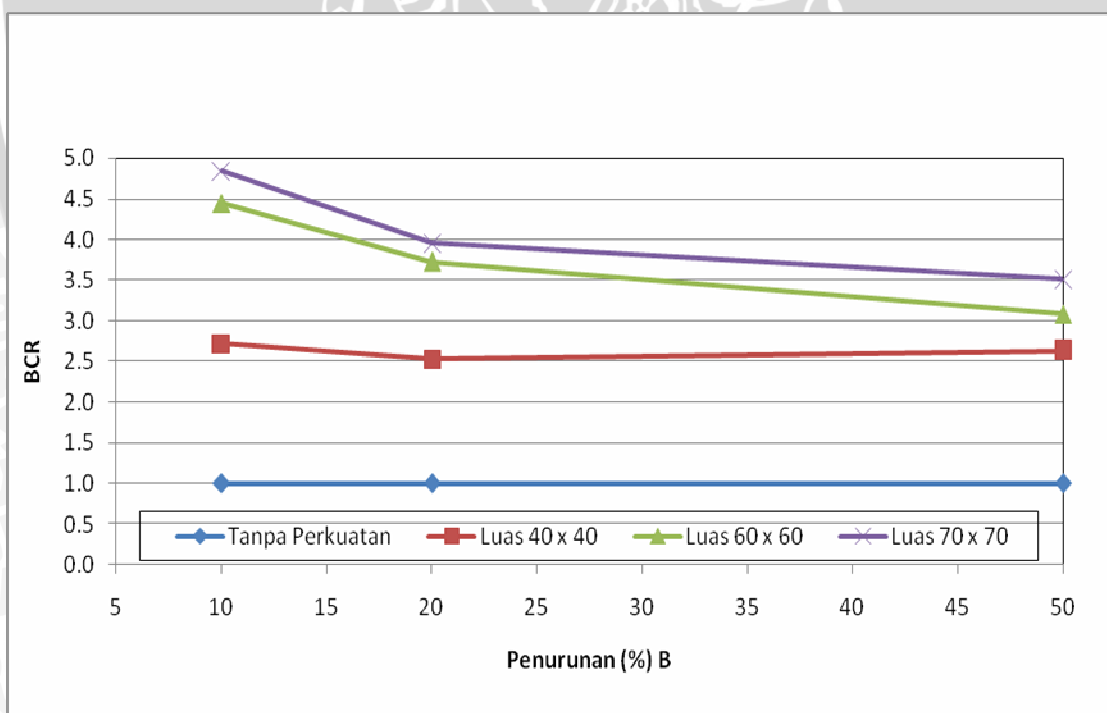
Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.26 - 4.28 mengenai grafik hubungan rasio daya dukung dengan penurunan akibat variasi luas.



Gambar 4.26 Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada jumlah 1 lapis untuk variasi luas.



Gambar 4.27 Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada jumlah 2 lapis untuk variasi luas.



Gambar 4.28 Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada jumlah 3 lapis untuk variasi luas.

Berdasarkan analisis dari tabel dan grafik di atas dapat diketahui bahwa adanya variasi luas akan memberikan peningkatan nilai BCR pada beberapa penurunan. Akan tetapi tidak semua jumlah lapis prosentase peningkatannya naik seiring dengan penambahan luasannya. Seperti yang telah dijelaskan di atas, terlihat adanya ketidakpastian prosentase peningkatan pada beberapa jumlah lapis. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor seperti, kepadatan tanah yang berbeda, faktor alat ataupun faktor manusia.

#### 4.2.6 Pengaruh Variasi Jumlah Lapis Anyaman Bambu terhadap Nilai BCR pada Beberapa Penurunan

Seperti halnya pada penambahan luas, penambahan jumlah lapis juga cenderung meningkatkan nilai BCR pada beberapa penurunan. Hal ini bisa dilihat pada tabel 4.22 di bawah ini.

**Tabel 4.19. % Peningkatan nilai BCR pada beberapa penurunan dengan variasi jumlah lapis**

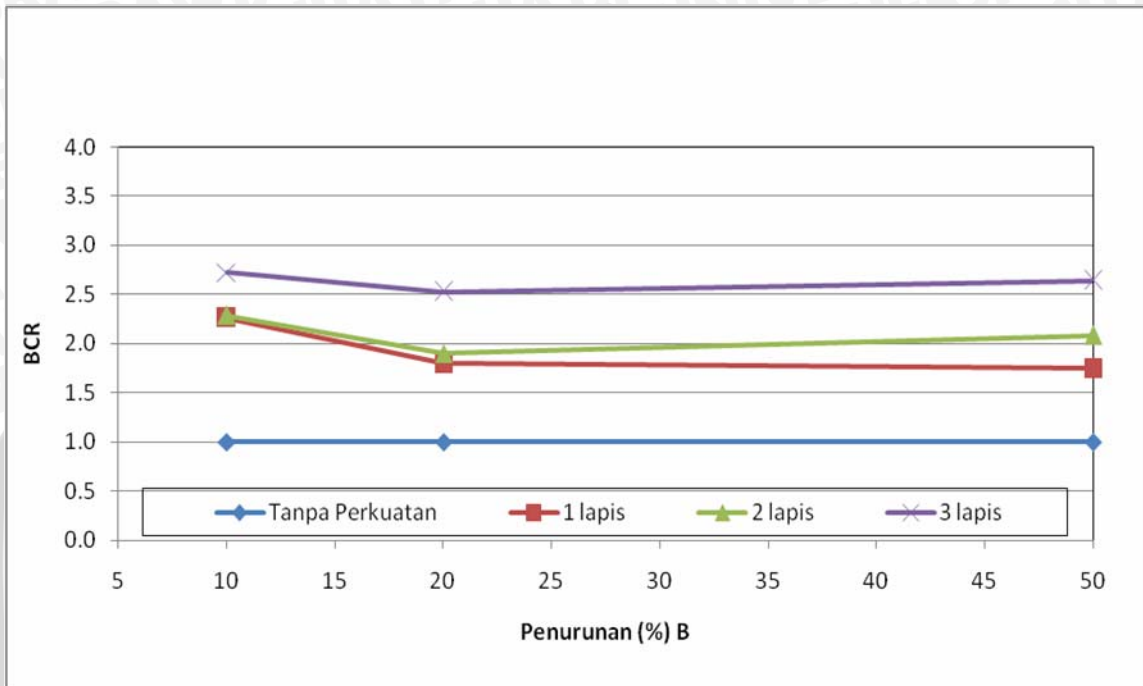
Penurunan	Jumlah Lapis	Luas (40 x 40) cm <sup>2</sup>				Luas (60 x 60) cm <sup>2</sup>				Luas (70 x 70) cm <sup>2</sup>			
		q <sub>d</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	% Peningkatan		q <sub>d</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	% Peningkatan		q <sub>d</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	% Peningkatan	
10% B	Tanpa	2.200	1.000	-	-	2.200	1.000	-	-	2.200	1	-	-
	1	4.971	2.260	125.955	2.682	5.029	2.286	128.591	57.045	6.284	2.856	185.636	159.045
	2	5.030	2.286	128.636	43.727	6.284	2.856	185.636	159.045	9.783	4.447	344.682	39.773
	3	5.992	2.724	172.364		9.783	4.447	344.682		10.658	4.845	384.455	
20% B	Tanpa	4.388	1.000	-	-	4.388	1.000	-	-	4.388	1.000	-	-
	1	7.888	1.798	79.763	9.959	8.033	1.831	83.067	93.049	12.116	2.761	176.117	96.376
	2	8.325	1.897	89.722	63.127	12.116	2.761	176.117	96.376	16.345	3.725	272.493	23.245
	3	11.095	2.528	152.849		16.345	3.725	272.493		17.365	3.957	295.738	
50% B	Tanpa	9.462	1.000	-	-	9.462	1.000	-	-	9.462	1.000	-	-
	1	16.490	1.743	74.276	33.904	17.365	1.835	83.524	64.722	26.114	2.760	175.988	9.248
	2	19.698	2.082	108.180	55.485	23.489	2.482	148.246	60.104	26.989	2.852	185.236	66.265
	3	24.948	2.637	163.665		29.176	3.083	208.349		33.259	3.515	251.500	

Secara keseluruhan pada penurunan 10%B, 20%B dan 50%B, nilai BCR untuk semua variasi jarak pada luas (60x60) cm<sup>2</sup>, (70x70) cm<sup>2</sup>, dan (80x80) cm<sup>2</sup> mengalami peningkatan terhadap daya dukung tanah tanpa perkuatan. Untuk penurunan 10%B atau 1 cm, penambahan jumlah lapis untuk semua variasi luas dari 1 lapis ke 3 lapis dapat dikatakan efektif karena prosentasenya meningkat 2,682–159,045 %. Sedangkan pada penurunan 20%B, penambahan jumlah lapis untuk semua luasan dari 1 lapis hingga 3

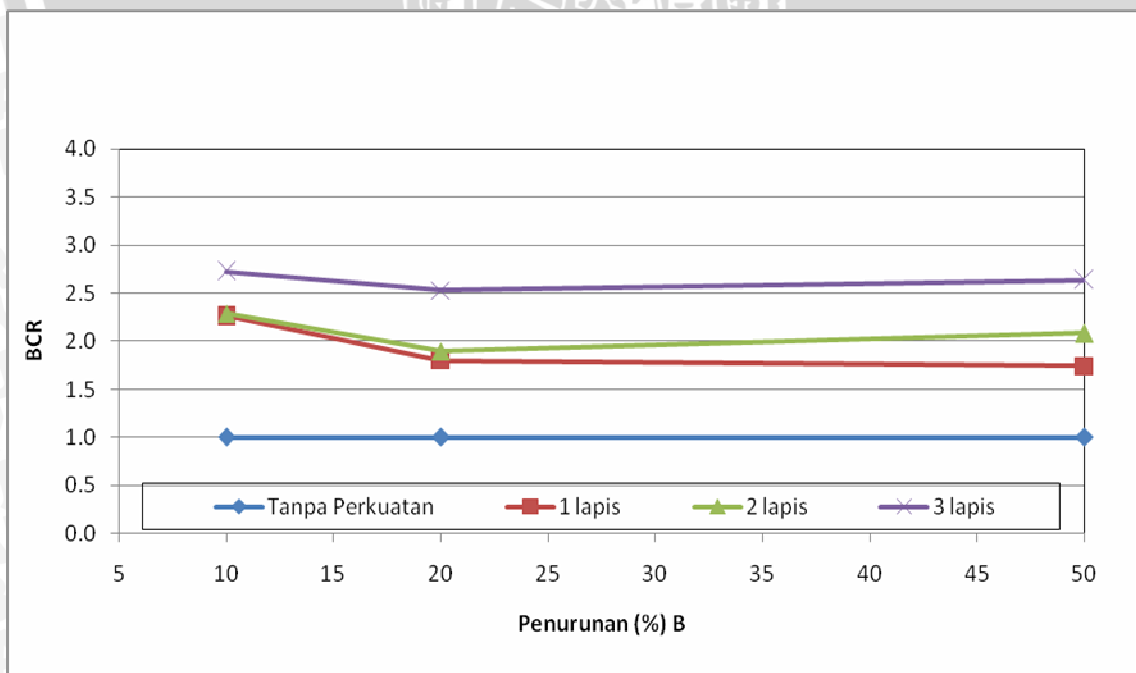


lapis juga mengalami peningkatan BCR sekitar 9,959–96,376 %. Penurunan 50%B atau 5 cm, dari tabel terlihat prosentase peningkatan BCR nya naik sekitar 9,248–66,265 %. Penambahan jumlah lapis ternyata masih efektif.

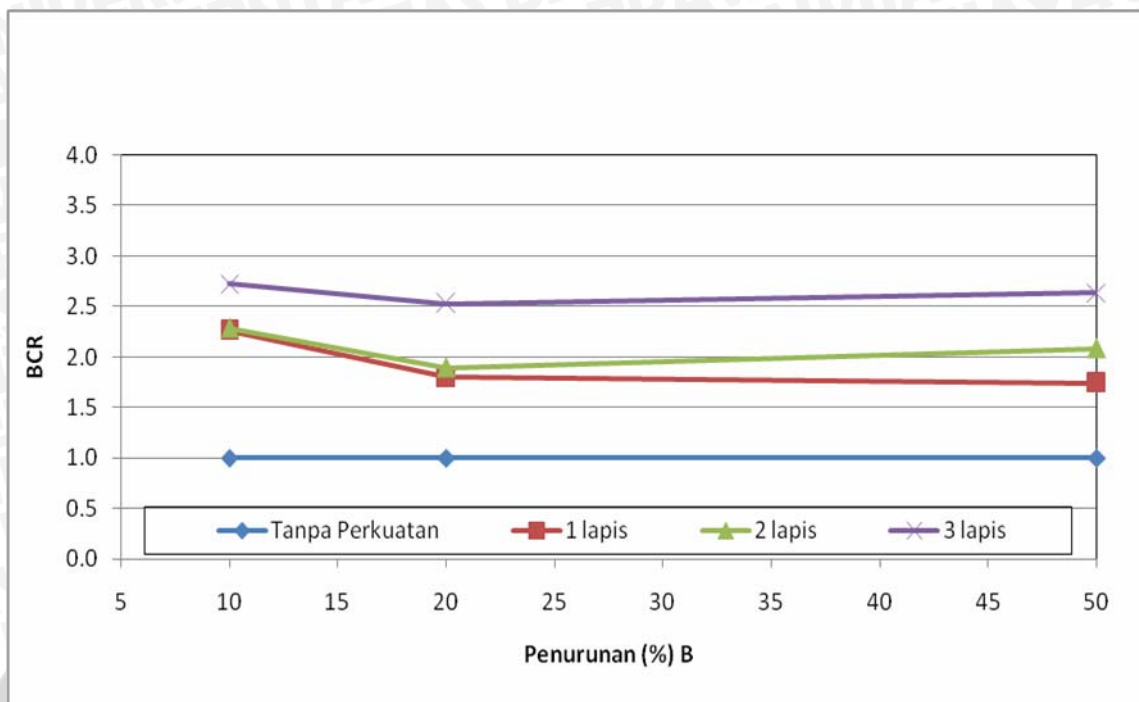
Peningkatan nilai BCR dengan bertambahnya jumlah lapis dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.29 Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada luas (40x40) cm<sup>2</sup> untuk variasi jumlah lapis.



Gambar 4.30 Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada luas (60x60) cm<sup>2</sup> untuk variasi jumlah lapis.



Gambar 4.31 Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada luas  $(70 \times 70) \text{ cm}^2$  untuk variasi jumlah lapis.

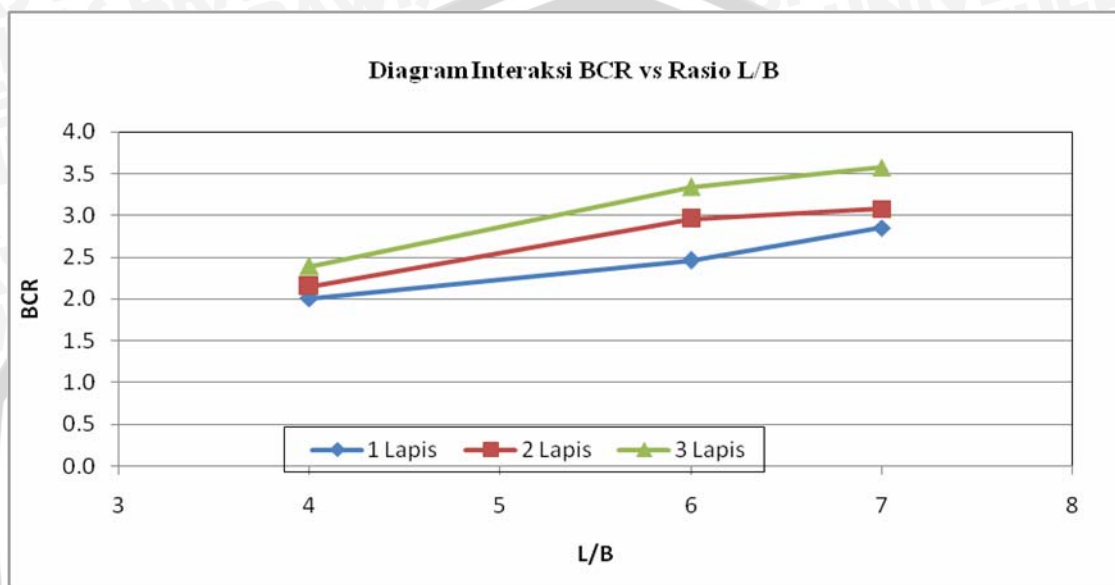
Dari analisis di atas dapat disimpulkan bahwa nilai BCR pada beberapa penurunan cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah lapis. Pada beberapa luasan, adanya penambahan jumlah lapis yang semakin besar terlihat kurang efektif, karena prosentase peningkatan BCR nya cenderung menurun. Sehingga dari analisis ini juga ditemukan ketidakpastian prosentase peningkatan. Seperti halnya dengan variasi luas anyaman bambu, adanya ketidakpastian ini bisa disebabkan karena faktor kepadatan tanah, faktor alat, atau faktor manusia itu sendiri.

#### 4.2.7 Korelasi Rasio Lebar Anyaman Bambu dengan Lebar Pondasi terhadap Nilai *Bearing Capacity Ratio* (BCR)

Aplikasi anyaman bambu dengan beberapa variasi sebagai material lapis perkuatan tanah dapat meningkatkan rasio kapasitas daya dukung batas tanah (BCR). Peningkatan nilai BCR tersebut dapat dilihat pada diagram korelasi antara BCR dengan variasi luasan dan variasi jumlah lapis anyaman bambu. Berikut ini akan disajikan diagram korelasi antara rasio lebar anyaman bambu dan lebar pondasi dengan nilai BCR, yang juga menunjukkan sejauh mana aplikasi penggunaan anyaman bambu dapat dipergunakan untuk meningkatkan rasio daya dukung batas tanah.

**Tabel 4.20. Rasio Lebar Anyaman Bambu dan Lebar Pondasi terhadap Nilai BCR**

Lebar Anyaman Bambu (L) (cm)	Lebar Pondasi (B) (cm)	1 Lapis		2 Lapis		3 Lapis	
		L/B	BCR	L/B	BCR	L/B	BCR
40	10	4	2.008	4	2.148	4	2.387
60	10	6	2.461	6	2.956	6	3.340
70	10	7	2.852	7	3.081	7	3.576



*Gambar 4.32 Diagram Korelasi antara rasio L/B dengan nilai BCR*

Dari diagram terlihat bahwa nilai rasio daya dung (BCR) cenderung meningkat jika nilai rasio L/B semakin bertambah. Dengan melihat hasil pada diagram juga terlihat bahwa rasio L/B sebesar 7 sangat baik jika diaplikasikan terhadap variasi 2 dan 3 lapis karena memberikan peningkatan nilai BCR yang relatif besar.



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dengan dilakukannya analisa data dan pembahasan hasil pengujian pada masing-masing benda uji, penelitian ini mencapai beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut :

1. Anyaman bambu yang dipergunakan sebagai alternarif material perkuatan tanah pasir dapat meningkatkan daya dukung batas (daya dukung *ultimate*) yang terjadi.
2. Variasi luas anyaman bambu yang dipakai sebagai material perkuatan pondasi persegi menunjukkan bahwa dengan melakukan penambahan luasan yang dipakai, akan cenderung meningkatkan nilai daya dukung batas pada tanah pasir. Pada kasus 1, 2 dan 3 lapis perkuatan anyaman bambu, penambahan luasan yang efektif adalah penambahan luasan  $(40 \times 40) \text{ cm}^2$  menjadi luasan  $(60 \times 60) \text{ cm}^2$  , dimana hal ini dapat dilihat pada prosen peningkatan daya dukung yang relatif besar.
3. Pada variasi jumlah lapis anyaman bambu sebagai material perkuatan tanah pasir, nilai daya dukung juga cenderung naik seiring dengan penambahan jumlah lapis perkuatan. Pada luasan  $(40 \times 40) \text{ cm}^2$  dan  $(70 \times 70) \text{ cm}^2$  , penambahan jumlah lapis yang paling efektif adalah penambahan jumlah lapis dari 2 lapis ke 3 lapis perkuatan, sedangkan untuk luasan  $(60 \times 60) \text{ cm}^2$  penambahan jumlah lapis yang efektif adalah penambahan jumlah lapis dari 1 lapis ke 2 lapis.
4. Variasi jumlah lapis memang efektif untuk alternatif perkuatan tanah pasir dengan penambahan di tiap variasi luasan, tetapi dari segi pemakaian kurang ekonomis karena meskipun daya dukung mengalami kenaikan untuk setiap penambahan jumlah lapis perkuatan, namun biaya biaya untuk perkuatan tersebut juga mengalami kenaikan, sehingga diukur dari sisi efisiensi biaya, kenaikan daya dukung tidak imbang dengan kenaikan biaya perkuatan.
5. Konfigurasi yang menghasilkan daya dukung paling tinggi pada penelitian ini adalah 3 lapis anyaman bambu dengan luas  $(70 \times 70) \text{ cm}^2$  , dimana memberikan nilai BCR yang paling maksimum di antara konfigurasi variasi yang lain, yaitu sebesar 3,576

## 5.2 Saran

Selama melakukan penelitian tentang perkuatan tanah pasir dengan menggunakan anyaman bambu sebagai alternatif material perkuatan, maka terdapat beberapa saran yang diajukan sebagai berikut :

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai material anyaman bambu, untuk lebih mendapatkan spesifikasi data-data yang lebih jelas, karena anyaman bambu merupakan material baru sebagai alternatif perkuatan tanah, dimana bambu merupakan hasil alam yang sangat berbeda jauh perilakunya dibandingkan dengan material sintetik yang umum dipergunakan sebagai material perkuatan tanah.
2. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai proses perawatan anyaman bambu menggunakan solar. Dan juga agar digunakan bahan lain selain solar yang dapat memperpanjang keawetan anyaman bambu didalam tanah.
3. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk pemakaian anyaman bambu sebagai lapisan perkuatan pada tanah kohesif (tanah lempung).
4. Untuk mempermudah penentuan bentuk keruntuhan yang terjadi sebaiknya boks uji yang digunakan tembus pandang.
5. Peralatan penelitian yang digunakan sebaiknya memadai dan dalam kondisi yang baik atau telah dikalibrasi secara berkala sehingga data yang didapatkan lebih akurat.

## LAMPIRAN I PERCOBAAN ANALISA SARING ( *GRAIN SIZE ANALYSIS* )

### 1. Persiapan Benda Uji

Tanah pasir yang akan diuji analisis saringan, dikeringkan dalam oven selama  $\pm$  24 jam dalam suhu  $\pm 110^{\circ}\text{C}$ . Kemudian menimbang dua buah sampel tanah dengan masing-masing beratnya adalah 500 gram.

### 2. Pemeriksaan Analisis Saringan

Tanah seberat 500 gram tersebut diayak dengan saringan No.4 ( 4,75 mm ); No.10 ( 2 mm); No.20 ( 0,84 mm ); No.40 ( 0,42 mm); No.50 ( 0,25 mm ); No.100 ( 0,15 mm ); No.200 ( 0,075 mm ). Timbang berat tanah yang tertahan masing-masing saringan dan hasilnya sebagai berikut :

Sampel Tanah I ( Berat = 500 gram )

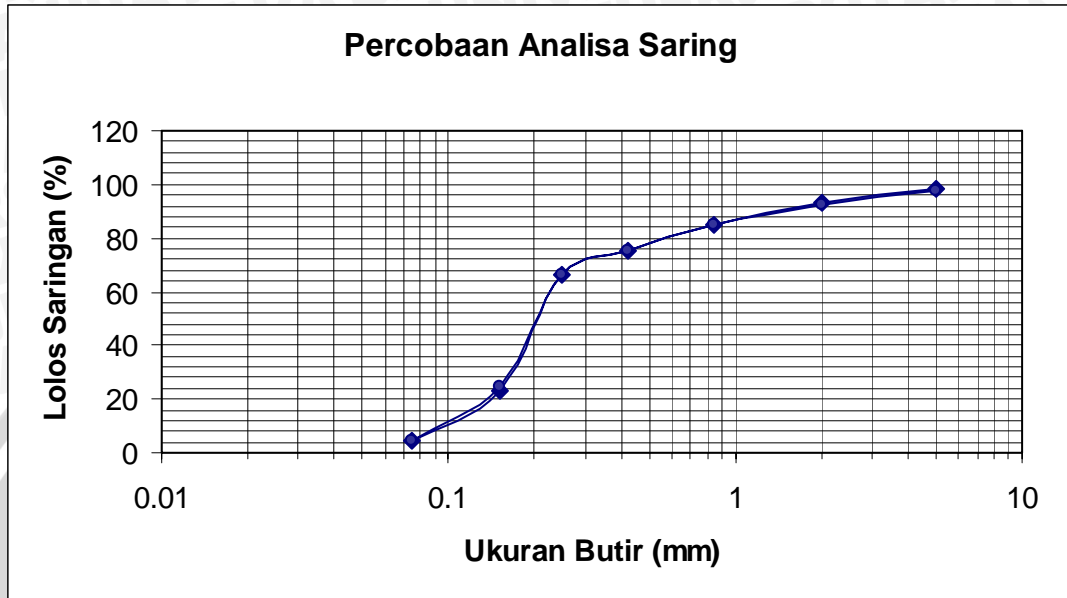
Saringan	Tertahan Saringan	Jumlah Tertahan	%	%
	(gram)	(komulatif)	Jumlah Tertahan	Lolos Saringan
5	11.92	11.92	2	98
2	25.63	37.55	7.53	92.47
0.84	38.72	76.27	15.29	84.71
0.42	45.88	122.15	24.49	75.51
0.25	47.03	169.18	33.92	66.08
0.15	207.55	376.73	75.54	24.46
0.075	98.32	475.05	95	5
Pan	23.67	498.72	100	0
Jumlah	498.72			

Sampel Tanah II ( Berat = 500 gram )

Saringan	Tertahan Saringan	Jumlah Tertahan	%	%
	(gram)	(komulatif)	Jumlah Tertahan	Lolos Saringan
5	9.7	9.7	2	98
2	24.85	34.55	6.96	93.04
0.84	40.39	74.94	15.09	84.91
0.42	46.13	121.07	24.37	75.63
0.25	46.12	167.19	33.66	66.34
0.15	213.15	380.34	76.57	23.43
0.075	92.74	473.08	95	5
Pan	23.67	496.75	100	0
Jumlah	496.75			



Kemudian dihitung prosentase tanah yang tertahan pada masing-masing saringan dan kemudian dihitung prosentase tanah yang lolos pada masing-masing saringan. Dari tabel di atas kemudian diplotkan ke dalam grafik hubungan ukuran butir tanah dan prosentase lolos saringan, seperti terlihat di bawah ini :



Dari grafik di atas dicari nilai  $D_{60}$  yaitu ukuran butir yang 60% lolos saringan,  $D_{30}$  yaitu ukuran butir yang 30% lolos saringan, dan  $D_{10}$  yaitu ukuran butir yang lolos saringan. Dari kedua sampel yang dianalisis saringan diperoleh nilai  $D_{60}$ ,  $D_{30}$ , dan  $D_{10}$  sebagai berikut :

	Sampel Tanah	
	I ( mm )	II ( mm )
<b>D60</b>	0.23	0.23
<b>D30</b>	0.17	0.17
<b>D10</b>	0.095	0.095

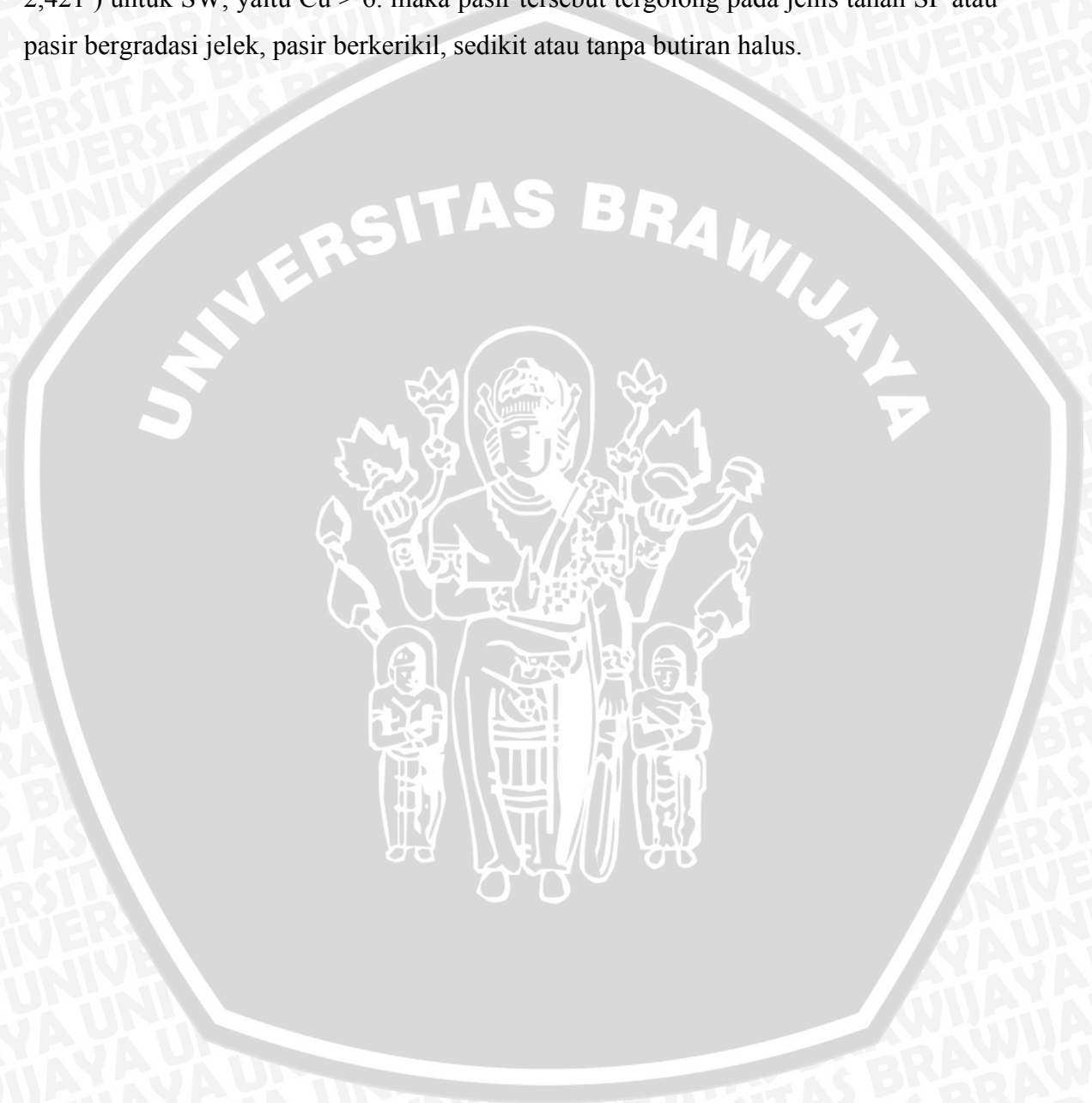
Untuk mengklasifikasi tanah pasir tersebut juga diperlukan nilai  $C_u$  dan  $C_c$  yang diperoleh dari perhitungan :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \text{ dan } C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

dan diperoleh nilai  $C_{u1} = 2,473$  dan  $C_{c1} = 1,351$  untuk sampel tanah I, sedangkan untuk sampel tanah II, diperoleh  $C_{u2} = 2,421$  dan  $C_{c2} = 1,3227$ .

Dari hasil analisis saringan yang telah dilakukan apabila disesuaikan dengan Tabel 2.2 Klasifikasi tanah terpadu ( *Unified Soil Classification* ) (Casagrande (1984)),

maka tanah tersebut masuk dalam kategori tanah berbutir kasar karena lebih dari 50 % butiran tanah tertahan saringan no. 200 (74  $\mu\text{m}$ ). Sedangkan pada saringan no. 4 (4760  $\mu\text{m}$ ) jumlah partikel-partikel kasar yang lolos saringan tersebut adalah 100 % ( $> 50\%$ ), sehingga tanah tersebut dapat digolongkan sebagai tanah pasir. Prosentase butir halus dari tanah tersebut kurang dari 5% dan tidak memenuhi persyaratan  $C_u$  ( 2,473 dan 2,421 ) untuk SW, yaitu  $C_u > 6$ . maka pasir tersebut tergolong pada jenis tanah SP atau pasir bergradasi jelek, pasir berkerikil, sedikit atau tanpa butir halus.



## LAMPIRAN II

### PERCOBAAN BERAT JENIS ( *SPECIFIC GRAVITY* )

#### 3. Persiapan Benda Uji

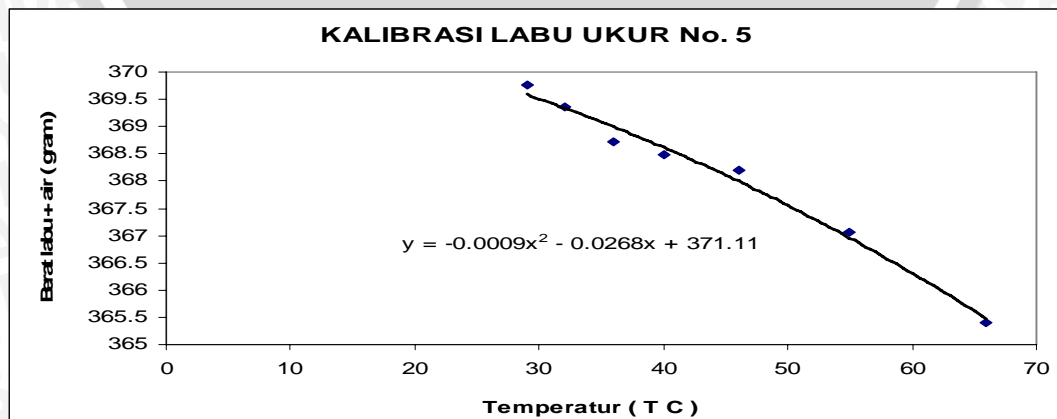
Tanah pasir yang akan diuji, terlebih dahulu dikeringkan dalam oven dengan suhu  $\pm 110^{\circ}\text{C}$ , sekurang-kurangnya selama 12 jam, kemudian didinginkan sekurang-kurangnya 12 jam. Tanah pasir yang akan diuji adalah tanah pasir yang lolos saringan No.40 (0,42 mm). Untuk picnometer dengan kapasitas 250 ml maka digunakan sampel tanah pasir seberat sekurang-kurangnya 50 gr ( *Ws* ).

#### 4. Kalibrasi Picnometer

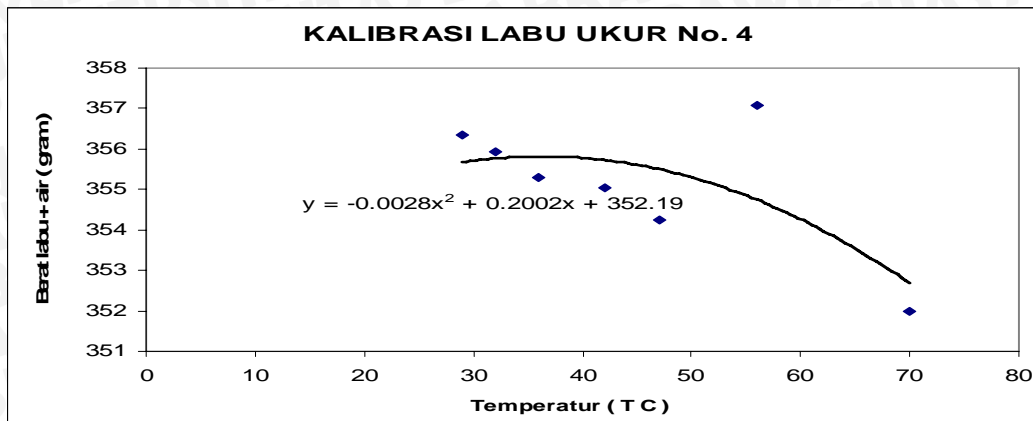
Sebelum melakukan pemeriksaan berat jenis tanah pasir, picnometer yang akan digunakan adalah picnometer No.5 dan No.4 yang harus dikalibrasi terlebih dahulu. Picnometer dicuci dengan air suling dan dikeringkan, kemudian ditimbang. Berat picnometer No.5 adalah 107,49 gram dan berat picnometer No.4 adalah 89,51 gram. Kemudian diisi dengan air suling sampai batas tertentu dan dipanaskan, yang kemudian ditimbang dan suhunya dicatat dan diperoleh data sebagai berikut :

Pemeriksaan	Labu ukur no 5		Labu ukur no 4	
	Berat labu + air (gram)	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	Berat labu + air (gram)	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )
1	365.4	66	352	70
2	367.07	55	357.07	56
3	368.19	46	354.24	47
4	368.48	40	355.05	42
5	368.71	36	355.29	36
6	369.35	32	355.92	32
7	369.77	29	356.35	29

Kemudian nilai-nilai tersebut diplotkan dalam grafik hubungan berat picnometer + air dengan temperatur seperti di bawah ini :







Dari grafik hubungan tersebut di atas diperoleh persamaan untuk picnometer I :  $y = -0,0009x^2 - 0,0268x + 371,11$  dan untuk picnometer II :  $y = -0,0028x^2 + 0,2002x + 352.19$ , sehingga mempermudah untuk mencari berat picnometer + air pada suhu-suhu tertentu.

Berat jenis air untuk temperatur yang tertentu dapat dilihat dari tabel di bawah ini :

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.9999	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9999	0.9998
10	0.9997	0.9996	0.9995	0.9994	0.9993	0.9991	0.9990	0.9988	0.9986	0.9984
20	0.9982	0.9980	0.9978	0.9976	0.9973	0.9971	0.9968	0.9965	0.9963	0.9960
30	0.9957	0.9954	0.9951	0.9947	0.9944	0.9941	0.9937	0.9934	0.9930	0.9926
40	0.9922	0.9919	0.9915	0.9911	0.9907	0.9902	0.9898	0.9890	0.9890	0.9885
50	0.9881	0.9876	0.9872	0.9867	0.9862	0.9857	0.9852	0.9848	0.9842	0.9838
60	0.9832	0.9827	0.9822	0.9817	0.9811	0.9806	0.9800	0.9795	0.9789	0.9784
70	0.9778	0.9772	0.9767	0.9761	0.9755	0.9749	0.9743	0.9737	0.9731	0.9724
80	0.9718	0.9712	0.9706	0.9699	0.9693	0.9686	0.9680	0.9673	0.9667	0.9660
90	0.9653	0.9647	0.9640	0.9633	0.9626	0.9619	0.9612	0.9605	0.9598	0.9591

### 5. Pemeriksaan Berat Jenis Tanah Pasir Uji

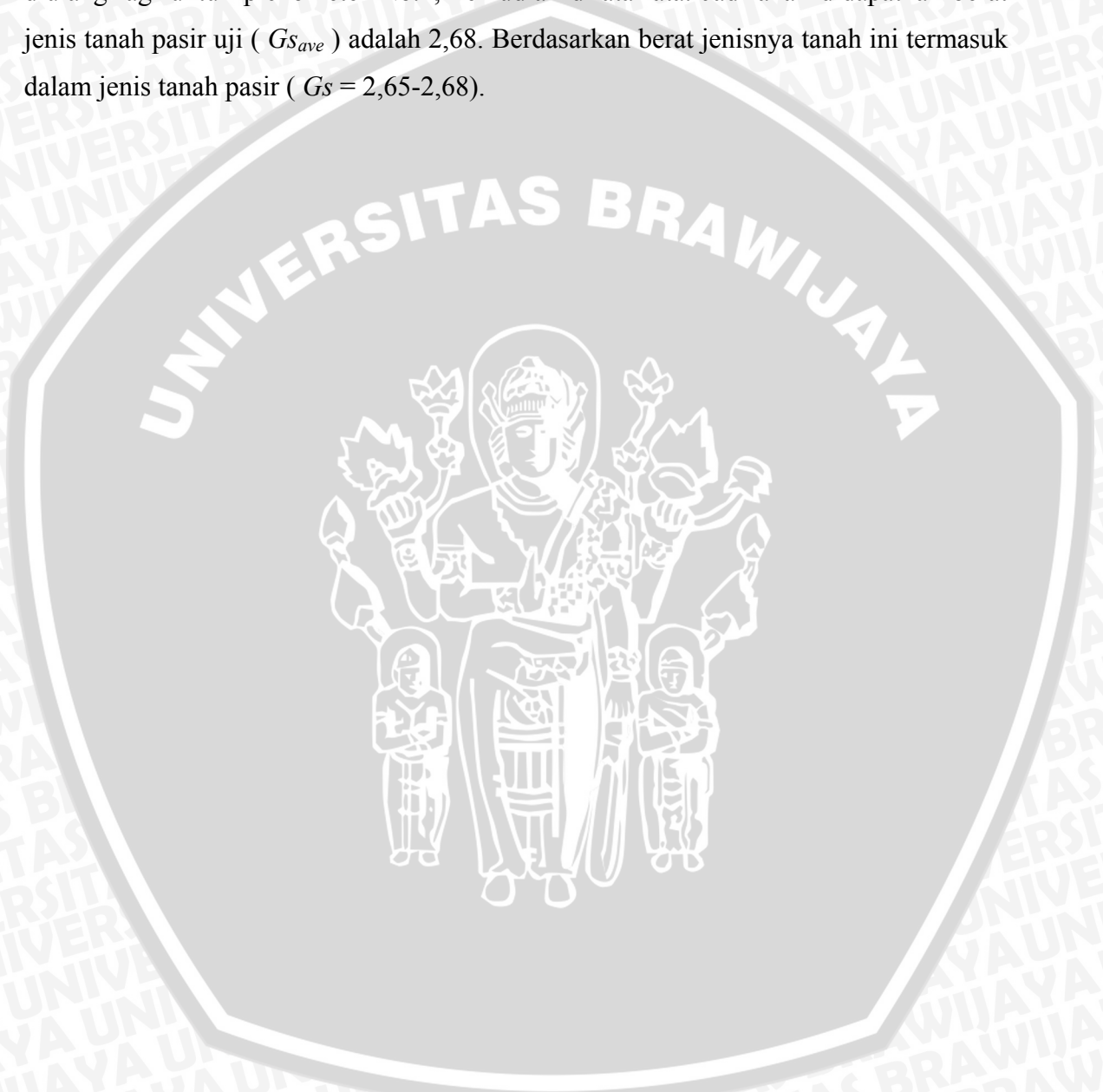
Sampel tanah pasir uji yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam picnometer kemudian ditambah air suling sampai dengan  $\frac{3}{4}$  penuh. Kemudian dididihkan selama  $\pm 10$  menit, untuk mengeluarkan udara yang terserap. Kemudian picnometer diisi dengan air suling lagi dan didinginkan sampai mencapai suhu kamar, kemudian ditimbang dan didapatkan berat picnometer + tanah pasir + air ( $W_1$ ) = 397,98 gram pada temperatur 58°C.

Dari persamaan  $y = -0,0009x^2 - 0,0268x + 371,11$  diperoleh pada temperatur 58°C maka berat picnometer + air ( $W_2$ ) = 366,53 gram. Dari tabel berat jenis air

diperoleh berat jenis air pada suhu 58°C ( $G_t$ ) = 0,9842. Dengan demikian berat jenis tanah pasir uji sudah dapat ditentukan dengan rumus :

$$G_s = \frac{G_t \cdot (W_s)}{W_s - W_1 + W_2}$$

Sehingga diperoleh berat jenis tanah pasir uji ( $G_s$ )<sub>1</sub> = 2,6528. Percobaan diulang lagi untuk picnometer No.4, kemudian dirata-rata. Jadi akan didapatkan berat jenis tanah pasir uji ( $G_{s_{ave}}$ ) adalah 2,68. Berdasarkan berat jenisnya tanah ini termasuk dalam jenis tanah pasir ( $G_s = 2,65-2,68$ ).



### LAMPIRAN III

#### PRA PENELITIAN PEMADATAN TANAH DAN PERCOBAAN KADAR AIR

Sebelum dilakukannya penelitian, tanah pasir yang dipergunakan sebagai tanah dasar dalam upaya mencari daya dukung dan penurunan yang dialami oleh pondasi, dipadatkan secara bertahap dengan membagi tanah pasir menjadi 4 lapis (*layer*) tahapan pemadatan. Langkah pendahuluan yang diambil sebelum dilakukan pemadatan tanah pada tiap-tiap benda uji adalah melakukan pra-penelitian pemadatan, yang bertujuan untuk menentukan kepadatan tanah pasir rencana (berat isi rencana) setelah dipadatkan dalam boks uji, agar diperoleh  $\gamma_t$  kontrol yang akan dipergunakan dalam parameter tanah sampel uji kuat geser langsung (*direct shear test*).

#### 1. Pemadatan tanah (1 lapis pertama)

- a. Menimbang tanah pasir seberat  $W$ , dimana :

$$W = V_1 \times \gamma_{pasir}$$

$$V_1 = H_0 \cdot 1,40 \cdot 1,00 = 0,15 \cdot 1,40 \cdot 1,00 = 0,210 \text{ m}^3$$

$$\text{Asumsi } \gamma_{pasir} = 1600 \text{ kg/m}^3, \text{ sehingga } W = 0,210 \cdot 1600 = 336 \text{ kg}$$

- b. Memasukkan tanah pasir seberat  $W$  kedalam bok uji dan dipadatkan
- c. Pemadatan dilakukan dengan cara menjatuhkan plat baja berdimensi 20 cm x 20 cm dengan tinggi jatuh sebesar 20 cm sebanyak 10 kali.
- d. Dengan dilakukannya pemadatan, maka tinggi (tebal) tanah berkurang dari  $H_0$  menjadi  $H_1$ . Berikut adalah tabel perubahan ketinggian tanah pada beberapa titik acak ( $\Delta h$ ) setelah dilakukannya pemadatan.

Tabel perubahan ketinggian tanah ( $\Delta h$ )

No	Samping (cm)	Tengah (cm)
1	2,6	1,2
2	2,1	1,2
3	2,2	1,3
4	1,6	1,3
5	1,8	1,5
6	1,7	1,3
7	2,1	1,1



8	2,1	0,9
9	2,8	0,7
10	2,5	0,6

Nilai-nilai perubahan ketinggian secara acak tersebut dirata-rata, sehingga didapatkan nilai  $\Delta h_{rata-rata} = 1,63 \text{ cm}$

e. Berat isi tanah setelah dipadatkan :

$$H_1 = 15 - 1,63 = 13,37 \text{ cm}$$

$$V_2 = H_1 \cdot 1,40 \cdot 1,00 = 0,18718 \text{ m}^3$$

Sehingga  $\gamma_t = \frac{W}{V}$  .....  $\gamma_t$  = berat isi tanah setelah dipadatkan

$$\gamma_t = \frac{336}{0,18718} = 1795,0636 \text{ kg/m}^3$$

f. Berat tanah yang harus dimasukkan kedalam boks uji agar didapatkan ketinggian tanah ( $H_0$ ) = 15 cm setelah tanah dipadatkan adalah :

$$W_{perlu} = \gamma_t \cdot V_1 = 1795,0636 \cdot 0,210 = 376,9634 \text{ kg}$$

## 2. Percobaan kadar air (*water content*)

Dalam percobaan ini, nilai kadar air diambil dari tiap lapis (*layer*) tanah yang dipadatkan, yaitu sebanyak 4 nilai kadar air yang kemudian dirata-rata. Pada tiap lapis tanah yang telah dipadatkan, diambil 3 sampel tanah untuk uji kadar air, dimana sampel tanah tersebut diambil dibagian pojok dari boks uji pembebanan dengan tujuan agar tidak mengganggu perlakuan pada tanah pasir yang telah dipadatkan didalam boks. Masing-masing sampel tanah yang telah diambil dimasukkan ke dalam cawan yang telah diberi label sebagai penanda dan beratnya sudah ditimbang terlebih dahulu. Sampel tanah dalam cawan kemudian dikeringkan dalam oven selama kurang lebih 24 jam pada suhu kurang lebih 110 °C. Tanah yang telah dikeringkan dalam oven kemudian ditimbang (pada suhu kamar). Dari data-data yang ada, maka dapat dilakukan perhitungan kadar air.

Percobaan kadar air pra penelitian

No.	No. cawan		28	33	42
1	berat cawan	gr	5,64	5,63	5,61
2	berat cawan + tanah basah	gr	35,68	28,51	35,91
3	berat cawan + tanah kering	gr	34,20	27,38	34,45
4	berat air (2-3)	gr	1,48	1,13	1,46
5	berat tanah kering (3-1)	gr	28,56	21,75	28,84
6	kadar air ( $\omega = 4/5 \times 100\%$ )	%	5,182	5,195	5,062
7	$\omega$ rata-rata	%	5,146		

## LAMPIRAN IV

### PERCOBAAN KERUCUT PASIR ( *SAND CONE TEST* ) dan KADAR AIR

Tanah pasir yang digunakan sebagai subgrade dari pondasi bujur sangkar dipadatkan secara bertahap yaitu dibagi menjadi empat layer. Setiap kali pemadatan dan sebelum diuji pembebanan, tanah tersebut diuji dengan pengujian kerucut pasir untuk memperoleh data berat volume (  $\gamma$  ) tanah pasir tersebut. Pengujian kerucut pasir ini selalu diikuti dengan pemeriksaan kadar air tanah pasir yang akan diuji.

#### 1. Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah alat *Sand Cone Test* yang sesuai dengan standard yang telah ditetapkan oleh ASTM D-1556-82. Pasir yang digunakan sebagai alat uji adalah pasir kwarsa yang telah memenuhi persyaratan ASTM D-1556-82 sebagai pasir uji kerucut pasir (*Sand Cone Test*).

Untuk mengetahui spesifikasi alat *Sand Cone Test*, maka dilakukan pengujian pendahuluan untuk mendapatkan data berat pasir yang mengisi kerucut dan berat volume dari pasir kwarsa tersebut. Alat uji kerucut pasir diisi dengan pasir kwarsa, setelah pasir memenuhi botol, kran ditutup. Kemudian alat uji kerucut pasir yang telah terisi pasir kwarsa tersebut, diletakkan di atas sebuah alas dalam posisi terbalik dan kran dibuka, sehingga pasir kwarsa turun memenuhi ruang kerucut. Dari percobaan tersebut diperoleh data-data sebagai berikut :

- ❖ Berat mold = 1480 gram
- ❖ Berat mold + air = 5580 gram
- ❖ Berat air = volume mold = 4100 gram
- ❖ Berat pasir di kerucut dan pelat = 1261 gram

#### 2. Pengujian Kerucut Pasir

Untuk melakukan pengujian kerucut pasir, tanah yang akan diuji dilubangi sesuai dengan lubang yang ada pada alas alat uji kerucut pasir dengan kedalaman antara  $\pm 2$  cm sampai 3 cm. Kemudian tanah yang dikeluarkan dari lubang tersebut ditimbang dan didapatkan berat pasir yang diuji (  $W_2$  ) = ( berat pasir yang diuji + berat alas ) – berat alas = 2855,48 – 105,48 = 2750 gr.

Kemudian alat uji kerucut pasir yang telah diisi pasir kwarsa, dan ditimbang beratnya (  $W_1$  ) = 4341 diletakkan pada alas yang telah diletakkan terlebih dahulu pada



permukaan tanah. Kemudian buka kran pada alat sehingga pasir kwarsa turun memenuhi lubang pada tanah dan ruang kerucut saja. Setelah pasir kwarsa tersebut berhenti mengalir, kran yang ada pada alat ditutup kemudian alat + pasir kwarsa sisa dalam botol ( $W_4$ ) ditimbang = 2750 gr. Dari percobaan di atas dapat diperoleh berat pasir kwarsa yang mengisi lubang pada tanah ( $W_5$ ) =  $4341 - 1261 - 2750 = 330$  gr.. Sehingga parameter-parameter yang lain dapat dihitung sebagai berikut :

❖ Kerapatan tanah =

$$\frac{(\text{Beratpasirdanmold} - \text{Beratmold})}{\text{VolumeMold}} = \frac{(4341 - 1480)}{4100} = 0,698$$

❖ Volume =  $\frac{\text{Beratpasirpengisilubang}}{\text{KerapatanTanah}} = \frac{330}{0,698} = 472,912 \text{ cm}^3$

❖ Berat isi tanah ( $\gamma$ ) =  $\frac{\text{BeratTanahAsli}}{\text{Volume}} = \frac{850}{472,912} = 1,797 \text{ gr / cm}^3$

❖ Berat isi tanah kering ( $\gamma_d$ ) =  $\frac{\gamma}{\left(1 + \left(\frac{w}{100}\right)\right)} = \frac{1,797}{\left(1 + \left(\frac{6,055}{100}\right)\right)} = 1,695 \text{ gr / cm}^3$

Tanah yang akan diuji juga dilakukan pemeriksaan terhadap kadar airnya. Dalam percobaan ini untuk setiap layer diambil 1 data kadar air. Tanah yang akan diuji dimasukkan ke dalam masing-masing cawan yang telah ditimbang beratnya = berat cawan + tanah basah = 15,60 gr. Kemudian tanah tersebut dioven selama  $\pm 24$  jam pada suhu  $\pm 110^\circ\text{C}$ . Setelah dioven, tanah dikeluarkan dari oven dan ditimbang dalam suhu kamar, akan didapatkan data berat cawan + tanah kering sebesar 15,06 gr. Dari data-data dapat dilakukan perhitungan kadar air sebagai berikut :

❖ Berat air = ( berat cawan + tanah basah ) – ( berat cawan + tanah kering )  
 =  $15,60 - 15,06$   
 = 0,54 gr

❖ Berat kering tanah pasir ( $W_s$ ) = ( berat cawan + tanah kering ) – berat cawan  
 =  $15,06 - 5,61$   
 = 9,45 gr

❖ Kadar air ( $\omega$ ) =  $\frac{\text{Berat air}}{W_s} \times 100\% = \frac{0,54}{9,45} \times 100\% = 5,746\%$

Dari keempat layer tersebut diambil rata-rata, sehingga didapatkan satu nilai kadar air yang representatif untuk tanah yang akan diuji sebesar 6,055%.



## LAMPIRAN V

## PERCOBAAN KEKUATAN GESER LANGSUNG

## 1. Persiapan Benda Uji

Tanah yang akan diuji dalam percobaan kekuatan geser langsung (*direct shear test*) ini adalah tanah pasir. Untuk mengambil sampel tanah pasir yang undisturbed adalah pekerjaan yang sangat sulit, sehingga untuk percobaan ini sampel tanah yang digunakan adalah sampel tanah yang disesuaikan dengan kondisi pada boks uji pembebanan.

ASTM D-3080-72 menyebutkan apabila menggunakan sampel tanah yang dipadatkan, tanah tersebut harus dipadatkan untuk memperoleh kepadatan yang diinginkan. Tanah tersebut dapat dipadatkan secara langsung pada peralatan uji kekuatan geser atau pada suatu cetakan (*mold*) dengan ukuran yang sama yang kemudian dipindahkan pada peralatan uji kekuatan geser.

Untuk mempersiapkan contoh tanah, timbang berat tanah dengan kadar air yang sama dengan tanah pada percobaan uji pembebanan yang diperlukan untuk mencapai kondisi kepadatan yang sama dengan kepadatan pada uji pembebanan. Sebagai contoh adalah :

- ❖  $\gamma_d$  uji pembebanan = 1,681 gr/cm<sup>3</sup>
- ❖  $\gamma$  uji pembebanan = 1,783 gr/cm<sup>3</sup>
- ❖ kadar air ( $\omega$ ) = 6,055%
- ❖ Volume sampel tanah :  
$$V = 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t$$
$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 6^2 \cdot 2$$
$$= 56,549 \text{ cm}^3$$
- ❖ Berat tanah pasir ( $W_s$ ) =  $V \times \gamma_d = 56,549 \times 1,681 = 95,059 \text{ gr}$
- ❖ Berat ring ( $W_{ring}$ ) =  $V \times \gamma = 56,549 \times 1,783 = 100,827 \text{ gr}$
- ❖ Berat air ( $W_w$ ) =  $W_{ring} - W_s = 100,827 - 95,059 = 5,768 \text{ gr}$

## 2. Uji Kekuatan Geser Langsung

Benda uji yang telah disiapkan dipasang pada boks uji *direct shear*. Benda uji diberi beban normal dengan beban sebesar 0,4 kg; 0,8 kg; 1,2 kg. Beban tersebut diletakkan pada suatu lengan ayun dengan faktor lengan = 14,14. Sedangkan kalibrasi untuk pembacaan tegangan geser adalah 0,358.

Percobaan ini dilakukan 3 kali untuk satu jenis sampel dengan beban normal seperti yang telah tersebut di atas. Tiap kali percobaan, dilakukan untuk mencari tegangan geser maksimum. Kemudian dibuat grafik hubungan antara tegangan normal dengan tegangan geser maksimum dari kelima percobaan tersebut, yang kemudian dihubungkan dengan garis lurus yang memotong sumbu horizontal dengan sudut geser tanah ( $\theta$ ) sesuai dengan persamaan  $\tau = \sigma \tan \theta + c$ .

### 3. Perhitungan

- **Tegangan normal**

Gaya normal ( P ) = 0.4 kg

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{P \times \text{faktorlengan}}{\frac{1}{4} \pi D^2} = \frac{0,4(14,14)}{\frac{1}{4} \pi (6)^2} = 0,20004 \text{ kg/cm}^2$$

- **Tegangan geser**

Gaya geser ( G ) = pembacaan arloji geser x kalibrasi

$$= 18,5 \times 0,358$$

$$= 6,623 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan geser =  $\tau$

$$\tau = \frac{G}{A} = \frac{G}{\frac{1}{4} \pi D^2} = \frac{6,623}{\frac{1}{4} \pi (6)^2} = 0,23424 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\text{maksimum}} = 0,23424 \text{ kg/cm}^2$$

- **Sudut geser dan kohesi**

Nilai tegangan normal dan tegangan geser maksimum diplotkan ke dalam grafik untuk ketiga percobaan tersebut. Kemudian diperoleh persamaan garis lurus yang menghubungkan kelima hasil tersebut, yaitu  $y = 0,648x + 0,010$ . Sehingga diperoleh sudut geser tanah ( $\theta$ ) =  $\text{arc tan} ( 0,648 ) = 32,98^\circ$  dan nilai kohesi tanah adalah  $c = 0,0106 \text{ kg/cm}^2$ .

## LAMPIRAN VI

PERHITUNGAN UJI PEMBEBANAN (*LOADING TEST*)

Kasus tanah pasir tanpa perkuatan anyaman bambu

## 1. Perhitungan daya dukung

Faktor kalibrasi proving ring adalah 23,33 kg per-strip pembacaan pada dial, dan nilai  $P_0$  adalah 12,75 kg

Pembacaan pada dial adalah 2,5

Beban ( $P$ ) = pembacaan *dial* x faktor kalibrasi

$$= 2,5 \times 23,33$$

$$= 58,325 \text{ kg}$$

$P_{\text{total}}$  =  $P + P_0$

$$= 58,325 + 12,75$$

$$= 71,075 \text{ kg}$$

Nilai daya dukung ( $q$ ) =  $\frac{P_{\text{total}}}{A'}$

$$B' = B - 2e = 10 - 2 \times 1 = 8 \text{ cm}$$

$$L' = L = 10 \text{ cm}$$

$$A' = B' \times L' = 8 \times 10 = 80 \text{ cm}^2$$

$$q = \frac{71,075}{80} = 0,888 \text{ kg/cm}^2$$

2. Perhitungan Penurunan ( $\delta$ )

Faktor kalibrasi *dial gauge* adalah 0,001 cm

Pembacaan dial 1 = 250 ; pembacaan dial 2 = 243

Penurunan = pembacaan *dial* x kalibrasi

$$\text{Penurunan 1} = 250 \times 0,001 = 0,250 \text{ cm}$$

$$\text{Penurunan 2} = 243 \times 0,001 = 0,243 \text{ cm}$$

$$\text{Penurunan rata-rata} = 0,5 \times (0,250 + 0,243) = 0,247 \text{ cm}$$

3. Perhitungan Nilai Daya Dukung *Ultimate* ( $q_{ult}$ )

Dari nilai daya dukung ( $q$ ) dan penurunan diplotkan ke dalam grafik. Dari grafik tersebut dapat ditentukan daya dukung ultimit ( $q_{ult}$ ) dengan menggunakan cara Michael T. Adams dan James G. Collins.

$$\text{Persamaan garis singgung 1 : } y = 0,407x - 0,127$$

$$\text{Persamaan garis singgung 2 : } y = 0,811x - 2,683$$

Nilai  $q_{ult}$  adalah titik pertemuan antara kedua garis singgung tersebut.



$$0,407x - 0,127 = 0,811x - 2,683$$

$$(0,407 - 0,811)x = -2,683 + 0,127$$

$$x = 6,327$$

dari perhitungan didapatkan nilai  $x = 6,327$ , maka nilai daya dukung *ultimate* yang terjadi adalah  $6,327 \text{ kg/cm}^2$ . Untuk diagram-diagram variasi selanjutnya, perhitungan sama dengan contoh di atas.



## LAMPIRAN VII

DAYA DUKUNG *ULTIMATE* HASIL TEORITIS

Perhitungan daya dukung ultimit tanah tanpa perkuatan dapat dihitung dengan persamaan daya dukung menurut beberapa ahli yaitu Meyerhof, Hansen dan Vesic. Parameter sifat fisik tanah pasir yaitu sudut geser tanah ( $\phi$ ) =  $32,98^\circ$ , kohesi tanah ( $c$ ) =  $0.0401 \text{ kg/cm}^2$  dan berat isi tanah  $\gamma = 1,788 \text{ gr/cm}^3$ .

## 1. Meyerhof

Persamaan daya dukung ultimit menurut Meyerhof :

$$q_{ult} = cN_c S_c d_c + \bar{q} N_q S_q d_q + 0.5\gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma$$

dimana :  $K_p = \tan^2(45 + \phi/2)^0$

$$S_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B'}{L'} = 1,8473$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0.1 K_p \frac{B'}{L'} = 1,4238$$

$$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{K_p} \frac{D}{B'} = 1$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} \frac{D}{B'} = 1$$

$$N_c = 39,0775$$

$$N_q = 26,595$$

$$N_\gamma = 27,173$$

$$q_{ult} = 0,0401 \times 39,0775 \times 1,8473 \times 1 + 0 + 0,5 \times 0.001788 \times 8 \times 27,173 \times 1,4238 \times 1 = 3,171 \text{ kg/cm}^2$$

## 2. Hansen dan Vesic

Persamaan daya dukung ultimit menurut Hansen dan Vesic :

$$q_{ult} = cN_c S_c d_c + \bar{q} N_q S_q d_q + 0.5\gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma$$

dimana :  $S_c = 1 + \frac{N_q B'}{N_c L'} = 1,851$

$$S_q = 1 + \frac{B'}{L'} \tan \phi = 1,811$$

$$S_{\gamma} = 1 - 0.4 \frac{B'}{L'} = 0,5$$

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D}{B'} = 1$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 \frac{D}{B'} = 1$$

$$d_{\gamma} = 1$$

### Hansen

dimana :  $N_c = 39,0775$

$$N_q = 26,595$$

$$N_{\gamma} = 25,232$$

$$q_{ult} = 0,0401 \times 39,0775 \times 1,811 \times 1 + 0 + 0,5 \times 0.001788 \times 8 \times 25,232 \times 0,5 \times 1$$

$$= 2,928 \text{ kg/cm}^2$$

### Vesic

dimana :  $N_{\gamma} = 36,257$

$$q_{ult} = 0,0401 \times 39,0775 \times 1,811 \times 1 + 0 + 0,5 \times 0.001788 \times 8 \times 36,257 \times 0,5 \times 1$$

$$= 2,967 \text{ kg/cm}^2$$





## Tabel Persamaan Daya Dukung menurut beberapa Penelitian

Terzaghi (lihat tabel 2.6 untuk nilai tipikal dan nilai $K_{py}$ ) $q_{ult} = cN_c s_c + qN_q + 0.5\gamma B N_\gamma s_\gamma$ $N_q = \frac{c^2}{2 \cos^2 (45 + \frac{\phi}{2})}$ $\alpha = e^{(0.75\pi - \frac{\phi}{2}) \tan \phi}$ $N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_\gamma = \tan \phi / 2 \left[ \left( \frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} \right) - 1 \right]$	
Untuk :	menerus    bundar    bujur sangkar
$s_c =$	1,0      1,3      1,3
$s_\gamma =$	1,0      0,6      0,8
Meyerhof (lihat tabel 2.7 untuk faktor bentuk, kedalaman, dan inklinasi) Beban vertikal : $q_{ult} = cN_c s_c d_c + qN_q s_q d_q + 0.5\gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma$ Beban miring : $q_{ult} = cN_c d_c i_c + qN_q d_q i_q + 0.5\gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$ $N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left[ 45 + \frac{\phi}{2} \right]$ $N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1.4\phi)$	
Hansen (lihat tabel 2.8 untuk faktor bentuk, kedalaman, dan inklinasi) Umum : $q_{ult} = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5\gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$ $N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left[ 45 + \frac{\phi}{2} \right]$ $N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi$	
Vesic (lihat tabel 2.8 untuk faktor bentuk, kedalaman, dan inklinasi) Pakailah persamaan-persamaan Hansen diatas. $N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left[ 45 + \frac{\phi}{2} \right]$ $N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	

(Sumber : J.E. Bowless, 1992 ; 181)

## Tabel Faktor Daya Dukung untuk Persamaan Terzaghi

$\phi$ , deg	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$K_{py}$
0	5,7*	1,0	0,0	10,8
5	7,3	1,6	0,5	12,2
10	9,6	2,7	1,2	14,7
15	12,9	4,4	2,5	18,6
20	17,7	7,4	5,0	25,0
25	25,1	12,7	9,7	35,0
30	37,2	22,5	19,7	52,0
34	52,6	36,5	36,0	
35	57,8	41,4	42,4	82,0
40	95,7	81,3	100,4	141,0
45	172,3	173,3	297,5	298,0
48	258,3	287,9	780,5	
50	347,5	415,1	1153,2	800,0

\* =  $1,5 \Pi + 1$

(Sumber : J.E. Bowles, 1992; 182)

Tabel Faktor Daya Dukung untuk Persamaan Meyerhof, Hansen, dan Vesic

$\theta$	$N_c$	$N_q$	$N_{\gamma(H)}$	$N_{\gamma(M)}$	$N_{\gamma(V)}$	$N_q N_c$	$2 \tan \theta (1 - \sin \theta)^2$
0	5,14	1,0	0,0	0,0	0,0	0,195	0,000
5	6,49	1,6	0,1	0,1	0,4	0,242	0,146
10	8,34	2,5	0,4	0,4	1,2	0,296	0,241
15	10,97	3,9	1,2	1,1	2,6	0,359	0,294
20	14,83	6,4	2,9	2,9	5,4	0,431	0,315
25	20,71	10,7	6,8	6,8	10,9	0,514	0,311
26	22,25	11,8	7,9	8,0	12,5	0,533	0,308
28	25,79	14,7	10,9	11,2	16,7	0,570	0,299
30	30,13	18,4	15,1	15,7	22,4	0,610	0,289
32	34,47	23,2	20,8	22,0	30,2	0,653	0,276
34	42,14	29,4	28,7	31,1	41,0	0,698	0,262
36	50,55	37,7	40,0	44,4	56,2	0,746	0,247
38	61,31	48,9	56,1	64,0	77,9	0,797	0,231
40	75,25	64,1	79,4	93,6	109,3	0,852	0,214
45	133,73	134,7	200,5	262,3	271,3	1,007	0,172
50	266,50	318,5	567,4	871,7	761,3	1,195	0,131

(Sumber : J.E. Bowles, 1992; 183)

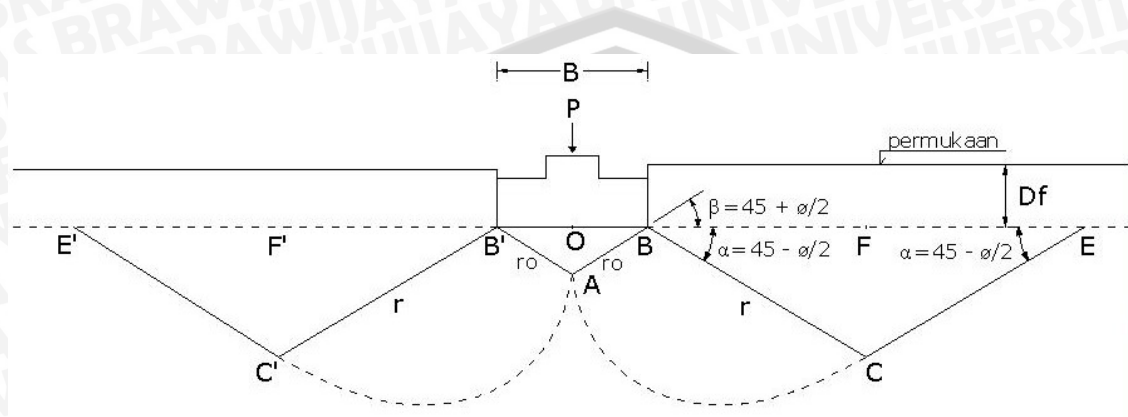




LAMPIRAN VIII

KONTROL DIMENSI BOKS UJI PEMBEBANAN

Tekanan Tanah ke Samping



$B_{\text{pondasi model}} = 10 \text{ cm}$

$L_{\text{pondasi model}} = 10 \text{ cm}$

Kedalaman tanah pasir ( $z$ ) = 60 cm = (6B)

Sudut geser tanah ( $\phi$ ) = 33,54°

$$r_o = \frac{1/2^L}{\cos \phi} = \frac{1/2^{(10)}}{\cos 33,54} = 5,9988 \text{ cm}$$

$$\alpha = 180 - \left[ \phi + \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \right] = 118,23^\circ$$

$$r = r_o \cdot e^{\alpha \tan \phi} = (5,9988) \cdot e^{2,0635 \tan 33,54} = 23,5572 \text{ cm}$$

$$0,5R = r \times \cos \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$R = 2 \left( 23,5572 \cos \left[ 45 - \left( \frac{33,54}{2} \right) \right] \right) = 41,5104 \text{ cm}$$

Jadi panjang boks yang dibutuhkan adalah :

$$2R + L = 2 (41,5140) + 10 = 93,0208 \text{ cm} < 140 \text{ cm}$$

$$< 90 \text{ cm}$$

Dari hasil perhitungan ternyata boks uji yang digunakan memenuhi syarat dimensi yang diperlukan, sehingga model keruntuhannya tidak akan mengenai dinding boks bagian tepi.





## LAMPIRAN IX

**DAYA DUKUNG *ULTIMATE* HASIL TEORITIS  
PADA BERBAGAI NILAI C DAN Ø  
(*LOCAL SHEAR*)**

Contoh perhitungan digunakan data laboratorium tanpa perkuatan anyaman bambu

$$\begin{aligned} \text{Diket : } \gamma &= 1,788 \text{ gr/cm}^3 \\ \emptyset &= 32.98^\circ \\ \emptyset' &= \tan^{-1} (2/3 \tan \emptyset) = 23,394^\circ \\ c &= 0,0401 \text{ kg/cm}^2 \\ c' &= (2/3) \cdot c = 0,0267 \end{aligned}$$

**3. Meyerhof**

Persamaan daya dukung ultimit menurut Meyerhof :

$$q_{ult} = c' N_c' S_c' d_c' + q N_q' S_q' d_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma' S_\gamma' d_\gamma'$$

$$\text{dimana : } K_p = \tan^2 (45 + \emptyset'/2)^0 = 2,317$$

$$S_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B'}{L'} = 1,3707$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0.1 K_p \frac{B'}{L'} = 1,1854$$

$$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{K_p} \frac{D}{B'} = 1$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} \frac{D}{B'} = 1$$

$$N_c' = 18,821$$

$$N_q' = 9,326$$

$$N_\gamma' = 5,547$$

$$\begin{aligned} q_{ult} &= 0,0267 \times 18,8215 \times 1,3707 \times 1 + 0 + 0,5 \times 0.001788 \times 8 \times 5,547 \times 1,1854 \times 1 \\ &= 0,7358 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

**4. Hansen dan Vesic**

Persamaan daya dukung ultimit menurut Hansen dan Vesic :

$$q_{ult} = c' N_c' S_c' d_c' + q N_q' S_q' d_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma' S_\gamma' d_\gamma'$$

$$\text{dimana : } S_c = 1 + \frac{N_q B'}{N_c L'} = 1,396$$

$$S_q = 1 + \frac{B'}{L'} \tan \phi' = 1,346$$

$$S_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B'}{L'} = 0,68$$

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D}{B'} = 1$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \frac{D}{B'} = 1$$

$$d_\gamma = 1$$

**Hansen**

dimana :  $N_c' = 18,821$

$N_q' = 9,326$

$N_\gamma' = 5,547$

$$q_{ult} = 0,0267 \times 18,8215 \times 1,396 \times 1 + 0 + 0,5 \times 0,001788 \times 8 \times 5,547 \times 0,68 \times 1 = 0,7284 \text{ kg/cm}^2$$

**Vesic**

dimana :  $N_\gamma' = 9,133$

$$q_{ult} = 0,0267 \times 18,8215 \times 1,396 \times 1 + 0 + 0,5 \times 0,001788 \times 8 \times 9,133 \times 0,68 \times 1 = 0,7459 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk variasi perkuatan dengan nilai c dan  $\phi$  yang berbeda, nilai daya dukung batas dapat ditabelkan sebagai berikut :

No	Jenis Percobaan	$\gamma$ (gram/cm <sup>3</sup> )	c (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$	Daya Dukung Batas (kg/cm <sup>3</sup> )		
					Meyerhof	Hansen	Vesic
1	Tanpa Perkuatan	1,788	0,0401	32,98	0,0267	0,7284	0,7459
2	Luas 40x40 cm, Jarak 5 cm, 3lapis	1,766	0,0042	34,23	0,1254	0,1092	0,1294
3	Luas 40x40 cm, Jarak 5 cm, 2lapis	1,792	0,0063	32,98	0,1555	0,1374	0,1549
4	Luas 40x40 cm, Jarak 5 cm, 1lapis	1,771	0,0042	32,98	0,1188	0,1003	0,1177
5	Luas 60x60 cm, Jarak 5 cm, 3lapis	1,790	0,0084	32,98	0,1915	0,1741	0,1916
6	Luas 60x60 cm, Jarak 5 cm, 2lapis	1,787	0,0021	33,61	0,0879	0,0670	0,0852
7	Luas 60x60 cm, Jarak 5 cm, 1lapis	1,768	0,0042	32,98	0,1187	0,1002	0,1175
8	Luas 70x70 cm, Jarak 5 cm, 3lapis	1,798	0,0063	33,61	0,1632	0,1434	0,1617
9	Luas 70x70 cm, Jarak 5 cm, 2lapis	1,783	0,0106	32,98	0,2293	0,2127	0,2300
10	Luas 70x70 cm, Jarak 5 cm, 1lapis	1,754	0,0295	32,33	0,4857	0,5253	0,5396



LAMPIRAN X  
DOKUMENTASI PENELITIAN



*Percobaan Analisa Saring*



*Percobaan Berat Jenis*





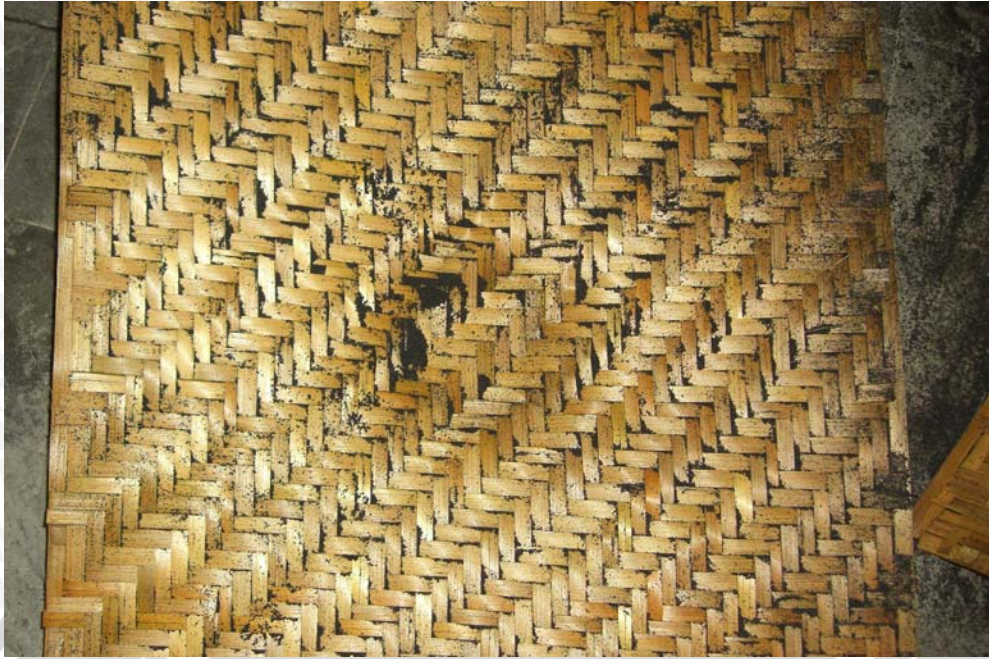
*Percobaan geser langsung (direct shear)*



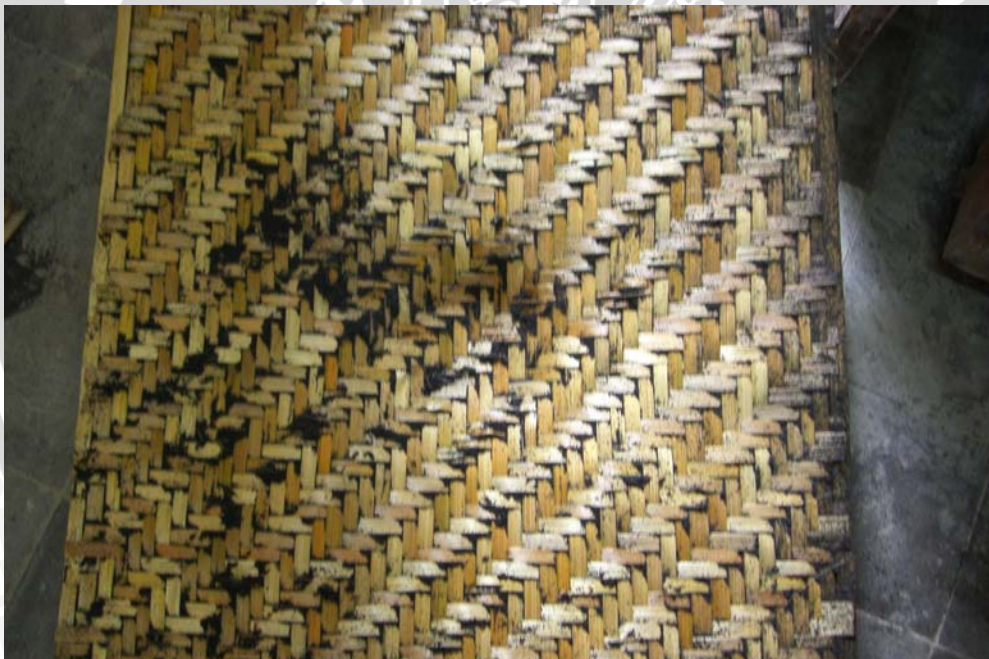
*Boks Uji untuk Loading Test*







*Anyaman bambu setelah diuji pembebanan*



*Anyaman bambu setelah diuji pembebanan*





*Model keruntuhan tanah setelah uji pembebanan*



*Model keruntuhan tanah setelah uji pembebanan*





*Uji kerucut pasir (sand cone test)*



*Uji kerucut pasir (sand cone test)*

