

**ALTERNATIF PERKUATAN TANAH PASIR LEPAS  
MENGUNAKAN LAPIS ANYAMAN BAMBU  
DENGAN VARIASI LUAS DAN JUMLAH LAPIS**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar sarjana teknik



Disusun oleh :

**M. ARCHAM BASHORI**

**NIM. 0001060058 – 61**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2007**

**ALTERNATIF PERKUATAN TANAH PASIR LEPAS  
MENGUNAKAN LAPIS ANYAMAN BAMBU  
DENGAN VARIASI LUAS DAN JUMLAH LAPIS**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar sarjana teknik



Disusun oleh :

**M. ARCHAM BASHORI**

**NIM. 0001060058 – 61**

DOSEN PEMBIMBING :

**Ir. Widodo Suyadi, M.Eng.**

**NIP. 110 015 579**

**Ir. Harimurti, MT.**

**NIP. 131 759 589**

**ALTERNATIF PERKUATAN TANAH PASIR LEPAS  
MENGUNAKAN LAPIS ANYAMAN BAMBU  
DENGAN VARIASI LUAS DAN JUMLAH LAPIS**

Disusun oleh :

**M. ARCHAM BASHORI**

**NIM. 0001060058 – 61**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
Tanggal 10 Agustus 2007

**DOSEN PENGUJI**

**Ir. Widodo Suyadi, M.Eng.**

**NIP. 110 015 579**

**Ir. Harimurti, MT.**

**NIP. 131 759 589**

**Ir. As'ad Munawir, MT.**

**NIP. 131 574 850**

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 orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam Naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

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

Malang, Agustus 2007

Mahasiswa,

Nama : M. Archam Bashori

NIM : 0001060058 – 61

Jurusan: Teknik Sipil

## ABSTRAK

M. ARCHAM BASHORI, Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Agustus 2007, *Alternatif Perkuatan Tanah Pasir Lepas Menggunakan Lapis Anyaman Bambu dengan Variasi Luas dan Jumlah Lapis*, Dosen Pembimbing : Ir. Widodo S, M.Eng dan Ir. Harimurti, MT.

---

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

Penelitian ini menggunakan model pondasi persegi ukuran  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  yang diletakkan diatas permukaan tanah pasir. Uji pembebanan dilakukan dalam boks uji yang berukuran  $150 \text{ cm} \times 97 \text{ cm}$  dengan kedalaman tanah  $60 \text{ cm}$  sampai terjadi penurunan  $50\%B$ . Sebuah dongkrak hidrolis dikerjakan sebagai beban yang bekerja di atas pondasi, dan dipasang sebuah *proving ring* untuk mengetahui besarnya beban yang terjadi serta *dial gauge* sebagai pengukur penurunan. Anyaman bambu yang digunakan sebanyak 5 lapis dengan variasi luas  $60 \times 60 \text{ cm}^2$ ,  $70 \times 70 \text{ cm}^2$  dan  $80 \times 80 \text{ cm}^2$ , serta dipasang pada variasi jumlah lapis 1 sampai 5 dimana pada setiap 5 lapis tersebut digunakan luasan yang sama.

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. 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.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi penambahan luas anyaman bambu maupun penambahan jumlah lapisnya dapat meningkatkan daya dukung ultimit dan nilai BCR tanpa perkuatan. Sehingga variasi yang paling baik sejauh ini adalah variasi luas  $80 \times 80 \text{ cm}^2$  dengan jarak lapis  $5 \text{ cm}$ . Namun dari sisi efisiensi masih kurang ekonomis dalam artian peningkatan nilai daya dukung dan BCR seiring dengan meningkatnya biaya pemakaian perkuatan.

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Alternatif Perkuatan Tanah Pasir Lepas Menggunakan Lapis Anyaman Bambu dengan Variasi Luas dan Jumlah Lapis”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. As'ad Munawir, MT selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan dosen wali serta dosen penguji skripsi.
2. Hendi BowoPutro, ST., MT selaku Sekretaris Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Ir. Widodo Suryadi, M.Eng selaku dosen pembimbing skripsi..
4. Ir. Harimurti, MT selaku dosen pembimbing skripsi dan KaLab. MekTan.
5. Teman-teman mahasiswa Jurusan Sipil tanpa terkecuali khususnya c2k yang turut memberikan semangat, dukungan serta doa.

Penyusun menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan skripsi ini. Semoga laporan skripsi ini berguna bagi pembaca dan juga mahasiswa Jurusan Sipil di masa mendatang.

Malang, Agustus 2007

Penyusun

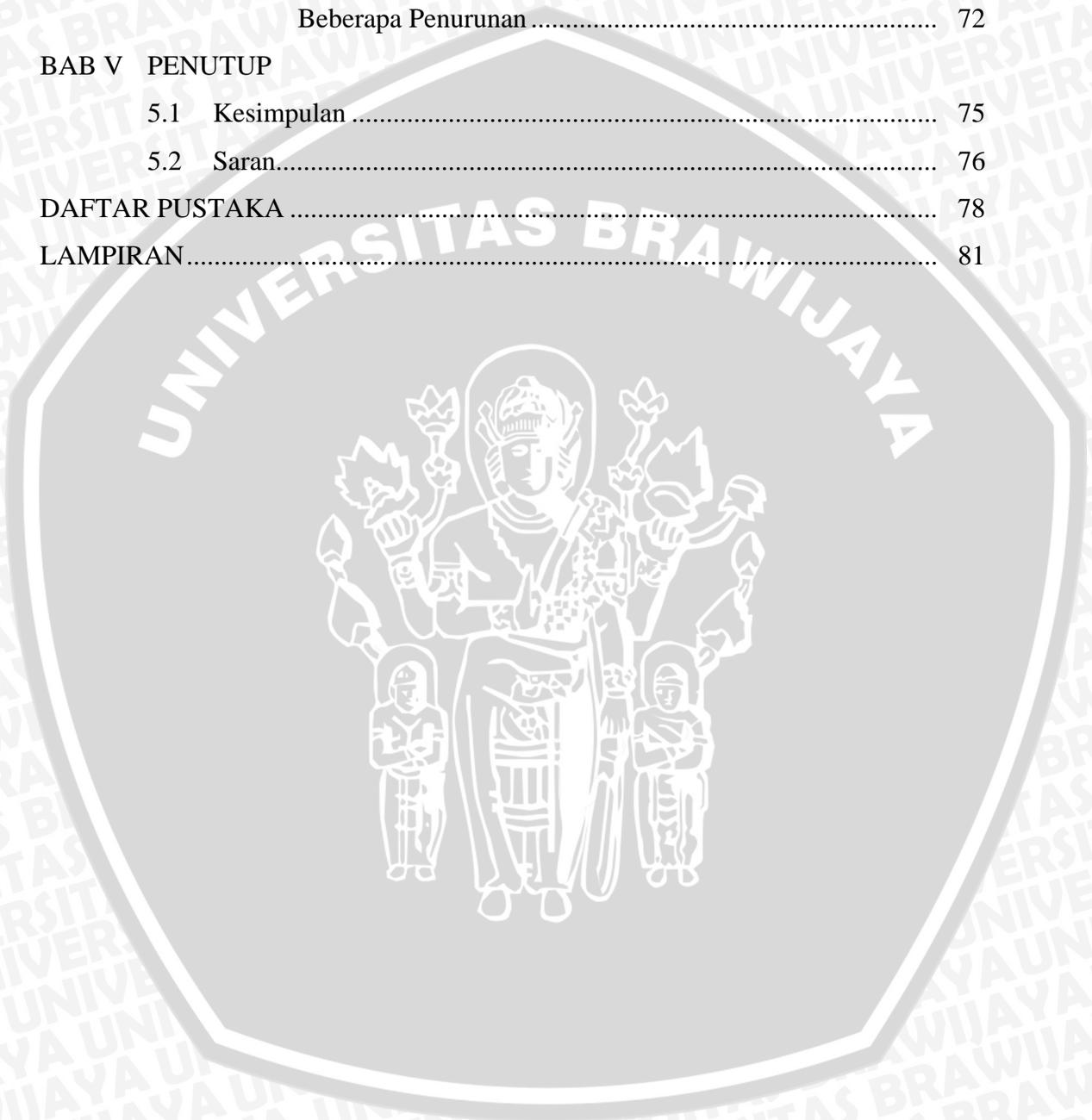
**DAFTAR ISI**

	Halaman
ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Perumusan Masalah .....	3
1.5 Tujuan Penelitian .....	4
1.6 Kegunaan Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Bambu .....	5
2.1.1 Deskripsi bambu .....	5
2.1.2 Sifat mekanis bambu.....	5
2.1.3 Anyaman bambu.....	8
2.2 Tanah pasir .....	9
2.2.1 Definisi dan klasifikasi pasir .....	9
2.2.2 Karakteristik dan perilaku pasir.....	12
2.3 Interaksi antara tanah dan beban .....	12
2.4 Kekakuan bahan terhadap beban.....	14
2.5 Penurunan.....	16
2.6 Model Keruntuhan di bawah Pondasi .....	18
2.6.1 Model keruntuhan tanah tanpa perkuatan.....	18
2.6.2 Model keruntuhan tanah dengan perkuatan.....	21
2.7 Daya dukung .....	22



2.8	Pemakaian anyaman bambu sebagai bahan perkuatan tanah.....	26
2.9	Kriteria penentuan daya dukung ultimit.....	28
2.10	Percobaan Laboratorium .....	30
2.10.1	Analisa Saring.....	30
2.10.2	Berat Jenis Tanah.....	30
2.10.3	Kuat Geser Langsung ( <i>Direct Shear Test</i> ).....	30
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	31
3.2	Bahan Penelitian.....	31
3.3	Peralatan Penelitian.....	31
3.4	Rancangan Penelitian .....	32
3.5	Rancangan Percobaan .....	32
3.6	Deskripsi Pengujian Pembebanan .....	35
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Hasil Penelitian .....	37
4.1.1	Karakteristik Material Uji.....	37
4.1.1.1	Analisa Saring ( <i>Grain Size Analysis</i> ).....	37
4.1.1.2	Pemeriksaan Berat Jenis ( <i>Specific Gravity</i> ) .....	40
4.1.1.3	Pra Penelitian Pemasatan .....	42
4.1.1.4	Pemeriksaan Kadar Air .....	43
4.1.1.5	Pengujian Kekuatan Geser Langsung ( <i>Direct Shear Test</i> ).....	45
4.1.1.6	Percobaan Pembebanan ( <i>Loading Test</i> ) .....	46
4.1.1.7	Rasio Daya Dukung .....	56
4.2	Pembahasan Hasil Penelitian .....	57
4.2.1	Pengaruh Variasi Jumlah Lapis Anyaman Bambu terhadap Daya Dukung Batas .....	58
4.2.2	Nilai BCR dengan Variasi Luas Anyaman Bambu pada Jumlah Lapis yang Sama.....	61
4.2.3	Nilai BCR dengan Variasi Jumlah Lapis Anyaman Bambu pada Luasan yang Sama.....	65

4.2.4	Pengaruh Variasi Luas terhadap Nilai BCR pada Beberapa Penurunan .....	67
4.2.5	Pengaruh Variasi Jarak Lapis terhadap Nilai BCR pada Beberapa Penurunan .....	72
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan .....	75
5.2	Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA .....		78
LAMPIRAN.....		81



**DAFTAR TABEL**

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Kekuatan Bambu .....	6
Tabel 2.2.	Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah .....	9
Tabel 2.3.	Klasifikasi Tanah Terpadu (Unified Soil Clasification) [Casagrande 1984].....	11
Tabel 2.4.	Penjelasan Secara Kualitatif Mengenai Deposit Tanah Berbutir .....	12
Tabel 2.5.	Perkiraan Modulus Elastis Tanah.....	15
Tabel 2.6.	Pembagian Jarak Lapis Pertama dan Jarak antar Lapis Perkuatan.....	27
Tabel 3.1.	Rancangan Percobaan .....	34
Tabel 4.1.	Analisa saring sampel tanah pasir I.....	37
Tabel 4.2.	Analisa saring sampel tanah pasir II .....	38
Tabel 4.3.	Hasil kalibrasi picnometer.....	40
Tabel 4.4.	Pemeriksaan berat jenis tanah .....	41
Tabel 4.5.	Perubahan ketinggian tanah ( $\Delta h$ ) .....	43
Tabel 4.6.	Pengujian kadar air (Pra Penelitian).....	44
Tabel 4.7.	Pengujian kadar air (Tanpa Perkuatan) .....	44
Tabel 4.8.	Rekapitulasi pengujian kuat geser langsung .....	46
Tabel 4.9.	Rasio daya dukung terhadap daya dukung batas akibat variasi luas .....	56
Tabel 4.10.	Rasio daya dukung terhadap daya dukung batas akibat variasi jumlah lapis .....	56
Tabel 4.11.	Daya dukung ultimit menurut hasil percobaan dan beberapa teori.....	58
Tabel 4.12.	% Peningkatan daya dukung ultimit akibat variasi jumlah lapis anyaman bambu.....	59
Tabel 4.13.	% Peningkatan BCR pada jumlah 1 lapis dengan variasi luas .....	63
Tabel 4.14.	% Peningkatan BCR pada jumlah 2 lapis dengan variasi luas .....	63
Tabel 4.15.	% Peningkatan BCR pada jumlah 3 lapis dengan variasi luas .....	63



Tabel 4.16.	% Peningkatan BCR pada jumlah 4 lapis dengan variasi luas .....	64
Tabel 4.17.	% Peningkatan BCR pada jumlah 5 lapis dengan variasi luas .....	64
Tabel 4.18.	% Peningkatan BCR pada luas 60x60 cm <sup>2</sup> dengan variasi jumlah lapis .....	66
Tabel 4.19.	% Peningkatan BCR pada luas 70x70 cm <sup>2</sup> dengan variasi jumlah lapis .....	66
Tabel 4.20.	% Peningkatan BCR pada luas 80x80 cm <sup>2</sup> dengan variasi jumlah lapis .....	67
Tabel 4.21.	% Peningkatan nilai BCR pada beberapa penurunan dengan variasi luas .....	68
Tabel 4.22.	% Peningkatan nilai BCR pada beberapa penurunan dengan variasi jumlah lapis .....	72



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Jenis-jenis anyaman bambu.....	8
Gambar 2.2.	Kurva beban penurunan untuk pondasi.....	13
Gambar 2.3.	Plot tegangan vertikal dibawah pondasi persegi .....	13
Gambar 2.4.	Contoh kerusakan bangunan akibat penurunan.....	17
Gambar 2.5.	Tipe keruntuhan pondasi serta tipe grafik hubungan beban dan Penurunan yang menyebabkan keruntuhan pondasi .....	18
Gambar 2.6.	Mode keruntuhan tanah pasir pada pondasi persegi .....	19
Gambar 2.7.	Hubungan kedalaman relatif dan kerapatan relatif dari tanah pasir dan model keruntuhan tanah pasir Chattahoochee (Vesic, 1963 dan 1973).....	20
Gambar 2.8.	Hubungan antara kerapatan relatif dengan sudut geser.....	21
Gambar 2.9.	Tipe keruntuhan tanah pada pondasi dangkal dengan perkuatan Geogrid.....	21
Gambar 2.10.	Tanah yang diperkuat.....	24
Gambar 2.11.	Tipe keruntuhan tanah pada pondasi dangkal dengan perkuatan .....	25
Gambar 2.12.	Komponen dimensi untuk teori kekuatan daya dukung pondasi ....	25
Gambar 2.13.	Hubungan antara rasio kedalaman $Z/b$ dengan rasio lebar $L_o/b$ dan $X_o/b$ .....	26
Gambar 2.14.	Penentuan beban ultimit menurut Civil Engineering Code of Practice (1954) .....	29
Gambar 2.15.	Penentuan beban ultimit menurut Michael T. Adams dan James G. Collins (1997).....	29
Gambar 2.16.	Uji kekuatan geser langsung (Direct Shear Test).....	30
Gambar 3.1.	Sketsa variasi luas dan jumlah lapis anyaman bambu yang digunakan dalam penelitian.....	33
Gambar 3.2.	Diagram langkah-langkah penelitian .....	36

Gambar 4.1.	Grafik distribusi butiran pada sampel tanah pasir I .....	38
Gambar 4.2.	Grafik distribusi butiran pada sampel tanah pasir II .....	39
Gambar 4.3.	Grafik kalibrasi labu ukur no. 4 .....	40
Gambar 4.4.	Grafik kalibrasi labu ukur no. 5 .....	41
Gambar 4.5.	Penampang boks uji .....	42
Gambar 4.6.	Grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser .....	45
Gambar 4.7.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan untuk tanah pasir lepas tanpa perkuatan .....	48
Gambar 4.8.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan variasi luas 60x60 cm <sup>2</sup> - 1 lapis .....	48
Gambar 4.9.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan variasi luas 60x60 cm <sup>2</sup> - 2 lapis .....	49
Gambar 4.10.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan variasi luas 60x60 cm <sup>2</sup> - 3 lapis .....	49
Gambar 4.11.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan variasi jarak 60x60 cm <sup>2</sup> - 4 lapis .....	50
Gambar 4.12.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan variasi jarak 60x60 cm <sup>2</sup> - 5 lapis .....	50
Gambar 4.13.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan variasi jarak 70x70 cm <sup>2</sup> - 1 lapis .....	51
Gambar 4.14.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan variasi jarak 70x70 cm <sup>2</sup> - 2 lapis .....	51
Gambar 4.15.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan variasi jarak 70x70 cm <sup>2</sup> - 3 lapis .....	52
Gambar 4.16.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan variasi jarak 70x70 cm <sup>2</sup> - 4 lapis .....	52
Gambar 4.17.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan variasi jarak 70x70 cm <sup>2</sup> - 5 lapis .....	53
Gambar 4.18.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan variasi jarak 80x80 cm <sup>2</sup> - 1 lapis .....	53
Gambar 4.19.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan variasi jarak 80x80 cm <sup>2</sup> - 2 lapis .....	54

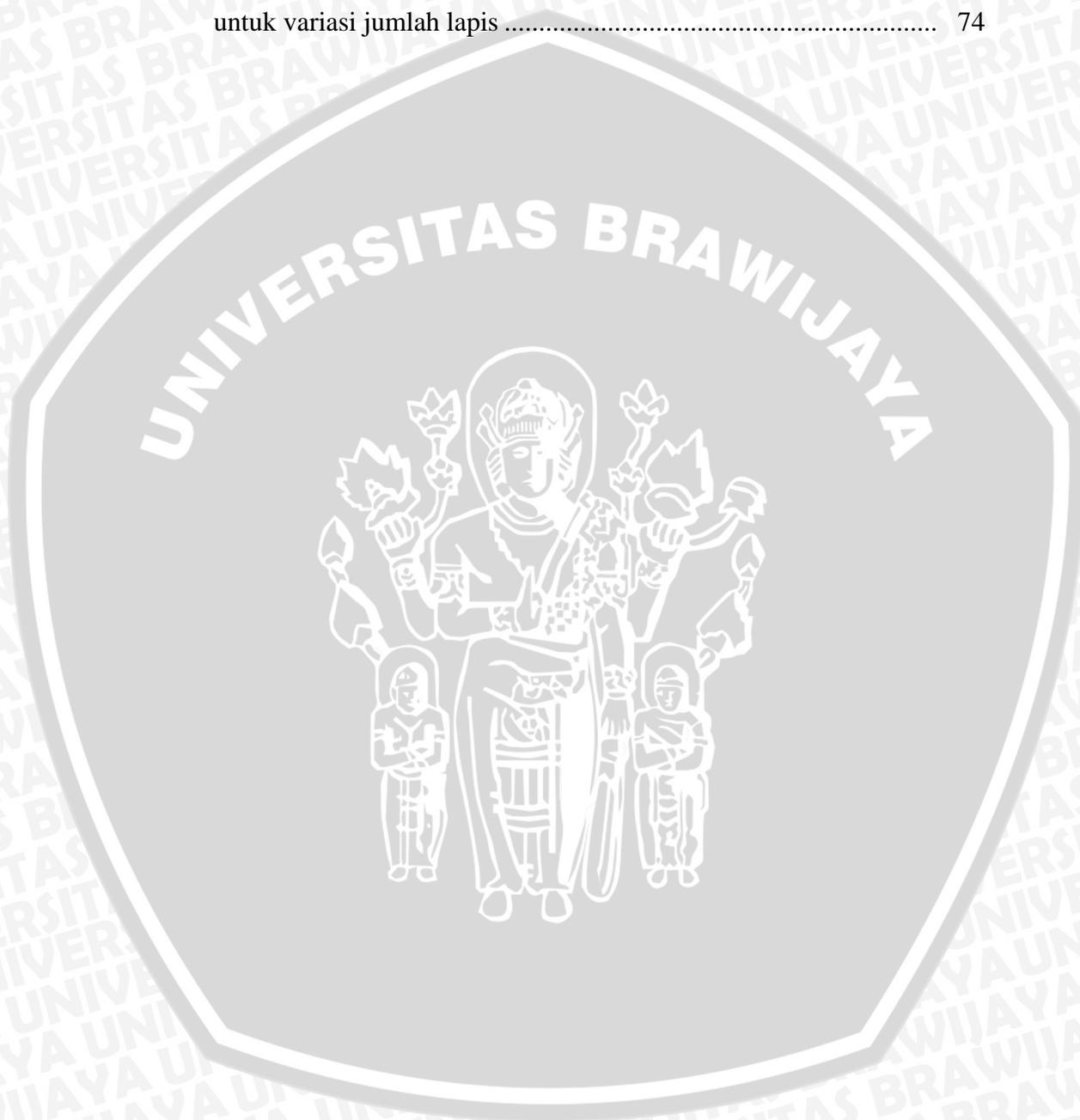


Gambar 4.20.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan variasi jarak 80x80 cm <sup>2</sup> - 3 lapis .....	54
Gambar 4.21.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan variasi jarak 80x80 cm <sup>2</sup> - 4 lapis .....	55
Gambar 4.22.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan variasi jarak 80x80 cm <sup>2</sup> - 5 lapis .....	55
Gambar 4.23.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan dengan luas 60x60 cm <sup>2</sup> akibat variasi jumlah lapis.....	59
Gambar 4.24.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan dengan luas 70x70 cm <sup>2</sup> akibat variasi jumlah lapis.....	60
Gambar 4.25.	Grafik hubungan daya dukung-penurunan dengan luas 80x80 cm <sup>2</sup> akibat variasi jumlah lapis.....	61
Gambar 4.26.	Grafik hubungan antara BCR dengan jumlah lapis anyaman bambu pada variasi luas .....	62
Gambar 4.27.	Diagram batang pada beberapa jumlah lapis dengan variasi penambahan luasan .....	62
Gambar 4.28.	Grafik hubungan antara BCR dengan luas anyaman bambu pada variasi jumlah lapis .....	65
Gambar 4.29.	Diagram batang pada beberapa jumlah lapis dengan variasi penambahan luasan .....	65
Gambar 4.30.	Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada jumlah 1 lapis untuk variasi luas.....	69
Gambar 4.31.	Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada jumlah 2 lapis untuk variasi luas.....	70
Gambar 4.32.	Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada jumlah 3 lapis untuk variasi luas.....	70
Gambar 4.33.	Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada jumlah 4 lapis untuk variasi luas.....	71
Gambar 4.34.	Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada jumlah 5 lapis untuk variasi luas.....	71
Gambar 4.35.	Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada luas 60x60 cm <sup>2</sup> untuk variasi jumlah lapis .....	73



Gambar 4.36. Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada luas 70x70 cm<sup>2</sup>  
untuk variasi jumlah lapis ..... 73

Gambar 4.37. Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada luas 80x80 cm<sup>2</sup>  
untuk variasi jumlah lapis ..... 74



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran I	Percobaan analisa saring ( <i>Grain size analysis</i> ).....	81
Lampiran II	Percobaan berat jenis ( <i>Spesific gravity</i> ).....	84
Lampiran III	Pra penelitian pemadatan.....	87
Lampiran IV	Percobaan kekuatan geser langsung.....	92
Lampiran V	Percobaan pembebanan ( <i>Loading test</i> ).....	95
Lampiran VI	Perhitungan daya dukung teoritis.....	98
Lampiran VII	Dokumentasi penelitian.....	101



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanah yang terdapat di bawah suatu konstruksi harus dapat memikul beban konstruksi di atasnya tanpa adanya kegagalan geser (shear failure) dan dengan penurunan (settlement) yang dapat ditoleransi untuk konstruksi tersebut. Pasir memiliki sifat yang kurang menguntungkan, terutama pasir yang mempunyai nilai kerapatan relatif yang rendah (pasir lepas). Permasalahan utama pada tanah pasir lepas adalah penurunan dan daya dukung yang rendah apabila diberikan pembebanan di atasnya.

Oleh karena itu untuk mengurangi penurunan yang berlebihan pada tanah pasir dan untuk meningkatkan daya dukungnya, maka hal tersebut dapat diatasi dengan melakukan usaha stabilisasi terhadap tanah tersebut. Pengertian stabilisasi tanah adalah suatu usaha untuk meningkatkan sifat-sifat dan kekuatan tanah. Salah satu aplikasi penstabilisasian tanah adalah konstruksi tanah pondasi yang diperkuat, yang disebut RSF (Reinforced Soil Foundation) untuk mendukung pondasi dangkal.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka akan dicoba untuk melakukan penelitian stabilisasi atau perkuatan tanah dengan menggunakan anyaman bambu. Penggunaan anyaman bambu sebagai alternatif perkuatan tanah dan juga sebagai pengganti dari geotekstil dan geogrid, sangat potensial untuk dipertimbangkan sebagai alternatif pengefektifan biaya dibandingkan metode perkuatan dengan material yang lain.

Dari hasil penelitian, menurut *Douglas* (1990) dan *Low* (1990) bambu dalam bentuk anyaman yang dimodelkan seperti geogrid (jenis geotekstile untuk perkuatan tanah) dapat digunakan sebagai alternatif perkuatan tanah. 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. Tanah yang digunakan adalah lempung karena tanah lempung melindungi bambu dari pengaruh udara.

Sebagaimana dinyatakan oleh *Meyer dan Ekuland* (Janssen,1981:127) bahwa bahan bambu mempunyai kekuatan mekanis yang sangat baik terhadap gaya tekan dan gaya tarik namun mempunyai sifat yang lemah terhadap geser. Berdasarkan sifat-sifat mekanis inilah maka dapat diketahui bahwa bambu juga dapat digunakan sebagai alternatif perkuatan tanah.

Penelitian tentang perkuatan tanah dengan menggunakan anyaman kulit bambu, juga sudah pernah dilakukan oleh *Yusep Muslih Purwana* (2002). Penelitian ini mengenai uji model kapasitas daya dukung pondasi telapak lingkaran pada tanah pasir lepas menggunakan lapisan perkuatan bambu. Lapisan perkuatan ini diletakkan di bawah pondasi dengan lapisan perkuatan tunggal maupun rangkap. Hasil pengujian ini menunjukkan penempatan lapisan anyaman kulit bambu sebagai perkuatan menyebabkan terjadinya peningkatan BCR maksimal sebesar 3,07 untuk perkuatan tunggal; 3,5 untuk perkuatan rangkap 2; dan 3,7 untuk perkuatan rangkap 3. BCR maksimal terjadi pada konfigurasi perkuatan pada jarak spasi antar perkuatan sebesar 0,5 diameter pondasi.

Dari penelitian yang dilakukan *Tintus Noviyanto* (2006) diketahui bahwa penambahan jarak lapis dari 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 paling efektif terjadi pada penambahan jumlah lapis dari 2 lapis ke 3 lapis dengan jarak 3,5 cm.

Selain itu *Dody Widodo* (2006) juga menyebutkan konfigurasi yang paling efektif terhadap variasi jumlah dan luas lapis anyaman bambu adalah 3 lapis anyaman bambu dengan luas  $(80 \times 80) \text{ cm}^2$ , dimana memberukan nilai BCR yang paling maksimum, yaitu sebesar 3,83.

Variasi penambahan luas anyaman bambu maupun penambahan jarak lapisnya dapat meningkatkan daya dukung ultimit dan BCR sampai 3,5 dari nilai BCR tanpa perkuatan, *Fitriani Yulvita* (2006).

Berdasarkan kenyataan yang ada diatas dan keinginan untuk mengkaji lebih dalam aplikasi geogrid pada tanah pasir, maka penelitian ini dilakukan.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Tanah yang mendukung pondasi dangkal perlu diperkuat agar memperoleh daya dukung yang lebih baik untuk mengoptimalkan fungsinya sebagai pendukung struktur di atasnya. Sementara usaha penstabilisasian tanah dapat dilakukan dengan menggunakan anyaman bambu sebagai alternatif perkuatan tanah. Penggunaan anyaman bambu dalam berbagai luas dan jumlah lapis yang tepat akan memberikan perkuatan yang optimal dan efektif dalam segi biaya.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan pembatasan sebagai berikut :

- a. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- b. Tanah subgrade yang digunakan adalah tanah pasir lepas (loose sand).
- c. Anyaman bambu yang dipakai adalah jenis bambu apus (bambu tali) dan berada di wilayah sekitar Malang.
- d. Lebar serat anyaman bambu adalah 0,5 cm.
- e. Dilakukan perawatan dengan merendam anyaman bambu pada solar selama 3 minggu.
- f. Perendaman pada solar berfungsi untuk menghindari terurainya bambu oleh jamur di dalam tanah dan dimaksudkan agar penelitian di laboratorium sesuai dengan aplikasi di lapangan.
- g. Alas model pondasi berbentuk bujur sangkar ukuran 10x10 cm dengan dasar pondasi halus.
- h. Jumlah lapis anyaman bambu yang digunakan adalah 1 lapis, 2 lapis, 3 lapis, 4 lapis, dan 5 lapis dengan variasi luas.
- i. Penelitian ini tidak membahas analisa kimia dan analisa ekonomi.

## 1.4 Perumusan Masalah

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

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

### 1.5 Tujuan Penelitian

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

### 1.6 Kegunaan Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan alternatif perkuatan tanah yang baik, murah dan tersedia di pasaran. Selain itu penelitian ini juga diharapkan agar dapat mendayagunakan pasir lepas (loose sand) yang mana daya dukungnya relatif lebih rendah dibandingkan dengan pasir sedang (medium sand) dan pasir padat (dense sand), kebanyakan yang dipakai adalah pasir padat yang sudah tidak perlu diperkuat lagi dan pasir sedang yang sudah pernah diperkuat serta juga memanfaatkan bambu yang keberadaannya sangat melimpah dan tersebar di berbagai pelosok Indonesia.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Bambu

##### 2.1.1 Deskripsi Bambu

Bambu merupakan salah satu jenis kayu yang bisa didapatkan hampir di seluruh daerah di Indonesia. Jenis kayu ini banyak dipakai sebagai struktur bangunan karena harganya yang relatif murah. Bila dibandingkan dengan bahan lainnya bambu memiliki beberapa kelebihan diantaranya batangnya kuat, ulet, lurus, rata dan keras. Selain itu bambu juga mudah dibelah, dibentuk dan dikerjakan, serta ringan sehingga mudah untuk diangkut. Adapun beberapa penggunaan bambu dalam bidang konstruksi antara lain : bahan untuk perancah, tiang penyangga rumah (kolom) pada rumah tradisional, bahan jembatan serta dinding (gedek).

Jenis-jenis bambu yang dianggap paling 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.

##### 2.1.2 Sifat Mekanis Bambu

Dilihat dari anatominya, bambu mengandung banyak serat dan pembuluh yang arahnya sejajar mengikuti arah memanjang bambu. Hal ini memiliki keuntungan bahwa kekuatan tarik dan kekuatan tekan sejajar serat cukup tinggi.

Secara umum ada 40 % hingga 70 % serat yang terkonsentrasi pada bagian luar dan 15 % hingga 30 % di bagian dalam. Hal ini menjadikan kekakuan bambu searah serat bervariasi untuk ketebalan tertentu.

### 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 dihasilkan 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 oleh Janssen dan Arce diperoleh kuat tekan karakteristik untuk pembebanan sejajar serat sebesar 58 MPa (Janssen, 1981:108). Penelitian ini terbagi atas dua jenis yaitu kuat tekan dengan pembebanan arah sejajar serat (bambu dalam bentuk bulat) dan kuat tekan dengan pembebanan arah tegak lurus serat (bambu dalam bentuk irisan).

Tabel 2.1 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

### 2. Kuat Geser 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. 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).

Hasil suatu 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>.

Hasil penelitian lain oleh Awnor Rofik (2004) yang menggunakan jenis bambu petung diperoleh tegangan geser sebesar 12,104 MPa.

### 3. *Kuat Tarik Bambu*

Sebagaimana dinyatakan oleh Meyer dan Ekuland (Janssen,1981:127) bahwa bahan bambu mempunyai kekuatan mekanis yang sangat baik terhadap gaya tekan dan gaya tarik namun mempunyai sifat yang lemah terhadap geser. Dimana bambu tersusun atas serat-serat yang sangat kuat dan susunannya rapat dan menyatu secara homogen sehingga menjadi faktor utama kekuatan mekanis bambu dalam hal kuat tariknya.

Hasil suatu pengujian menunjukkan nilai kuat tarik bambu sekitar 100-400 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan dari hasil penelitian Awnor Rofik diperoleh kuat tarik sebesar 583,33 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa kekuatan tariknya hampir setara dengan besi baja berkualitas sedang.

Sebagai bahan bangunan, dalam pengerjaan bambu tidak jarang terdapat beberapa keterbatasan. Faktor-faktor yang membuat bambu mengalami keterbatasan dalam pengerjaannya adalah sifat fisik bambu yang membuatnya sukar dikerjakan secara mekanis, 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.

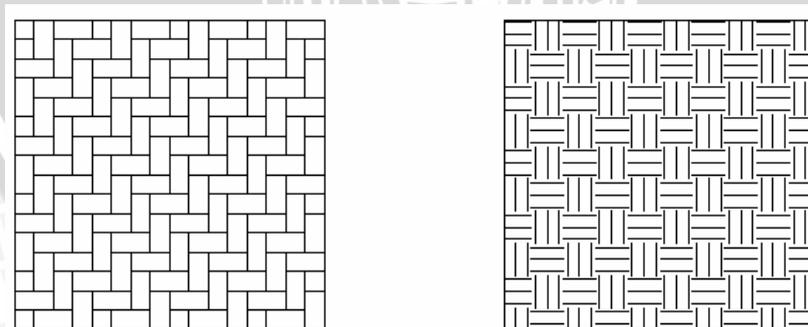
Untuk perkuatan tanah, ketahanan bambu lebih lemah bila dibandingkan dengan geosintetis. Hal ini disebabkan karena bambu mudah terurai di dalam tanah, sehingga bambu menjadi lapuk dan berkurang kekuatan mekanisnya. Untuk itu perlu dilakukan perawatan pada bambu sebelum digunakan seperti perendaman dengan menggunakan solar atau bahan lainnya.

### 2.1.3 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*

## 2.2 Tanah Pasir

### 2.2.1 Definisi dan Klasifikasi Pasir

Tanah berasal dari pelapukan batuan yang terjadi secara fisika maupun kimia. Perbedaan jenis dan sifat tanah terjadi karena beragamnya bahan-bahan yang terkandung di dalam tanah. Tanah pada kondisi alam, terdiri dari campuran butiran-butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Butiran-butiran tersebut dapat dengan mudah dipisahkan satu sama lain dengan kocokan air.

Secara umum ukuran dari partikel tanah adalah sangat seragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Untuk menerangkan tentang tanah berdasarkan ukuran partikelnya, beberapa organisasi telah mengembangkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah (*soil-separate-size limits*). Ini dapat ditunjukkan dalam tabel 2.1

Tabel 2.2 Batasan – batasan Ukuran Golongan Tanah

Nama Golongan	Ukuran butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
Massachusetts Institute of Technologi (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 Engineerr, U.S. Bureau of Reclamation)	76.2 – 4.75	4.75-0.075	Halus (lanau dan lempung) < 0.0075	

Sumber : Braja M. Das, 1995 : 7

Berdasarkan tabel di atas dapat dikatakan bahwa pasir mempunyai ukuran batas partikel 4.75 mm sampai dengan 0.075 mm. Selain itu pasir merupakan jenis tanah tak berkohesi (*cohesionless soils*). Pada tanah non kohesif gaya interaksi (kohesi) antar partikel butirannya sangat kecil (Lambe, 1951), akan tetapi jika pasir tersebut lembab atau mengandung uap air maka tegangan permukaan air dapat memberikan kohesi nyata yang akan menghilang bila bahan mengering atau menjadi jenuh.

Dalam perancangan pondasi, klasifikasi tanah berfungsi sebagai petunjuk awal dalam memprediksi kelakuan tanah. Dari berbagai beberapa sistem klasifikasi

tanah yang telah diusulkan, yang sering digunakan adalah sistem klasifikasi *Unified*. 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). Huruf pertama pada pemberian nama kelompoknya merupakan singkatan dari jenis-jenis tanah berikut :

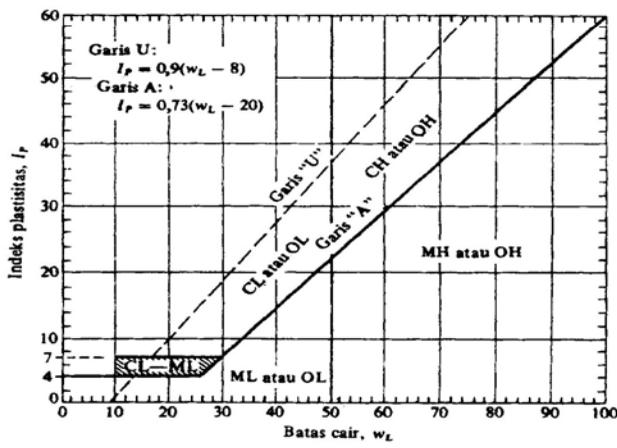
G = kerikil (gravel)	C = lempung (clay)
S = pasir (sand)	O = organik
M = lanau (silt, huruf M)	Pt = gambut (peat)

Huruf-huruf kedua dari klasifikasi dinyatakan dalam istilah-istilah :

W = gradasi baik (well graded)
P = gradasi buruk (poor graded)
L = plastisitas rendah (low plasticity)
H = plastisitas tinggi (high plasticity)



Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah Terpadu (Unified Soil Classification) [Casagrande 1984]

Pembagian Utama		Simbol Kelompok	Sebutan Khas	Kriteria Klasifikasi Laboratorium		
(Lebih dari separuh bahan berukuran lebih besar daripada ukuran ayakan No. 4)	Kerikil (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; $C_u = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ 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	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  Batas yang digunakan pada daerah yang diarsir dengan $I_p$ antara 4 dan 7 adalah kasus garis batas yang memerlukan simbol-ganda	
		GC	u	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir, lempung		
	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; $C_u = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ 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		Pasir berlanau, campuran pasir - lanau
			SC	u		Pasir berlempung, campuran pasir - lempung
	(Lebih dari separuh bahan berukuran lebih besar daripada ukuran ayakan 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 CH-MH. Bila $w_L$ mendekati 50 gunakan CL/CH, ML/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 (Batas cair kurang dari 50)		MH	Lumpur tak organik, tanah berlanau atau tanah berpasir halus diatomit atau silitak, 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; akhirnya d digunakan bila  $w_L = 28$  atau kurang dan  $I_p < 6$  atau kurang; akhirnya 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.

Sumber : Joseph E. Bowles 1997 : 32-33



### 2.2.2 Karakteristik dan Perilaku Pasir

Sebagai bagian dari pengklasifikasian tanah, pasir dapat dibedakan menjadi tiga bagian menurut sifat agregatnya yaitu pasir lepas (*loose sand*), pasir sedang (*medium sand*) dan pasir padat (*dense sand*).

Pada keadaan padat (*dense sand*), pasir cukup sempurna sebagai dasar pondasi untuk struktur yang sangat berat sekalipun. Akan tetapi dalam keadaan lepas atau nilai kerapatan relatifnya rendah (*loose sand*), pasir memiliki sifat kurang menguntungkan secara teknis dan kurang baik digunakan sebagai dasar pondasi. Hal ini dikarenakan tingkat kemampu-mampatannya yang tinggi dan daya dukung yang rendah, sehingga apabila diberikan beban yang besar akan timbul kejutan mendadak yang bisa mengubah pasir secara temporer menjadi suspensi pasir yang memiliki sifat seperti cairan *viscous* (kental).

Berdasarkan uraian tersebut, dalam penentuan pondasi di atas tanah pasir yang paling berpengaruh adalah kerapatan relatif dari tanah pasir itu sendiri. 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 sebagai berikut :

Tabel 2.4 Penjelasan Secara Kualitatif Mengenai Deposit Tanah berbutir

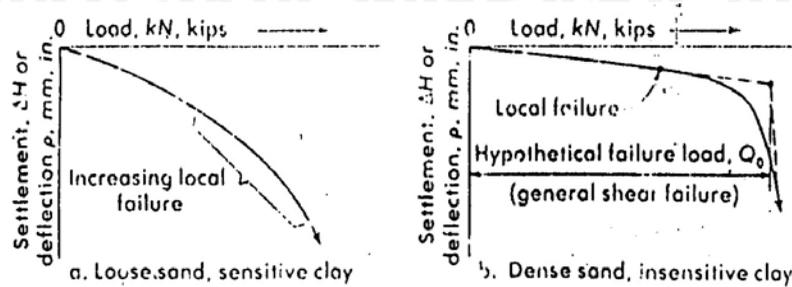
Kerapatan Relatif (%)	Penjelasan mengenai Deposit tanah
0 – 15	Sangat lepas
15 – 50	Lepas
50 – 70	Menengah
70 – 85	Padat
85 - 100	Sangat padat

Sumber : Braja M. Das, 1995 : 37

### 2.3 Interaksi antara Tanah 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 bertambah besar sekalipun beban bertambah sedikit atau tidak sama

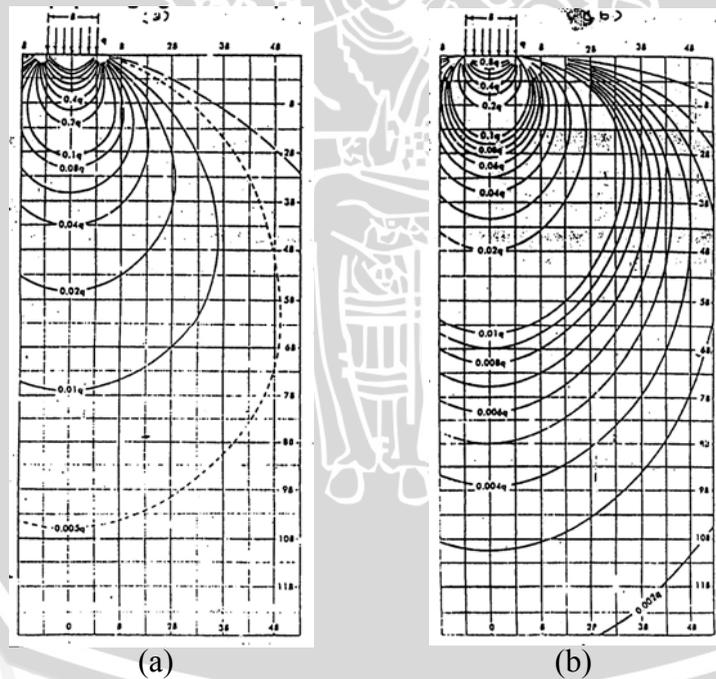
sekali. Kurva beban dan penurunan pada beberapa jenis tanah ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 : Kurva Beban - Penurunan untuk Pondasi

Sumber : Sowers George F, 1979 : 446

Beban sangat berpengaruh terhadap kedalaman, pada gambar 2.3 ditunjukkan pengaruh tekanan beban terhadap variasi kedalaman. Dari hubungan tersebut, dapat diketahui sampai kedalaman mana beban bekerja secara efektif.



Gambar 2.3 : Plot Tegangan Vertikal dibawah Pondasi Persegi, (a) Boussinesq (b) Westergaard

Sumber : Sowers George F, 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.

#### 2.4 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 pembanding yang menyatakan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan dinotasikan dengan E, yang biasa disebut sebagai Modulus Young (Modulus Elastisitas).

Secara mekanis besaran Modulus Young menyatakan kekakuan suatu bahan terhadap beban yang diberikan kepada bahan itu sendiri. Nilai modulus Young merupakan suatu sifat yang pasti dari suatu bahan di alam. Sedangkan untuk nilai regangan ( $\varepsilon$ ) dalam eksperimen selalu merupakan bilangan yang sangat kecil, karena itu nilai E haruslah memiliki harga yang besar. Harga-harga pendekatan dari nilai Modulus Young ini untuk beberapa bahan sangatlah berbeda.

Pada tanah modulus elastisitas sangat berpengaruh terhadap penurunan tanah. Modulus elastisitas E akan bertambah jika kedalaman tanah bertambah, karena modulus elastis sangat sensitif terhadap tekanan keliling (confining pressure). Umumnya, modulus elastis ditentukan dari 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).

Nilai perkiraan modulus elastis dapat pula diperoleh dari uji SPT. Mitchell dan Gardner (1975) mengusulkan nilai modulus elastis yang dihubungkan dengan nilai SPT, sebagai berikut :

$$E = 10 (N + 15) \text{ k/ft}^2 \quad (\text{untuk pasir}) \quad (2.1)$$

$$E = 6 (N + 5) \text{ k/ft}^2 \quad (\text{untuk pasir berlempung}) \quad (2.2)$$

Dengan  $1 \text{ k/ft}^2 = 4,882 \text{ t/m}^2$  dan N adalah jumlah pukulan benda uji SPT.

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

Tabel 2.5 Perkiraan modulus elastis tanah

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

Sumber : *Bowless, 1997*

Pada pengujian bahan bambu di laboratorium, nantinya akan didapat dua nilai/besaran dari hasil pengujian yang berbeda yaitu pengujian kekuatan tekan dan kekuatan tarik bambu akan menghasilkan suatu modulus Young. 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 elastis E dari tanah dan bambu, maka dapat diketahui bahwa modulus elastis E bambu > modulus elastis E tanah. Karena bambu mempunyai sifat yang lebih kaku maka fenomena yang akan terjadi adalah mekanisme pullout. Mekanisme pullout merupakan perilaku dimana terjadi interaksi antara tanah-material perkuatan (umumnya geosintetik), yang mana terjadi gaya yang mengakibatkan geosintetik yang ditinjau terdorong atau tertarik keluar dari sistem struktur tanah yang diperkuat. Untuk tes pullout dipergunakan suatu alat tertentu dan solusi numerik merupakan metode yang dipakai untuk analisis serta interpretasi hasil dari tes tersebut. Juran dan Chen (1988), mengusulkan sebuah solusi dengan mengasumsikan sebuah hubungan linear antara beban dan tegangan pada geosintetik yang dijelaskan dengan adanya modulus elastis dan tanah diam, bahwa pergerakan absolut dari geosintetik adalah setara dengan pergerakan relatif antara geosintetik dan tanah. Solusi ini menggunakan hubungan

elasto-plastis secara umum untuk tegangan geser-perpindahan geser dari keliling kontak antara tanah-geosintetik.

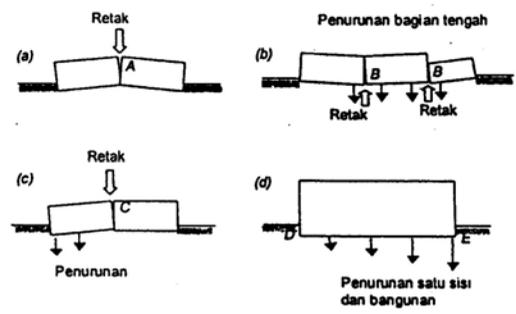
Alobaidi (1997) mengasumsikan perilaku linear pada geosintetik dan mengadopsi hubungan elasto-plastis dari tegangan geser-perpindahan geser yang diberikan oleh Juran dan Chen (1988), dengan asumsi bahwa tidak terjadi pergerakan tanah. Solusi ini kemudian dibandingkan dengan hasil tes pullout dimana dua woven geotekstil digunakan atau dikombinasikan dengan pasir Leighton Buzzard. Alobaidi (1997) menunjukkan adanya sudut geser tanah maksimum (peak friction angles) dari range antara  $22^{\circ}$  sampai  $36^{\circ}$  dan sudut geser residual antara  $22^{\circ}$  sampai  $12^{\circ}$ . Umumnya sudut geser menjadi semakin kecil dengan meningkatnya tegangan normal, serta juga diamati bahwa sudut geser menjadi semakin besar seiring dengan meningkatnya kekakuan geotekstil yang dipakai.

## 2.5 Penurunan

Jika tanah mengalami pembebanan di atasnya maka tanah tersebut akan mengalami regangan dan penurunan (*settlement*). Jumlah regangan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanahnya. Penurunan dapat terjadi disebabkan berubahnya susunan tanah, relokasi partikel, deformasi partikel tanah, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab-sebab lainnya. Pada arah vertikal penurunan tersebut disebut sebagai  $\Delta H$ . Umumnya penurunan tak seragam lebih membahayakan daripada penurunan totalnya.

Ada beberapa penyebab terjadinya penurunan akibat pembebanan yang bekerja di atas tanah, yaitu:

1. Keruntuhan geser akibat terlampauinya 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 2.4 : Contoh Kerusakan Bangunan Akibat Penurunan  
Sumber : Hary Christady H, 1996 : 142

Secara umum, penurunan pada tanah dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu:

1. Penurunan segera (*immediate settlement*),

Penurunan ini terjadi pada waktu beban diterapkan atau dalam suatu jangka waktu sekitar 7 hari. Penurunan ini terjadi akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Analisa penurunan segera digunakan untuk semua tanah berbutir halus termasuk lanau dan untuk semua tanah berbutir kasar dengan koefisien rembes yang besar.

2. Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*)

Penurunan jenis ini tergantung waktu dan berlangsung dalam beberapa bulan sampai tahunan. Penurunan ini terjadi karena perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat keluarnya air yang menempati pori-pori tanah. Analisa penurunan konsolidasi biasanya digunakan untuk semua tanah jenuh atau hampir jenuh dan yang berbutir halus.

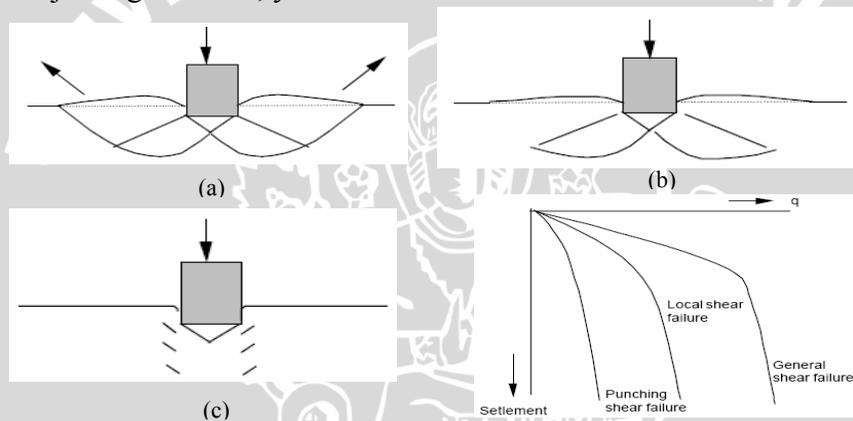
Pertimbangan pertama dalam menghitung besarnya penurunan adalah penyebaran tekanan pondasi ke tanah dasar, hal ini sangat bergantung pada kekakuan pondasi dan sifat-sifat tanah. tekanan yang terjadi pada pertemuan antara dasar pondasi dan tanah disebut tekanan sentuh (*contact pressure*) yang berpengaruh terhadap distribusi momen dan tegangan geser pondasi terhadap tanah. dalam praktek 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.

## 2.6 Model Keruntuhan dibawah Pondasi

### 2.6.1 Model Keruntuhan Tanah Tanpa Perkuatan

Tanah harus mampu memikul beban dari setiap konstruksi teknik yang diletakkan pada tanah tersebut tanpa kegagalan geser (shear failure). 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 daya dukung dari pondasi.

Berdasarkan pengujian model, Vesic (1963) membagi mekanisme keruntuhan pondasi menjadi tiga macam, yaitu :



*Gambar 2.5* : Tipe keruntuhan pondasi serta tipe grafik hubungan beban dan penurunan yang menyebabkan keruntuhan pondasi

(a.) Keruntuhan Geser Umum (b.) Keruntuhan Geser Lokal (c.) Keruntuhan Geser Pons

Sumber : Coduto, 1994 : 164

#### a. Keruntuhan geser umum (general shear failure)

Keruntuhan pondasi terjadi menurut bidang runtuh yang dapat diidentifikasi dengan jelas. Keruntuhan geser umum terjadi pada tanah yang relatif padat dan relatif tidak mampu mampat (incompressible) (Terzaghi, 1943). Keruntuhan ini terjadi dalam waktu yang relatif mendadak, bidang longsor yang terbentuk berupa lengkungan dan garis lurus yang menembus hingga mencapai permukaan tanah. Saat keruntuhannya, terjadi gerakan massa tanah ke arah luar dan ke atas. Garis longsor ini tampak jelas dari ujung telapak pondasi ke permukaan tanah di tepi pondasi. Pada keruntuhan ini beban ultimit dapat ditentukan dengan jelas. Keruntuhan ini juga diikuti oleh penggulingan pondasi.

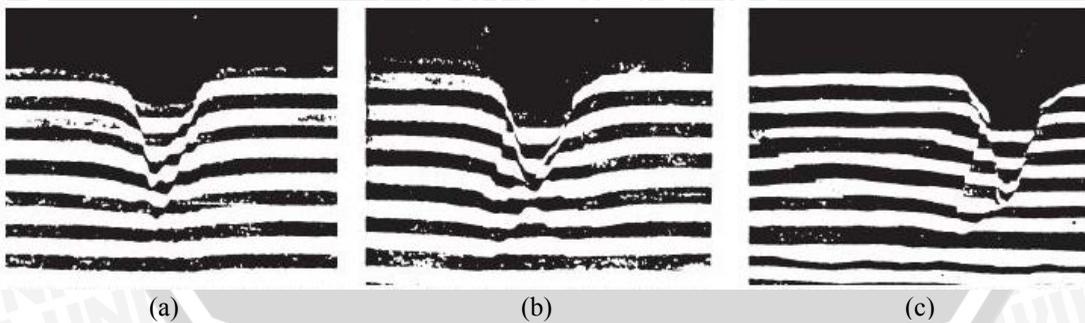
b. *Keruntuhan geser lokal (local shear failure)*

Untuk tanah yang relatif mampu padat (compressible) maka keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan geser lokal, dimana garis gelincir tampak jelas di bawah pondasi tapi penyebarannya hanya pada jarak pendek dalam massa tanah dan tidak mencapai permukaan. Bidang runtuh yang terjadi adalah kontinu tak berkembang. Pondasi tenggelam akibat bertambahnya beban pada kedalaman yang relatif dalam, yang menyebabkan tanah di dekatnya mampat. Tetapi mampatnya tidak sampai mengakibatkan kedudukan kritis keruntuhan tanahnya, sehingga zona plastis tak berkembang seperti pada keruntuhan geser umum. Dalam keruntuhan tidak terjadi penggulingan pondasi.

c. *Keruntuhan geser pons (punching shear failure)*

Pada keruntuhan tipe ini, dapat dikatakan keruntuhan geser tanah tidak terjadi. Akibat bebannya, pondasi hanya menembus dan menekan tanah ke samping yang menyebabkan pemampatan tanah di dekat pondasi. Pemampatan tanah akibat penetrasi pondasi, berkembang hanya pada zona terbatas tepat di dasar dan di sekitar tepi pondasi. Keruntuhan ini terjadi pada tanah kompresibilitas tinggi dimana pola keruntuhan tidak ada bidang longsor yang jelas di bawah pondasi.

Mode keruntuhan yang terjadi pada beberapa jenis tanah pasir dapat dilihat pada gambar 2.6.



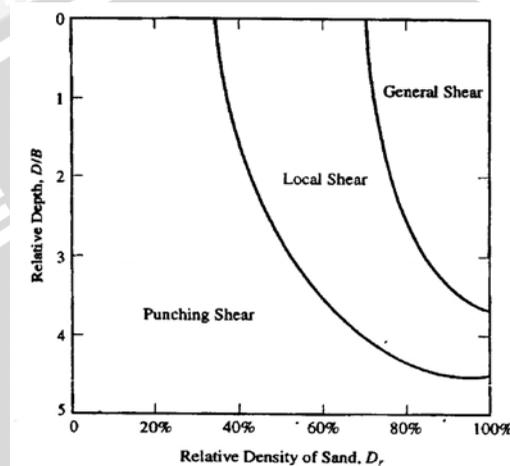
*Gambar 2.6 : Mode keruntuhan tanah pasir pada pondasi persegi*

- Keruntuhan geser pons pada tanah pasir lepas ( $D_r = 15\%$ )*
- Keruntuhan geser lokal pada tanah pasir sedang ( $D_r = 47\%$ )*
- Keruntuhan geser umum pada tanah pasir padat ( $D_r = 100\%$ )*

Sumber : De Beer and Vesic, 1958 (*Caltrans 1997 – Foundation Manual*)

Pengujian pembebanan terhadap suatu model pondasi pada tanah pondasi juga pernah dilakukan oleh **Vesic (1973)** seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7.

Grafik ini menunjukkan hubungan umum dari model keruntuhan, kerapatan relatif dan rasio  $D_f/B$ . Berdasarkan grafik ini dapat disimpulkan bagaimana pondasi telapak dengan nilai  $D_f/B$  kecil pada tanah pasir dapat mengalami ketiga macam model keruntuhan, tergantung dari kerapatan relatif tanah pasirnya. Namun perlu dicatat bahwa hasil pengujian ini hanya dapat dijadikan kesimpulan untuk tanah pasir saja.



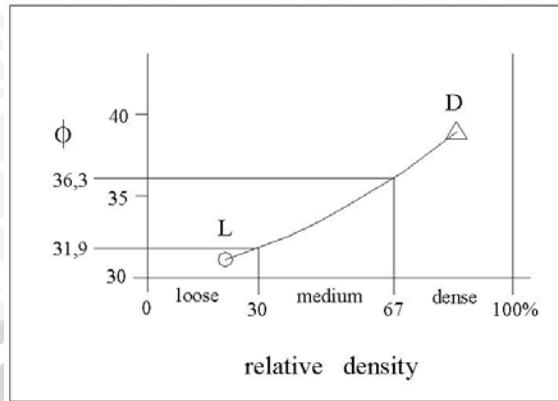
*Gambar 2.7 : Hubungan kedalaman relatif dan kerapatan relatif dari tanah pasir dan model keruntuhan tanah pasir chattahoochee (Vesic, 1963 dan 1973)*

Sumber : Coduto, 1994 : 165

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 akan mengalami keruntuhan geser umum (pasir padat adalah pasir dengan kerapatan relatif di atas 67%).
- 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.

Nilai kerapatan relatif ( $D_r$ ) pada tanah pasir dapat didapatkan dari pengujian di laboratorium. Selain dari pengujian laboratorium, kerapatan relatif ( $D_r$ ) juga dapat diketahui melalui besarnya sudut geser tanah pasir. Hal ini dapat diketahui dari hubungan antara kerapatan relatif ( $D_r$ ) dengan sudut geser pada gambar 2.8.

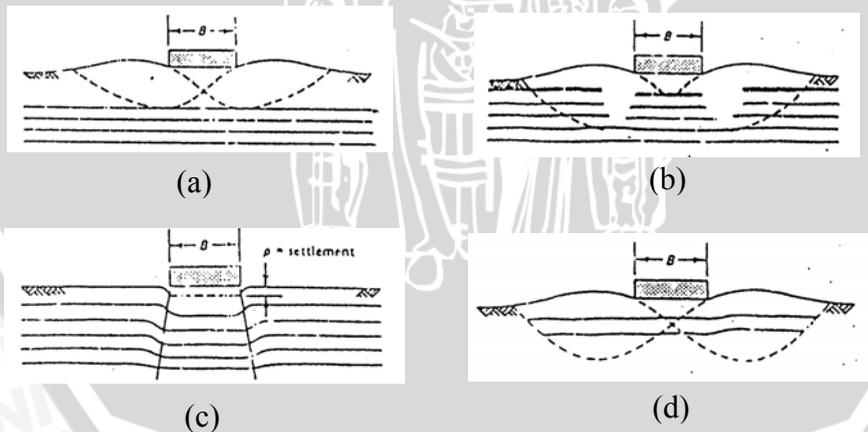


Gambar 2.8 : Hubungan antara kerapatan relatif ( $D_r$ ) dengan sudut geser  
 Sumber : Head, 1982

### 2.6.2 Model Keruntuhan Tanah pada Pondasi dangkal dengan Perkuatan (Geosintesis)

Hasil penelitian oleh Koerner (1990) menunjukkan bahwa umumnya kerusakan geosintesis, 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 mode keruntuhan yang terjadi pada pondasi dangkal dengan beberapa lapis geotekstil adalah sebagai berikut :



Gambar 2.9 : Tipe keruntuhan tanah pada pondasi dangkal dengan perkuatan geogrid

- d. Keruntuhan daya dukung di atas lapisan geogrid
- e. Keruntuhan tekan atau patah pada lapisan geogrid
- f. Keruntuhan rangkak atau creep pada lapisan geogrid
- g. Keruntuhan tarik pada lapisan geogrid

Sumber : Robert M. Koerner, 1994 : 234



Dengan pemakaian bahan perkuatan pada tanah yang daya dukungnya lemah akan memberikan pengaruh yang berarti, antara lain :

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

## 2.7 Daya Dukung

Tanah harus mampu memikul beban dari setiap konstruksi teknik yang diletakkan pada tanah tersebut tanpa kegagalan geser (*shear failure*) dan dengan penurunan (*settlement*) yang dapat ditolerir untuk konstruksi tersebut. Kegagalan geser tanah dapat menimbulkan distorsi bangunan yang berlebihan dan bahkan keruntuhan. Selain kegagalan geser, penurunan yang berlebihan juga dapat mengakibatkan kerusakan struktural. Secara umum kriteria yang harus diperhatikan dalam perencanaan pondasi adalah :

### 1. Kriteria stabilitas

Faktor keamanan terhadap keruntuhan akibat terlampauinya daya dukung harus dipenuhi. Dalam perhitungan daya dukung, umumnya digunakan angka 3.

### 2. Kriteria penurunan

Penurunan pondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan. Khususnya penurunan yang tidak seragam (*differential settlement*) harus tidak mengakibatkan kerusakan pada struktur.

Analisis daya dukung mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi struktur yang terletak di atasnya. 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 (Craig, 1994).

Analisis daya dukung, dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan. Persamaan-persamaan yang dibuat, dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Analisisnya dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berkelakuan sebagai bahan bersifat plastis. Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh Prandtl (1921), yang kemudian dikembangkan oleh Terzaghi (1943), Meyerhoff (1955), De Beer dan Vesic (1958) (Hary Christady H, 1996).

Persamaan-persamaan daya dukung tanah umumnya didasarkan pada persamaan **Mohr-Coulomb** :

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (2.3)$$

dimana :

- $\tau$  = kekuatan geser tanah.
- $\sigma$  = tegangan normal pada bidang geser.
- $c$  = kohesi tanah.
- $\phi$  = sudut geser tanah.

Hansen (1970) menyarankan suatu persamaan daya dukung yang mirip Terzaghi (1943) dan merupakan kelanjutan karya Meyerhoff (1955). Meyerhoff memasukkan faktor bentuk, faktor kedalaman dan faktor kemiringan. Hansen menambahkan faktor inklinasi dasar pondasi ( $b_i$ ) untuk telapak yang dimiringkan terhadap horizontal, dan pengaruh permukaan tanah ( $g_i$ ) jika telapak dipasang pada suatu kemiringan (Joseph E. Bowles, 1988).

$$q_{ult} = \frac{P_u}{BL} \quad (2.4)$$

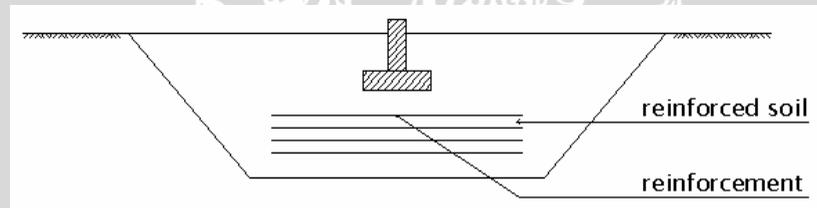
$$q_{ult} = c N_c S_c d_c i_c g_c b_c + q N_q S_q d_q i_q g_q b_q + 0,5 \gamma B' N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma \quad (2.5)$$

dimana,

- $P_u$  = beban ultimit
- $B$  = lebar efektif pondasi
- $L$  = panjang pondasi
- $\gamma$  = berat volume tanah
- $D_f$  = kedalaman pondasi

- $N_c, N_q, N_\gamma$  = faktor daya dukung  
 $S_c, S_q, S_\gamma$  = faktor bentuk pondasi  
 $d_c, d_q, d_\gamma$  = faktor kedalaman pondasi  
 $i_c, i_q, i_\gamma$  = faktor kemiringan beban  
 $g_c, g_q, g_\gamma$  = faktor kemiringan permukaan tanah  
 $b_c, b_q, b_\gamma$  = faktor kemiringan telapak terhadap horizontal  
 $q = D_f \gamma =$  tekanan overbuden di atas dasar pondasi

Pada suatu tanah yang memiliki daya dukung yang lemah, maka dapat dilakukan suatu perkuatan pada tanah. Jenis-jenis perkuatan telah dikembangkan, antara lain dengan menggunakan bahan geosintetis misalnya geotekstil, geogrid, geomembran dan lain-lain. Dengan menggunakan bahan atau material tersebut diharapkan terjadi peningkatan terhadap daya dukung dan dapat terhindar dari penurunan yang berlebihan dan kegagalan geser pada tanah tepat di bawah dan di sekeliling pondasi.



*Gambar 2.10 : Tanah yang diperkuat*

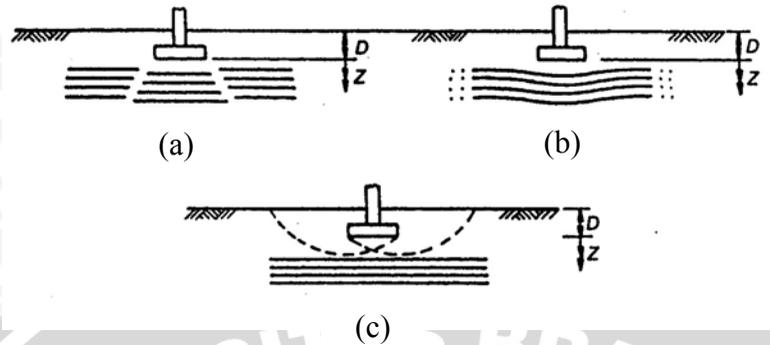
Peningkatan daya dukung ultimit terhadap adanya perkuatan dapat dinyatakan dalam sebuah bentuk non dimensional (Binquet and Lee, 1975).

$$\text{BCR}(q_r) = \text{Bearing Capacity Ratio} = \frac{q}{q_0} \quad (2.6)$$

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

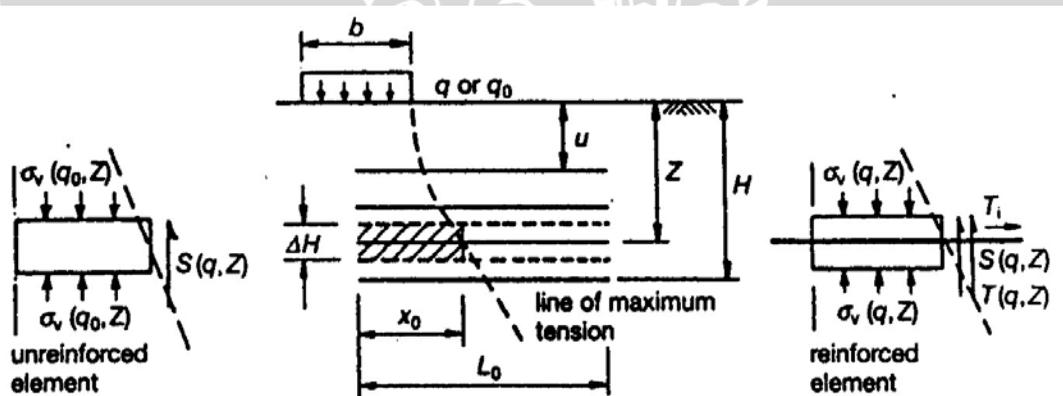
$q$  = tegangan tanah di bawah pondasi pada tanah yang diperkuat dan penurunan yang tetap

Beberapa keruntuhan yang mungkin terjadi :



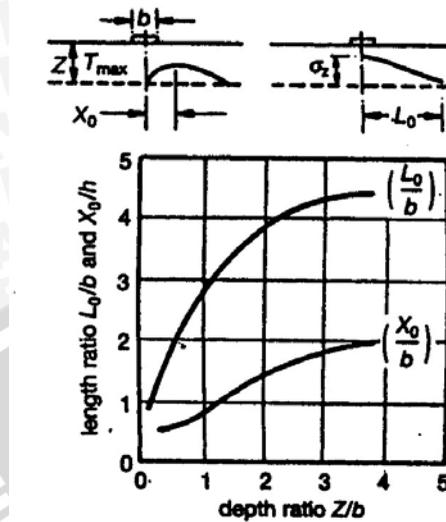
Gambar 2.11 : Tipe keruntuhan tanah pada pondasi dangkal dengan perkuatan  
 a. Keruntuhan tarik      b. Keruntuhan rangkak  
 c. Keruntuhan tanah di atas lapisan perkuatan  
 Sumber : Collins J.F.P. Jones , 1996 : 175

Boussinesq, Binquet dan Lee (1975) mendefinisikan bahwa lokasi dari tekanan maksimum pada perkuatan seperti gambar 2.12. Panjang  $L_0$  didefinisikan sebagai titik yang mana tekanan vertikal  $\sigma_v$  adalah satu persen dari tekanan yang digunakan dan diasumsi bahwa perkuatan gaya tegangan  $T$  berbanding terbalik dengan volume total perkuatan.



Gambar 2.12 : Komponen dimensi untuk teori kekuatan daya dukung pondasi  
 Sumber : Collins J.F.P. Jones , 1996 : 176

Penentuan dimensi dari lapis perkuatan geosintetik, didapatkan dari hubungan antara rasio kedalaman  $z/b$  dengan rasio lebar  $L_0/b$  dan  $X_0/b$  (gambar 2.13). Karena  $L_0$  merupakan panjang maksimum tegangan tanah bekerja akibat beban, maka penentuan lebar dan panjang lapis perkuatan adalah dua kali dari rasio lebar  $L_0/b$ .



*Gambar 2.13* : Hubungan antara rasio kedalaman  $Z/b$  dengan rasio lebar  $L_0/b$  dan  $X_0/b$   
 Sumber : Collins J.F.P. Jones , 1996 : 176

## 2.8 Pemakaian Anyaman Bambu sebagai Bahan Perkuatan Tanah

Jenis-jenis perkuatan telah banyak dikembangkan untuk mendukung pondasi dangkal. Salah satunya adalah dengan pemakaian geosintetis seperti geotekstil, geogrid, geonet dan lain-lain. Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa lapisan geosintetis yang diletakkan di bawah pondasi dapat meningkatkan daya dukung ultimit yang diijinkan pada penurunan tertentu. Pemakaian geosintetis sebagai bahan perkuatan tanah mempunyai harga rasio kedalaman yang paling optimum. Oleh karena itu diperlukan jarak yang efektif untuk lapis pertama geosintetis dan dasar pondasi terhadap lebar pondasi.

Dalam *Journal of Geotechnical Engineering ASCE volume 120 nomor 12 edisi Desember 1994* dijelaskan mengenai harga optimum dari rasio kedalaman. Rasio kedalaman adalah perbandingan antara jarak lapis pertama geogrid dan dasar pondasi terhadap lebar pondasi. Dalam jurnal ini dijelaskan mengenai penggunaan geogrid sebagai material perkuatan pada tanah pasir.

Untuk perkuatan yang menggunakan satu lapis geogrid, rasio kedalaman berkisar antara  $0,3B$ , sedangkan untuk multi lapis geogrid, rasio kedalaman berkisar  $0,25B$ . BCR akan cenderung menurun dengan meningkatnya rasio kedalaman tapi perubahan BCR tersebut tidak terlalu berarti untuk rasio kedalaman kurang dari  $0,3B$ .

Sedangkan Singh (1988) menyebut rasio kedalaman optimum adalah 0,25B baik untuk satu lapis geogrid atau lebih. Sementara Akimmurusu dan Akinbolade (1981) menyebut rasio kedalaman optimum adalah 0,5B untuk pondasi persegi pada multilapis geogrid. Untuk rasio kedalaman kurang dari 0,25B, pola penurunan yang terjadi menyerupai keruntuhan geser pons, indikasinya adalah pada lapis geogrid teratas tampak seperti dilengkungkan ke bawah dengan ukuran yang sesuai dengan luasan pondasi.

Untuk jarak antar lapis geogrid, Yetimoglu (1994) menyarankan nilai 0,2B. Sedangkan Singh (1988) menyarankan nilai 0,15B – 0,25B. Secara umum jarak lapis pertama dan jarak antar lapis geogrid disederhanakan sbb :

Tabel 2.6 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	-

Selain itu, Yetimoglu (1994) 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.

Untuk pemakaian anyaman bambu sebagai bahan perkuatan tanah, telah diteliti oleh Douglas dan Low (1990) yang menggunakan tanah lempung. Dalam penelitian tersebut anyaman bambu dimodelkan seperti geogrid. Anyaman bambu berfungsi sebagai penahan kuat tarik dan geser, sedangkan tanah adalah penahan kuat tekan dan penyedia lingkungan yang aman bagi bambu.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Yusep Muslih Purwana (2002) yang menggunakan tanah pasir lepas. 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. Selain itu semakin banyak serta semakin rapat lapisan perkuatan cenderung akan menaikkan BCR.

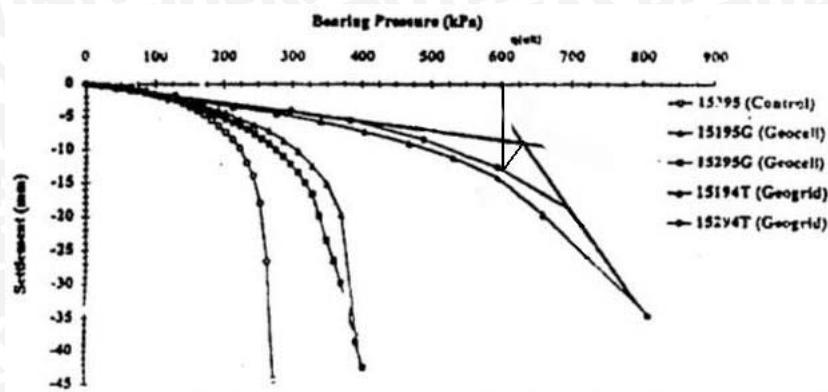
## 2.9 Kriteria Penentuan Daya dukung Ultimit

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.

Dalam *Civil Engineering Code of Practice 1954* (CECP 1954) disebutkan bahwa kriteria beban ultimit untuk penggunaan secara umum didapatkan dengan cara sebagai berikut :

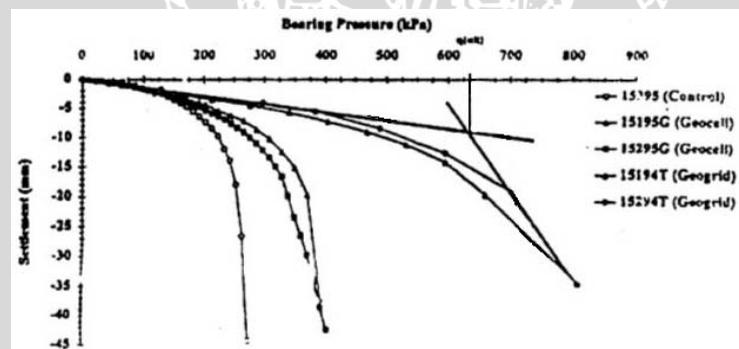
- a. plot hasil penelitian pada kurva beban-penurunan
- b. tarik garis pada bagian vertikal dan horisontal kurva beban-penurunan
- c. dari hasil perpotongan, sudut dibagi dua kearah kurva sehingga memotong kurva
- d. di titik potong tersebut ditarik garis ke arah sumbu x yang menyatakan beban
- e. Beban ultimit didapatkan dengan perkalian angka 0,75 dengan besar beban



*Gambar 2.14 : Penentuan beban ultimit menurut Civil Engineering Code of Practice 1954*

Kriteria penentuan beban ultimit menurut Michael T. Adam, yaitu :

- plot hasil penelitian pada kurva beban-penurunan
- tarik garis pada bagian vertikal dan horisontal kurva beban-penurunan
- dari hasil perpotongan kedua garis tersebut, tarik garis vertikal sampai memotong sumbu x (beban)
- Beban ultimit didapat dari garis vertikal yang memotong sumbu x (beban)



*Gambar 2.15 : Penentuan beban ultimit menurut Michael T. Adams dan James G. Collins (1997)*  
Sumber : Michael T. Adams and James G. Collins (1997)

Dengan cara ini maka dapat ditentukan besarnya beban ultimit untuk tanah yang tidak diberi perkuatan maupun yang menggunakan perkuatan.

Penelitian juga pernah dilakukan oleh Skempton 1951 (Vesic 1975). Hasil yang didapat adalah beban ultimit yang terjadi berkisar antara 3% sampai 7% lebar pondasi untuk pondasi di permukaan dan sekitar 15% untuk pondasi dalam. Sedangkan menurut Vesic (1975) beban ultimit yang terjadi sekitar 25% dari lebar pondasi.

## 2.10 Percobaan Laboratorium

### 2.10.1 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 koefisien keseragaman dan koefisien gradasi agar dapat menentukan gradasi tanah pasir.

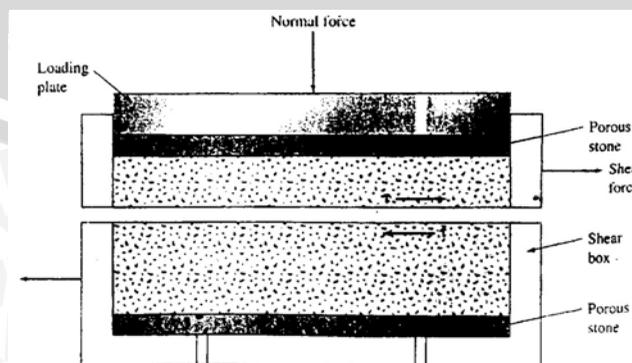
### 2.10.2 Berat Jenis tanah

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis tanah yang mempunyai butiran lolos saringan no. 4 dengan *picnometer*. Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

### 2.10.3 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 2.16 : Uji Kekuatan Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Sumber : Braja M. Das, 1995 : 212

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Brawijaya. Adapun penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2007 sampai selesai.

#### 3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Tanah pasir lepas (loose sand).
2. Anyaman bambu yang dipakai adalah jenis bambu apus (bambu tali) dengan lebar serat anyaman bambu 0,5 cm, dan berada di wilayah sekitar Malang.
3. Solar yang akan digunakan untuk merendam anyaman bambu.
4. Model pondasi telapak dari pelat baja dengan tebal 1 cm dan berdimensi 10x10 cm.
5. Air dari PDAM Kodya Malang.

#### 3.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk mendukung penelitian ini antara lain :

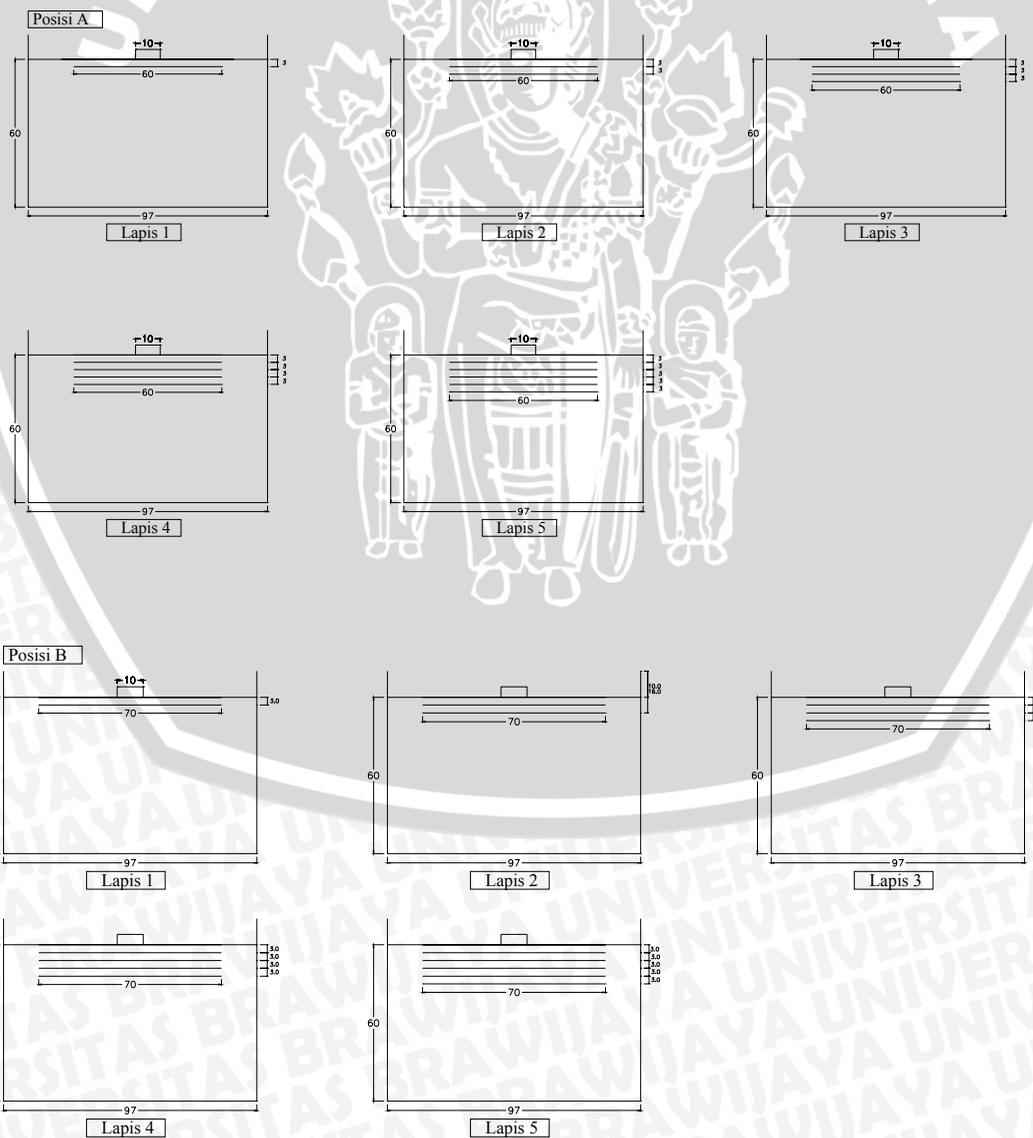
1. Peralatan uji analisis saringan
2. Peralatan uji berat jenis tanah
3. Peralatan uji kuat geser langsung (direct shear)
4. Peralatan uji pembebanan
5. Kotak uji
6. Dongkrak hidrolik
7. Pencatat waktu (stop watch)
8. Alat timbang
9. Proving ring
10. Dial Gauge

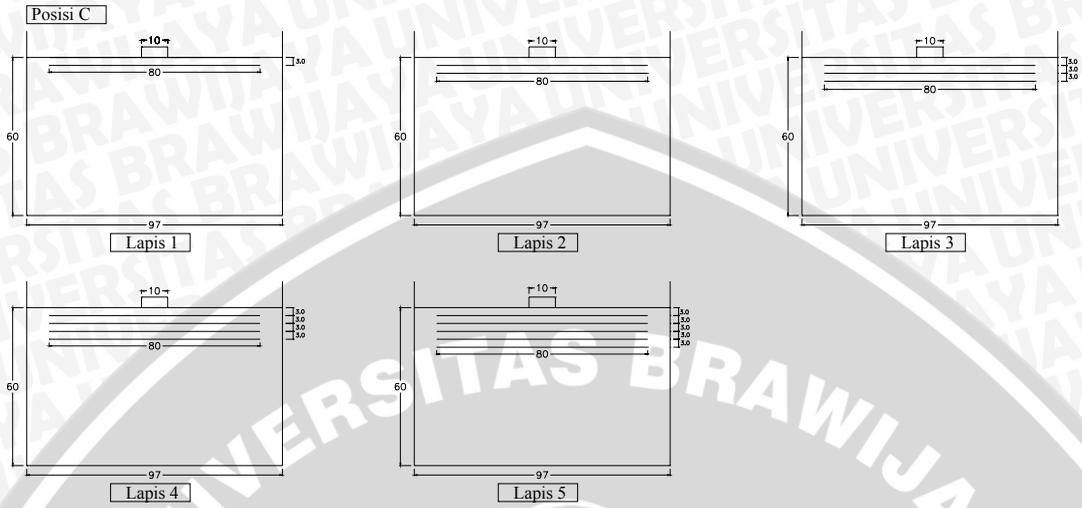
### 3.4 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan. Tahap pertama merupakan penelitian yang dimaksudkan untuk mengetahui klasifikasi tanah pasir yang akan digunakan sebagai media penelitian untuk dilakukan pengujian terhadap daya dukungnya. Tahap kedua merupakan penelitian yang dimaksudkan untuk memperoleh nilai daya dukung dan nilai penurunan yang terjadi dari tanah pasir tersebut yang telah diperkuat dengan lapis anyaman bambu dengan variasi jumlah dan luas lapis, akibat pembebanan yang dilakukan.

### 3.5 Rancangan Percobaan

Variasi luas dan jumlah lapis anyaman bambu tampak seperti pada sketsa berikut :





*Gambar 3.1. : sketsa variasi luas dan jumlah lapis anyaman bambu yang digunakan dalam penelitian*



Sehingga rancangan percobaan dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Rancangan percobaan

Benda Uji	Posisi	Luas ( n x n ) cm <sup>2</sup>	Pengulangan
Tanpa lapis anyaman bambu	-	-	1 x
1 lapis anyaman bambu	A	60 x 60	1 x
	B	70 x 70	1 x
	C	80 x 80	1 x
2 lapis anyaman bambu	A	60 x 60	1 x
	B	70 x 70	1 x
	C	80 x 80	1 x
3 lapis anyaman bambu	A	60 x 60	1 x
	B	70 x 70	1 x
	C	80 x 80	1 x
4 lapis anyaman bambu	A	60 x 60	1 x
	B	70 x 70	1 x
	C	80 x 80	1 x
5 lapis anyaman bambu	A	60 x 60	1 x
	B	70 x 70	1 x
	C	80 x 80	1 x
Total benda uji			16

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah luas dan jumlah lapis anyaman bambu. Sedangkan variabel tak bebas adalah hasil pembebanan dan nilai pembacaan dial gauge. Jarak antar lapisan ditetapkan sama, yaitu sebesar 0,3B dari bawah pondasi dan variasi jumlah lapis ditetapkan sebanyak 5 lapis dengan total jarak 1,5B, hal ini dilakukan dikarenakan telah disinggung pada bab sebelumnya bahwa peningkatan BCR kurang berarti pada kedalaman kekuatan melampaui 1,5B. Variasi jarak tersebut diambil berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang menggunakan kekuatan 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 2.5.

### 3.6 Deskripsi Pengujian Pembebanan dan Instrumentasi

Langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah pemeriksaan karakteristik tanah pasir yang digunakan.

Kerangka pembebanan yang dipakai terbuat dari pelat baja dengan dimensi lebar 97 cm, panjang 150 cm dan tinggi 100 cm, kecuali pada bagian depan terbuat dari multipleks. Lebar kerangka pembebanan dibuat tidak kurang dari empat kali lebar model pondasi. Kedalaman tanah pasir yang digunakan pada setiap percobaan adalah 60 cm (tidak kurang dari dua kali lebar model pondasi), hal ini dilakukan untuk menghindari distorsi daya dukung tanah pasir akibat berperannya dinding lapisan bawah kerangka pembebanan.

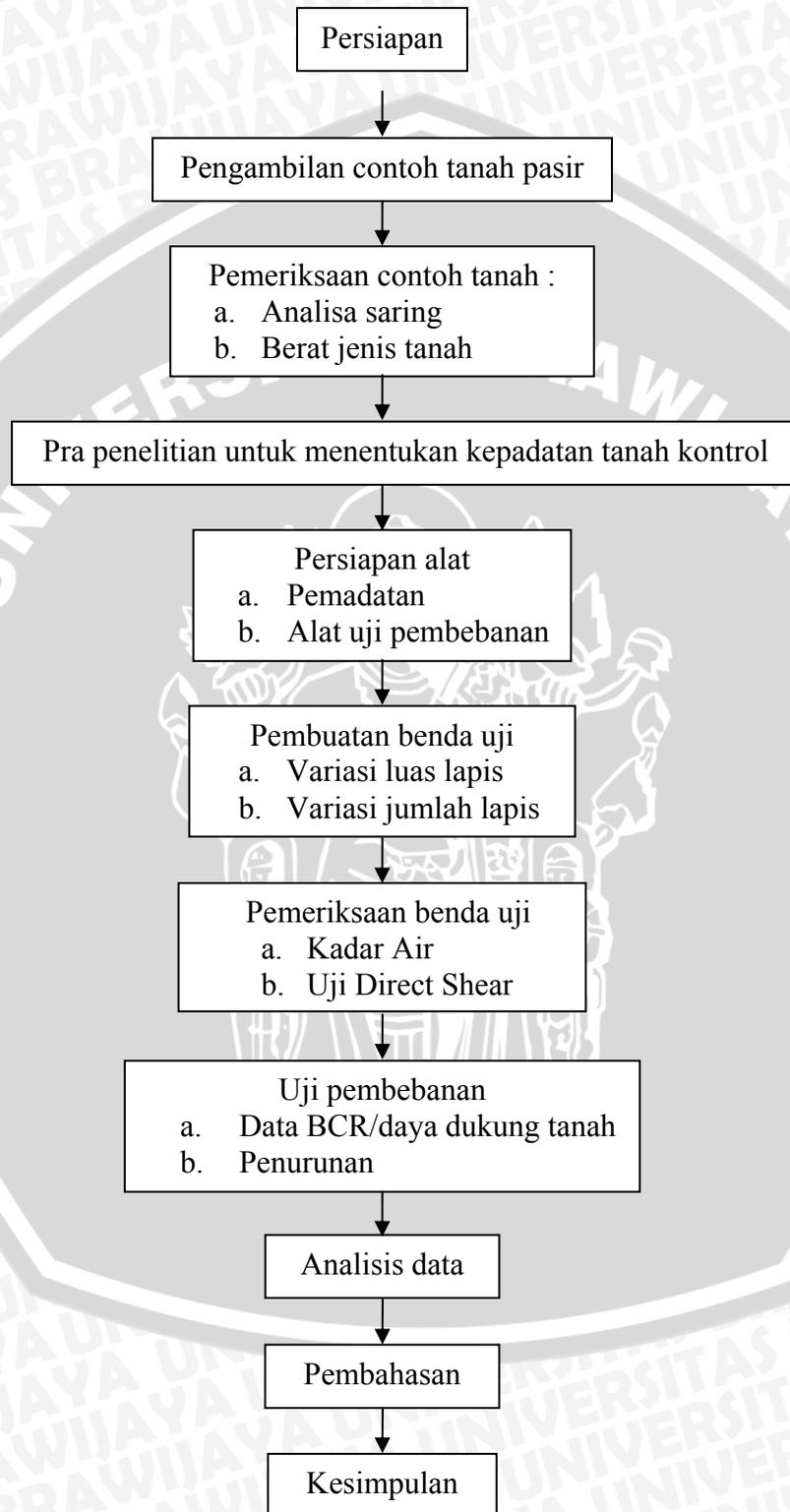
Pada pelaksanaan pengujian, media tanah pasir dipadatkan menggunakan sebuah plat berbentuk persegi berukuran 20x20 cm, tebal 1 cm dan berat 3,195 kg. Pemadatan tanah tersebut dilakukan dalam 4 lapisan dengan tebal tiap lapisan 15 cm, tinggi jatuh 30 cm dan jumlah perulangan tiap lapisan 15 kali. Anyaman bambu sebagai perkuatan tanah diletakkan pada tanah sesuai dengan jumlah dan jarak antar lapisan. Setelah itu model pondasi plat baja dengan ukuran 10x10 cm diletakkan di permukaan tanah pasir.

Pembebanan dilakukan dengan dogkrak hidrolik berkapasitas 2 ton, sebagai pengukur beban digunakan proving ring dengan kapasitas 10000 lbs dengan pembacaan strip sebesar 5,89667 kg. Proving ring tersebut dibautkan pada reaction beam yang terbuat dari profil baja.

Untuk menjaga agar permukaan tanah pasir dan posisi model benar-benar horizontal, digunakan waterpass. Dengan bantuan unting-unting, letak model pondasi diatur sedemikian rupa sehingga titik pusatnya berada tepat di bawah proving ring. Kemudian plat besi diletakkan di atas model pondasi sebagai tempat dogkrak hidrolik.

Penurunan dibaca melalui sebuah dial gauge dengan pembacaan setiap strip 0,01 mm, dial ini dipasang dengan menggunakan magnet pada kerangka pembebanan. Sistem yang dipakai pada percobaan 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 :



Gambar 3.2.: Diagram langkah-langkah penelitian

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Karakteristik Material Uji

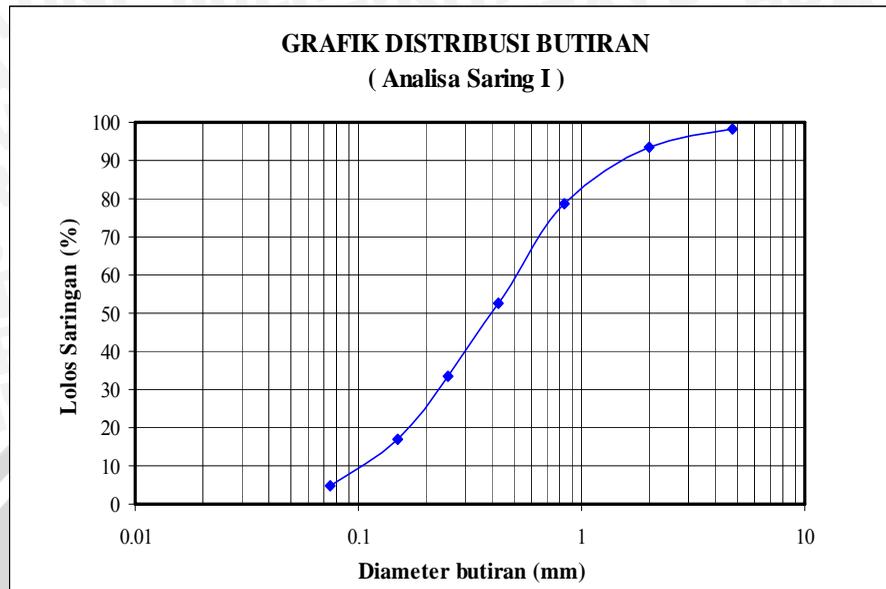
Karakteristik tanah pasir sebagai subgrade dalam penelitian dapat diketahui dengan melakukan beberapa percobaan, diantaranya : analisa saring (*grain size analysis*), pemeriksaan berat jenis (*specific gravity*), pemeriksaan kadar air dan pengujian kuat geser langsung (*direct shear test*). Sedangkan untuk mengetahui daya dukung dan besarnya penurunan yang terjadi, dilakukan dengan pengujian pembebanan (*loading test*).

##### 4.1.1.1 Analisa Saring (*Grain Size Analysis*)

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 sampel tanah pasir I**

Saringan	Tertahan Saringan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	% Jumlah Tertahan	% Lolos Saringan
4.75 mm, No. 4	8.58	8.58	1.72	98.28
2.0 mm, No. 10	23.94	32.53	6.52	93.48
0.84 mm, No. 20	73.18	105.71	21.19	78.81
0.42 mm, No. 40	130.67	236.39	47.38	52.62
0.25 mm, No. 50	96.24	332.63	66.67	33.33
0.15 mm, No. 100	80.89	413.53	82.88	17.12
0.075 mm, No. 200	61.30	474.83	95.17	4.83
pan	24.09	498.92	100.00	0.00
Jumlah	498.92			

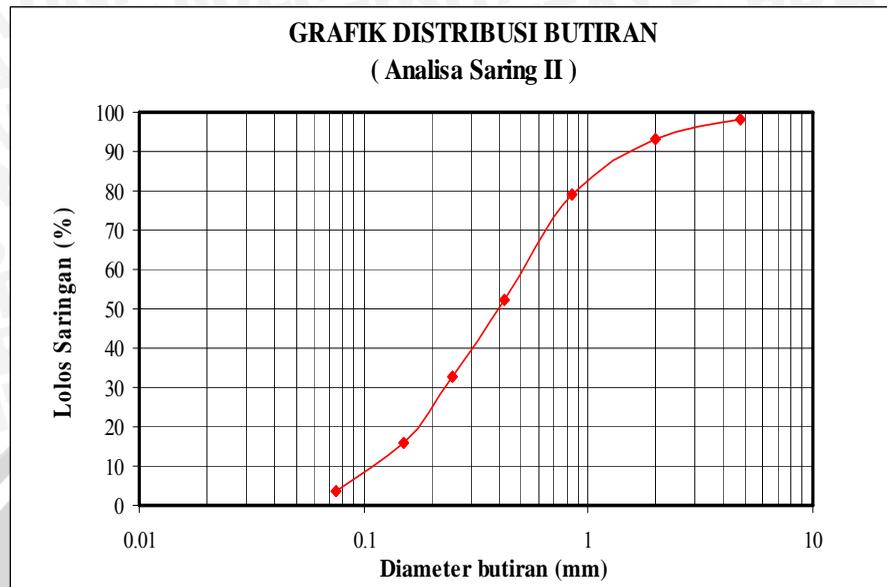


Gambar 4.1 : Grafik distribusi butiran pada sampel tanah pasir I

- Tertahan saringan No.200 = 95,17 % > 50 %
- Lolos saringan No.4 = 98,28 % > 50 %
- $D_{60} = 0,50$  mm,  $D_{30} = 0,23$  mm,  $D_{10} = 0,11$  mm
- $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.50}{0.11} = 4.545 < 6$
- $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} = \frac{0.23^2}{0.50 \times 0.11} = 0.9618 < 1$

Tabel 4.2. Analisa saring sampel tanah pasir II

Saringan	Tertahan Saringan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	% Jumlah Tertahan	% Lolos Saringan
4.75 mm, No. 4	8.76	8.76	1.77	98.23
2.0 mm, No. 10	24.36	33.13	6.70	93.30
0.84 mm, No. 20	71.29	104.42	21.13	78.87
0.42 mm, No. 40	131.60	236.03	47.76	52.24
0.25 mm, No. 50	96.26	332.29	67.24	32.76
0.15 mm, No. 100	83.92	416.22	84.22	15.78
0.075 mm, No. 200	59.41	475.63	96.25	3.75
pan	18.55	494.18	100.00	0.00
Jumlah	494.18			



Gambar 4.2 : Grafik distribusi butiran pada sampel tanah pasir II

- Tertahan saringan No.200 = 96,25 % > 50 %
- Lolos saringan No.4 = 98,23 % > 50 %
- $D_{60} = 0,51$  mm,  $D_{30} = 0,23$  mm,  $D_{10} = 0,12$  mm
- $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0,51}{0,12} = 4,25 < 6$
- $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} = \frac{0,23^2}{0,51 \times 0,12} = 0,864 < 1$

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 tanahnya tertahan saringan No. 200 (0,075 mm). Sedangkan pada saringan No. 4 (4,75 mm) jumlah partikel-partikel kasar yang lolos saringan tersebut adalah lebih dari 50 % yaitu 98,28 % dan 98,23 %, sehingga tanah tersebut dapat digolongkan sebagai tanah pasir. Untuk persentase butir halus dari tanah tersebut adalah 4,828 % dan 3,754 % (nilai ini kurang dari 5%) dan tidak memenuhi persyaratan nilai  $C_u$  (4,545 dan 4,25) atau nilai  $C_c$  (0,9618 dan 0,864) untuk SW, yaitu  $C_u > 6$  dan  $C_c$  untuk rentang  $1 < C_c < 3$ . Sehingga tanah pasir tersebut tergolong dalam jenis tanah SP atau pasir bergradasi jelek, pasir berkerikil, sedikit atau tanpa butiran halus.

**4.1.1.2 Pemeriksaan Berat Jenis (*Specific Gravity*)**

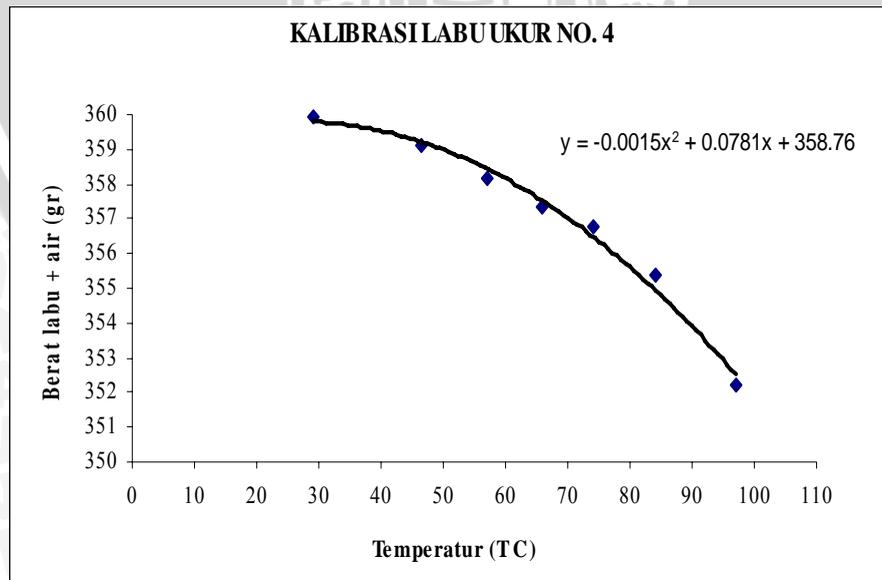
Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis tanah yang mempunyai butiran lewat saringan No. 40 dengan picnometer (labu ukur). Berat jenis tanah merupakan perbandingan antara berat butir tanah dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

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

**Tabel 4.3. Hasil kalibrasi picnometer**

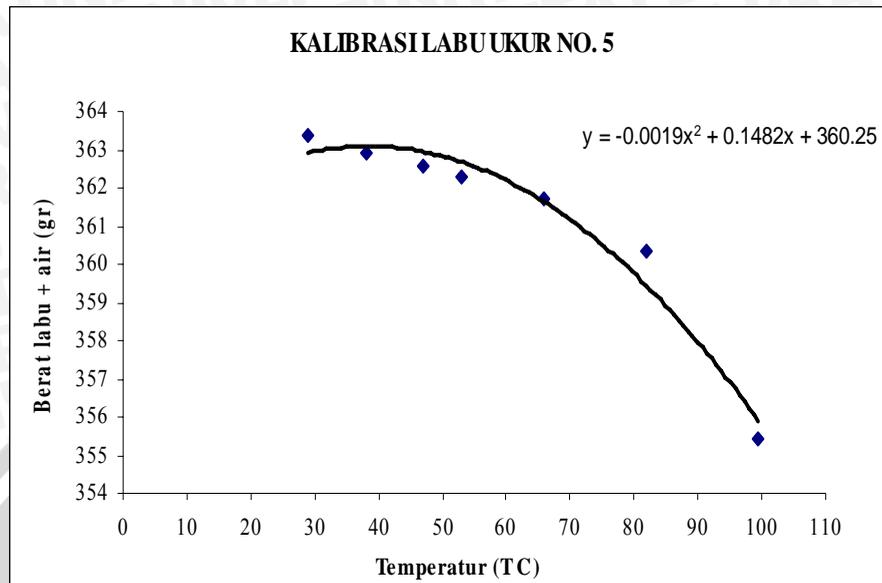
Pemeriksaan	Labu ukur 4		Labu ukur 5	
	Berat labu ukur +air (gr)	Temperatur (°C)	Berat labu ukur +air (gr)	Temperatur (°C)
1	352.22	97	355.44	99.5
2	355.36	84	360.33	82
3	356.8	74	361.7	66
4	357.37	66	362.26	53
5	358.15	57	362.58	47
6	359.1	46.5	362.89	38
7	359.94	29	363.39	29

Di bawah ini merupakan grafik hubungan berat picnometer + air dengan temperatur :



Gambar 4.3: Grafik kalibrasi labu ukur no. 4





Gambar 4.4: Grafik kalibrasi labu ukur no. 5

Sampel tanah pasir yang digunakan sebanyak 50 gram dan telah lolos saringan No. 40. Tanah pasir dimasukkan dalam picnometer dan ditambah air suling sampai picnometer terisi ± 2/3 tinggi picnometer. Kemudian dipanaskan sampai mendidih selama ± 10 menit dan didinginkan. Selanjutnya ditambah air lalu ditimbang beratnya. Untuk hasil pemeriksaan berat jenisnya ditunjukkan oleh tabel 4.4.

Tabel 4.4. Pemeriksaan berat jenis tanah

Labu ukur no.		4			5		
Berat labu + air + tanah (W <sub>1</sub> )	gr	388.26	390.8	391.55	391.98	394.54	395.62
Temperatur T° C	°C	62	52	41	60	50	40
Berat labu + air (W <sub>2</sub> )	gr	357.8362	358.7652	359.4406	362.302	362.91	363.138
Dish no.		16			17		
Berat Dish + tanah kering	gr	55.63			55.63		
Berat Dish	gr	5.63			5.63		
Berat tanah kering (W <sub>s</sub> )	gr	50			50		
Berat jenis air pada T° C (G <sub>t</sub> )		0.9822	0.9872	0.9919	0.9832	0.9881	0.9922
Berat jenis tanah (G <sub>s</sub> )		2.5087	2.7475	2.7721	2.4191	2.6894	2.8319
Berat jenis rata-rata		2.6761			2.6468		

Dari pemeriksaan berat jenis tanah yang telah dirata-rata, diperoleh nilai G<sub>s</sub>=2,6615. Menurut Joseph E. Bowles (1997:28) tanah pasir memiliki nilai G<sub>s</sub>



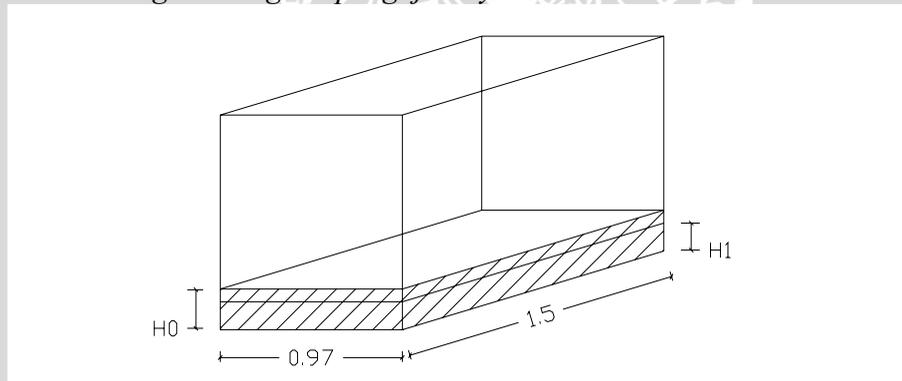
antara 2,65-2,68. Sehingga dari hasil pemeriksaan, tanah ini dapat diklasifikasikan sebagai tanah pasir.

#### 4.1.1.3 Pra Penelitian Pemadatan

Sebelum pengujian kadar air dan kuat geser, terlebih dahulu dilakukan pra penelitian pemadatan yang berfungsi untuk menentukan kepadatan rencana ( $\gamma_t$  kontrol) dari tanah pasir setelah dipadatkan dalam boks uji, agar nantinya  $\gamma_t$  kontrol ini dapat digunakan untuk mengontrol kepadatan tanah pada saat uji direct shear.

Pra penelitian ini hanya dilakukan satu kali yaitu untuk layer pertama dengan tebal layer adalah 15 cm. Agar mendapatkan kepadatan yang sama untuk semua layer, maka harus ditentukan berat tanah pasir yang harus dimasukkan ke dalam boks uji tiap layer ( $W_{\text{perlu}}$ ). Dengan perlakuan pemadatan yang sama maka kepadatan tanah untuk semua layer akan sama.

Berikut adalah langkah-langkah pengujiannya :



Gambar 4.5 : Penampang boks uji

- Menimbang tanah pasir seberat  $W$ , dimana :

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

$$V_1 = H_0 \times 0,97 \times 1,5 = 0,15 \times 0,97 \times 1,5 = 0,2183 \text{ m}^3$$

$$\text{Dari uji sand cone } \gamma_{\text{pasir}} = 1470 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{sehingga } W = 0,2183 \times 1470 = 320,9010 \text{ kg}$$

- Memasukkan tanah pasir seberat  $W$  ke dalam boks uji dan dipadatkan.
- Pemadatan dilakukan dengan cara menjatuhkan plat baja berukuran 20x20 cm dengan berat 3,195 kg setinggi 30 cm dan sebanyak 15 kali.

- d. Akibat dari pemadatan maka ketinggian (tebal) tanah berkurang dari  $H_0$  menjadi  $H_1$ .

Berikut adalah perubahan ketinggian tanah ( $\Delta h$ ) setelah dipadatkan :

**Tabel 4.5. Perubahan ketinggian tanah ( $\Delta h$ )**

No.	Samping (cm)	Tengah (cm)
1	1.5	1
2	1.4	1.1
3	1.3	1.3
4	1.1	1.4
5	1.2	1.1
6	1.3	1
7	1.1	1.3
8	1.5	1.2
9	1.7	1.6
10	1.2	1.3

Nilai tersebut dirata-rata, sehingga diperoleh  $\Delta h_{\text{rata-rata}} = 1,28 \text{ cm}$

- e. Berat isi tanah setelah dipadatkan adalah :

$$H_1 = 15 - 1,28 = 13,72 \text{ cm} = 0,1372 \text{ m}$$

$$V_2 = H_1 \times 0,97 \times 1,5 = 0,1372 \times 0,97 \times 1,5 = 0,1996 \text{ m}^3$$

Sehingga :  $\gamma_t = \frac{W}{V_2}$  .....  $\gamma_t$  : berat isi tanah setelah dipadatkan

$$\gamma_t = \frac{349,2}{0,1996} = 1749,4989 \text{ kg/m}^3 = 1,7495 \text{ gr/cm}^3$$

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

$$W_{\text{perlu}} = \gamma_t \times V_1 = 1749,4989 \text{ kg/m}^3 \times 0,2183 \text{ m}^3 = 381,9156 \text{ kg}$$

Jadi  $W_{\text{perlu}}$  yang harus ditambahkan tiap layer adalah 381,9156 kg dan besarnya kepadatan rencana ( $\gamma_{t \text{ kontrol}}$ ) adalah  $1749,4989 \text{ kg/m}^3$

#### 4.1.1.4 Pemeriksaan Kadar Air

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar air tanah, dimana kadar air merupakan perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat tanah tersebut dalam persen.

Untuk pengujian kadar air ini diambil tiap layer dari tanah yang telah dipadatkan. Jumlah sampel tanah yang dipakai adalah 3 sampel dan diambil di bagian pojok dari boks uji agar tidak mengganggu bagian tanah lain yang telah dipadatkan.

Dari hasil pengujian, diperoleh kadar air rata-rata untuk pra penelitian sebagai berikut :

**Tabel 4.6. Pengujian kadar air (Pra Penelitian)**

No.	No. cawan (Layer 1)		4	37	42	20
1	Berat cawan	gr	5,66	5,55	5,62	5,68
2	Berat cawan + tanah basah	gr	25,96	33,45	28,61	40,94
3	Berat cawan + tanah kering	gr	24,61	32,15	27,26	39,57
4	Berat air (2 - 3)	gr	1,35	1,3	1,35	1,37
5	Berat tanah kering (3 - 1)	gr	18,95	26,6	21,64	33,89
6	Kadar air ( $\omega = 4/5 \times 100\%$ )	%	7,124	4,887	6,238	4,042
7	$\omega$ rata-rata	%	6,083			

Sedangkan untuk tanah tanpa perkuatan, nilai kadar air rata-rata ditunjukkan oleh tabel 4.7.

**Tabel 4.7. Pengujian kadar air (Tanpa Perkuatan)**

No.	No. cawan (Layer 1)		37	5	30
1	Berat cawan	gr	5,55	5,72	5,74
2	Berat cawan + tanah basah	gr	36,87	34,68	41,23
3	Berat cawan + tanah kering	gr	34,99	32,67	39,38
4	Berat air (2 - 3)	gr	1,88	2,01	1,85
5	Berat tanah kering (3 - 1)	gr	29,44	26,95	33,64
6	Kadar air ( $\omega = 4/5 \times 100\%$ )	%	6,3859	7,4583	5,4994
7	$\omega$ rata-rata	%	6,4478		

No.	No. cawan (Layer 2)		15	52	64
1	Berat cawan	gr	5,66	5,80	4,18
2	Berat cawan + tanah basah	gr	44,23	46,51	43,21
3	Berat cawan + tanah kering	gr	42,12	44,15	41,06
4	Berat air (2 - 3)	gr	2,11	2,36	2,15
5	Berat tanah kering (3 - 1)	gr	36,46	38,35	36,88
6	Kadar air ( $\omega = 4/5 \times 100\%$ )	%	5,7872	6,1538	5,8297
7	$\omega$ rata-rata	%	5,9236		

No.	No. cawan (Layer 3)		20	17	29
1	Berat cawan	gr	5,69	5,79	5,61
2	Berat cawan + tanah basah	gr	42,36	45,51	43,69
3	Berat cawan + tanah kering	gr	40,51	43,67	41,52
4	Berat air (2 - 3)	gr	1,85	1,84	2,17
5	Berat tanah kering (3 - 1)	gr	34,82	37,88	35,91
6	Kadar air ( $\omega = 4/5 \times 100\%$ )	%	5,3130	4,8574	6,0429
7	$\omega$ rata-rata	%	5,4045		

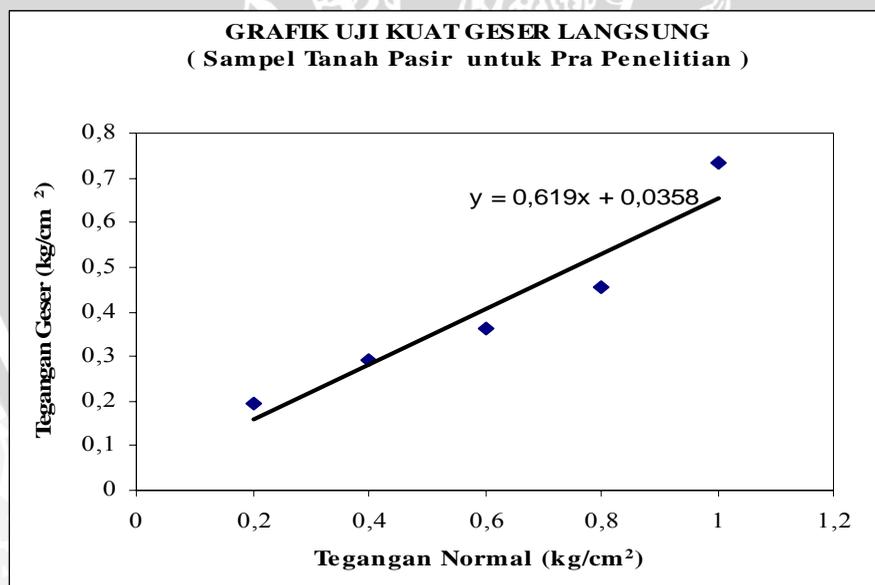
No.	No. cawan (Layer 4)		38	35	28
1	Berat cawan	gr	5,62	5,56	5,64
2	Berat cawan + tanah basah	gr	36,65	37,89	41,13
3	Berat cawan + tanah kering	gr	34,80	36,14	39,24
4	Berat air (2 - 3)	gr	1,85	1,75	1,89
5	Berat tanah kering (3 - 1)	gr	29,18	30,58	33,60
6	Kadar air ( $\omega = 4/5 \times 100\%$ )	%	6,3400	5,7227	5,6250
7	$\omega$ rata-rata	%	5,8959		

No.	Layer		1	2	3	4
1	Kadar air ( $\omega$ )	%	6,4478	5,9236	5,4045	5,8959
2	$\omega$ rata-rata	%	5,9179			

#### 4.1.1.5 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 sampel tanah pasir dengan beban seberat 0,4 kg; 0,8 kg; 1,2 kg; 1,6 kg; dan 2 kg. Dari pembebanan tersebut akan didapatkan nilai tegangan geser untuk masing-masing beban.

Nilai-nilai tegangan yang dihasilkan kemudian digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.6 : Grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser

Dari grafik uji kuat geser yang telah diregresi, didapatkan nilai kohesi tanah ( $c$ ) sebesar 0,0358 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai sudut geser tanah ( $\phi$ ) sebesar 31,758°. Dengan nilai kohesi yang kecil (mendekati nol) dan sudut geser tanah antara 30,0°-31,9°

(Head,1982:527), maka tanah tersebut dapat diklasifikasikan sebagai tanah pasir, khususnya tanah pasir lepas (*loose sand*).

Berikut ini adalah hasil rekapitulasi dari pengujian kuat geser langsung (*direct shear test*).

**Tabel 4.8. Rekapitulasi pengujian kuat geser langsung**

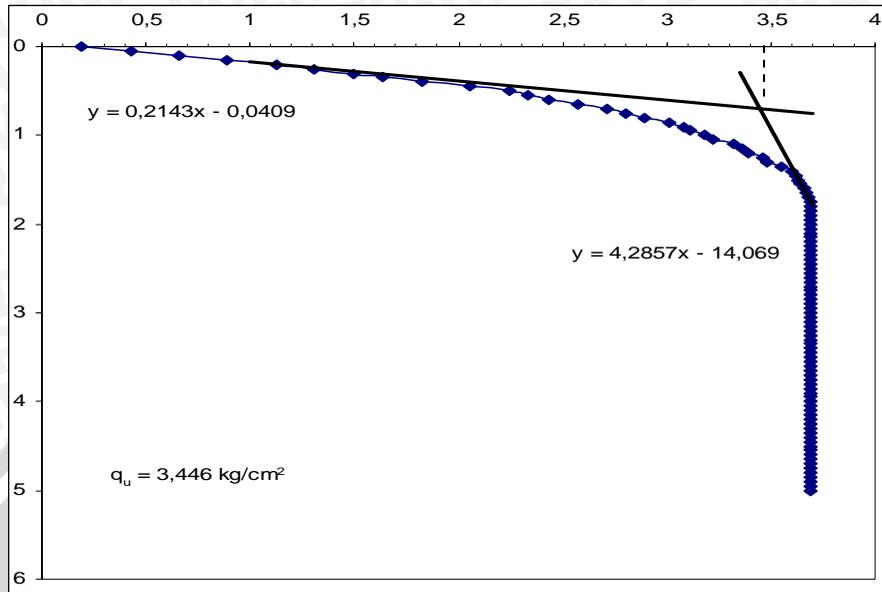
Variasi benda uji	Jarak lapis (cm)	Sudut geser ( $\emptyset$ ) (deg)	Kohesi (c) (kg/cm <sup>2</sup> )
Pra penelitian	-	31,758	0,0358
Tanpa perkuatan	-	31,283	0,0810
1 lapis - luas 60 x 60 cm <sup>2</sup>	5	31,811	0,0519
2 lapis - luas 60 x 60 cm <sup>2</sup>	5	31,283	0,1203
3 lapis - luas 60 x 60 cm <sup>2</sup>	5	31,811	0,1152
4 lapis - luas 60 x 60 cm <sup>2</sup>	5	31,811	0,1633
5 lapis - luas 60 x 60 cm <sup>2</sup>	5	31,811	0,0620
1 lapis - luas 70 x 70 cm <sup>2</sup>	5	31,417	0,0753
2 lapis - luas 70 x 70 cm <sup>2</sup>	5	31,018	0,0836
3 lapis - luas 70 x 70 cm <sup>2</sup>	5	31,549	0,0823
4 lapis - luas 70 x 70 cm <sup>2</sup>	5	30,753	0,0544
5 lapis - luas 70 x 70 cm <sup>2</sup>	5	31,549	0,0722
1 lapis - luas 80 x 80 cm <sup>2</sup>	5	31,550	0,1165
2 lapis - luas 80 x 80 cm <sup>2</sup>	5	31,679	0,0348
3 lapis - luas 80 x 80 cm <sup>2</sup>	5	31,811	0,0418
4 lapis - luas 80 x 80 cm <sup>2</sup>	5	31,811	0,1190
5 lapis - luas 80 x 80 cm <sup>2</sup>	5	30,976	0,0339

#### 4.1.1.6 Percobaan Pembebanan (*Loading Test*)

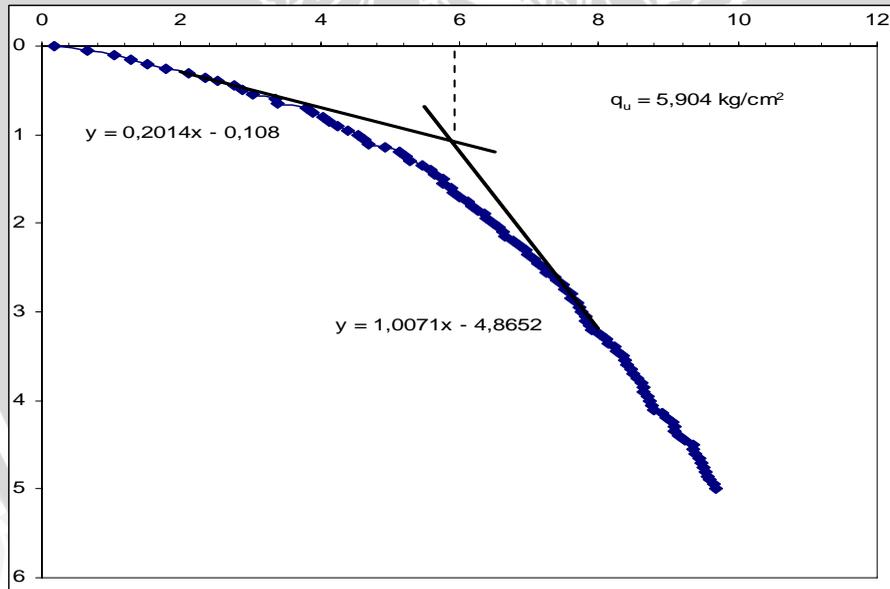
Uji pembebanan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai daya dukung tanah dan besarnya penurunan yang terjadi pada tanah akibat pembebanan pada pondasi. Benda uji yang ada adalah sebanyak 16 benda uji yang terdiri dari 15 variasi perkuatan tanah dan 1 benda uji tanpa perkuatan tanah. Variasi yang dipakai dalam benda uji adalah variasi luas dan jumlah lapis material perkuatan dengan jarak lapis yang sama yaitu sebesar 5 cm, dimana jumlah lapis berkisar antara 1 sampai 5 lapis dengan luas yang dipakai adalah (60 x 60) cm<sup>2</sup>, (70 x 70) cm<sup>2</sup> dan (80 x 80) cm<sup>2</sup>.

Dalam uji pembebanan pada pondasi, dipakai model pondasi persegi dengan dimensi  $B \times L = (10 \times 10) \text{ cm}^2$ , yang diletakkan dalam boks uji dengan luas permukaan sebesar  $(150 \times 97) \text{ cm}^2$  dan mempunyai kedalaman tanah sebesar 60 cm. Sebagai analogi beban yang bekerja pada pondasi adalah sebuah dongkrak hidrolik yang dikerjakan sebagai beban dan sebuah *proving ring* dipasang untuk mengetahui besarnya strip beban yang akan dikalibrasi pada saat analisis data dengan faktor kalibrasi alat sebesar 23,33 dimana nantinya akan didapatkan besaran beban sebenarnya dalam satuan kilogram. Di lain hal, penurunan yang terjadi diukur seiring dengan proses pembebanan pada pondasi dengan menggunakan *dial gauge* yang dipasang pada model pondasi, dimana pembacaan penurunan adalah setiap penurunan 0,5 mm.

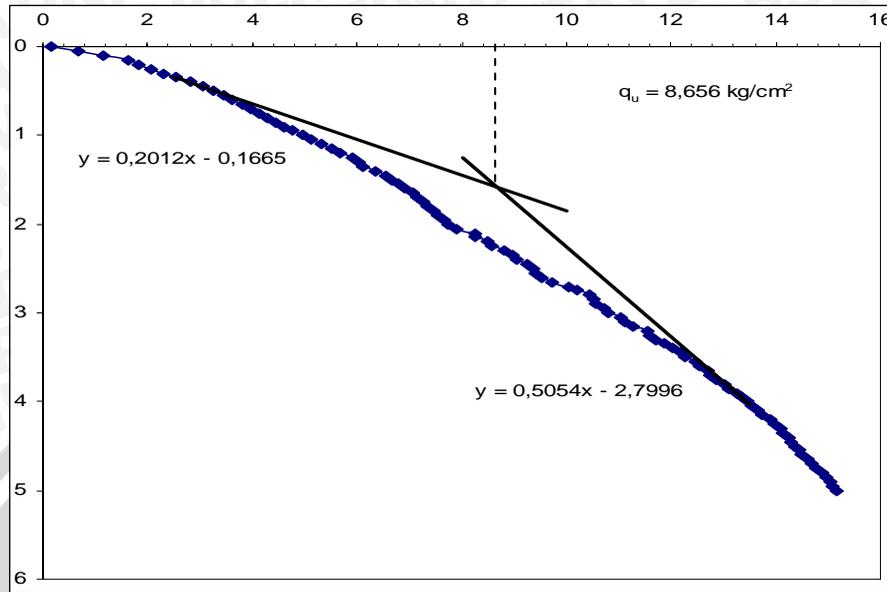
Pada saat pengujian pembebanan, proses pengerjaan beban dibatasi sampai dengan penurunan pondasi sebesar 50%B untuk mendapatkan data sebagai dasar penentuan daya dukung *ultimate*. Dalam penelitian ini, dasar penentuan daya dukung *ultimate* ( $q_{ult}$ ) adalah menggunakan metode yang diusulkan oleh 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 lurus pada bagian vertikal dan horisontal 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 yang dihasilkan mempunyai nilai regresi mendekati 1 (satu). Pada titik perpotongan 2 garis lurus, kemudian ditarik 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.



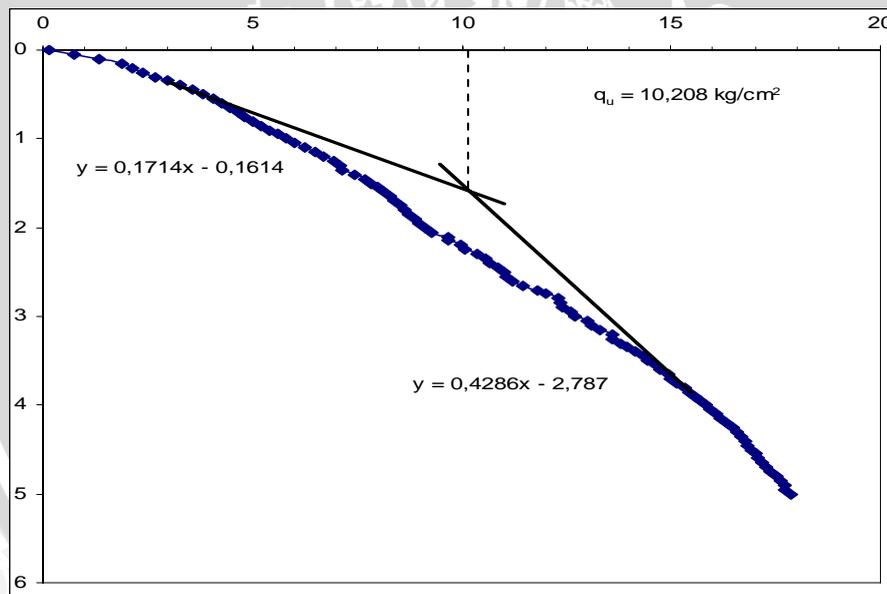
Gambar 4.7 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan untuk tanah pasir lepas tanpa perkuatan.



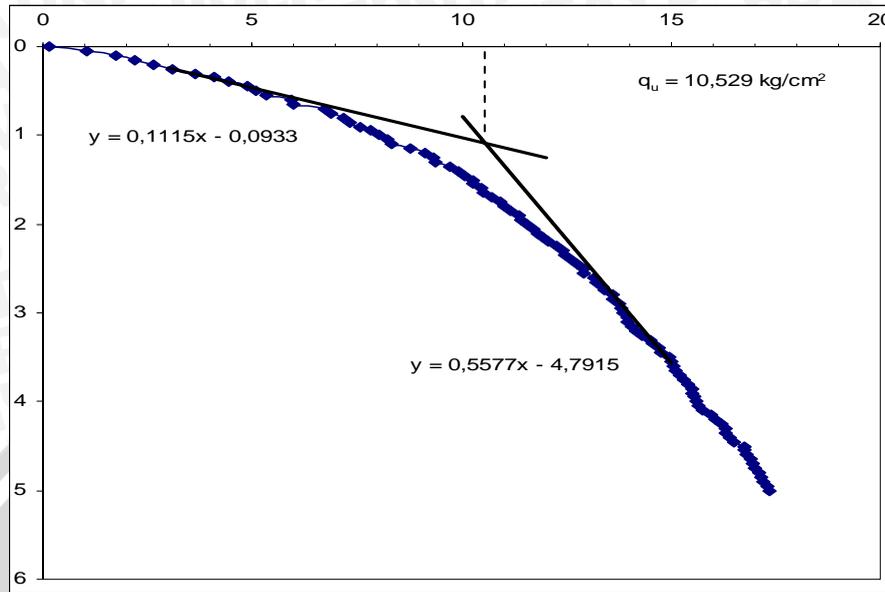
Gambar 4.8 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan variasi luas 60x60 cm<sup>2</sup> – 1 lapis.



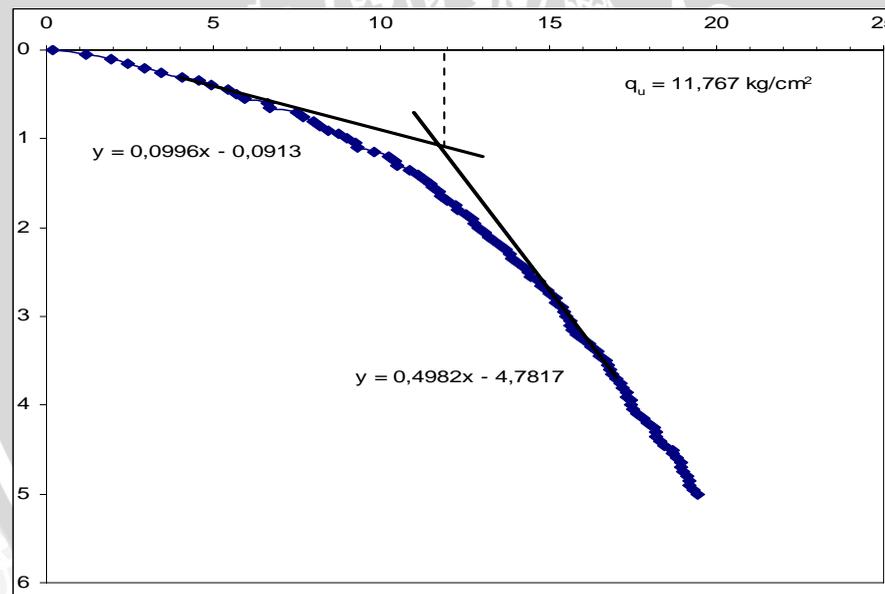
Gambar 4.9 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan variasi luas  $60 \times 60 \text{ cm}^2$  – 2 lapis.



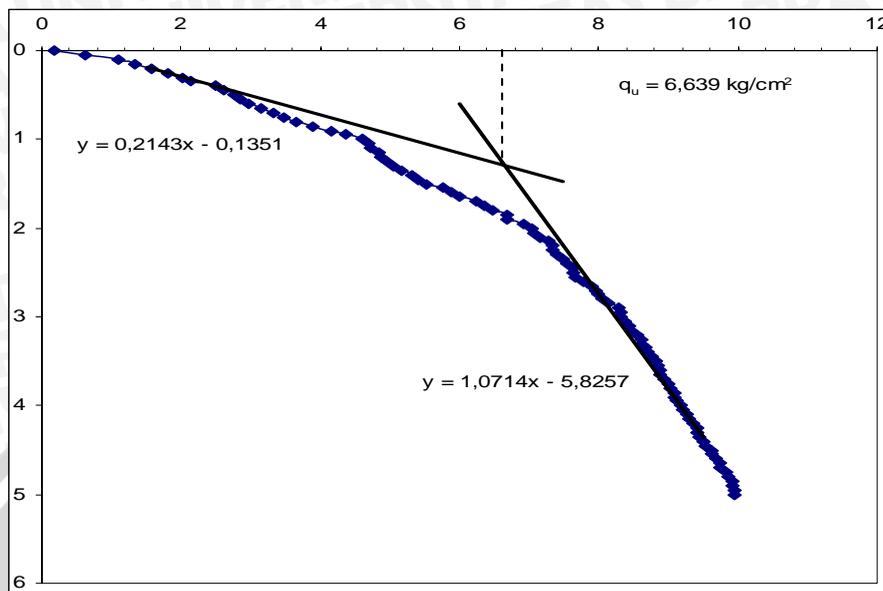
Gambar 4.10 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan variasi luas  $60 \times 60 \text{ cm}^2$  – 3 lapis



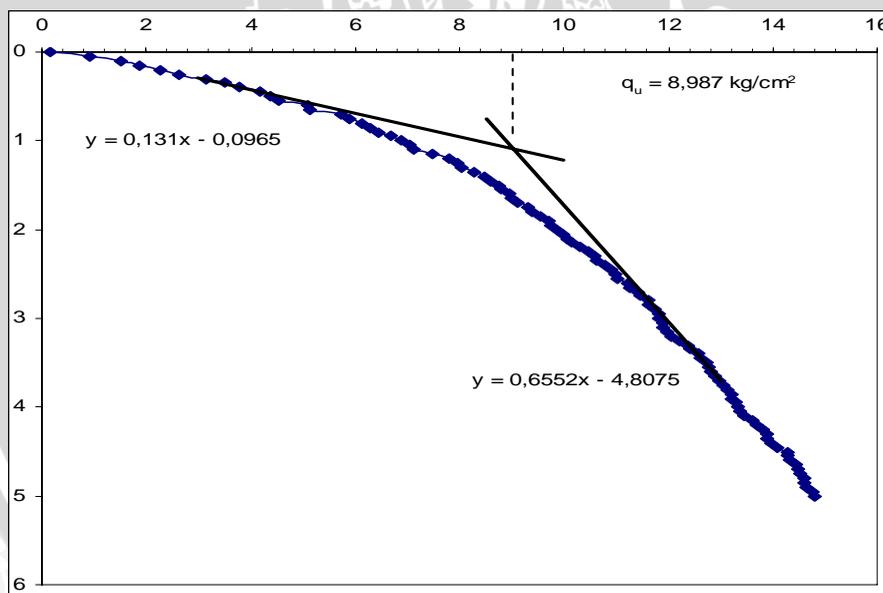
Gambar 4.11 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan variasi luas 60x60 cm<sup>2</sup> – 4 lapis.



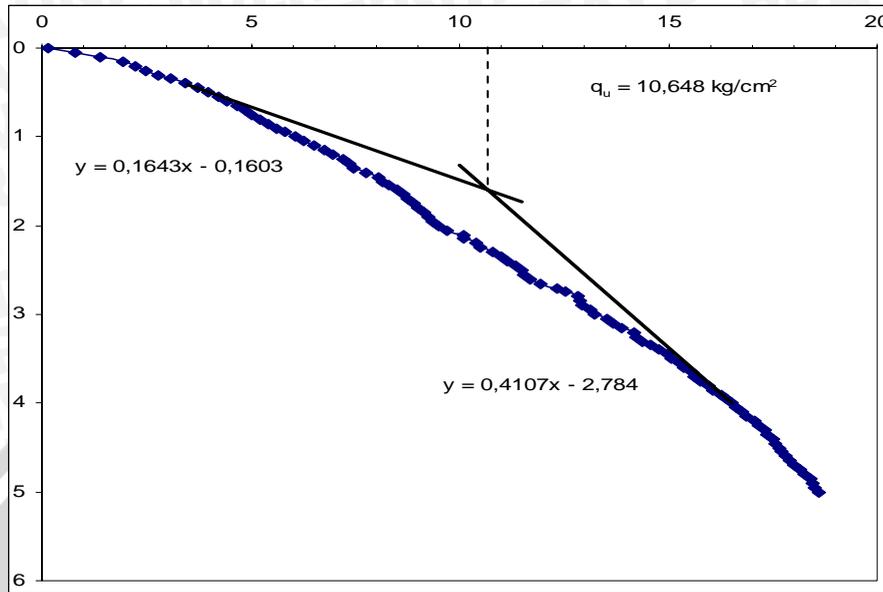
Gambar 4.12 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan variasi luas 60x60 cm<sup>2</sup> – 5 lapis.



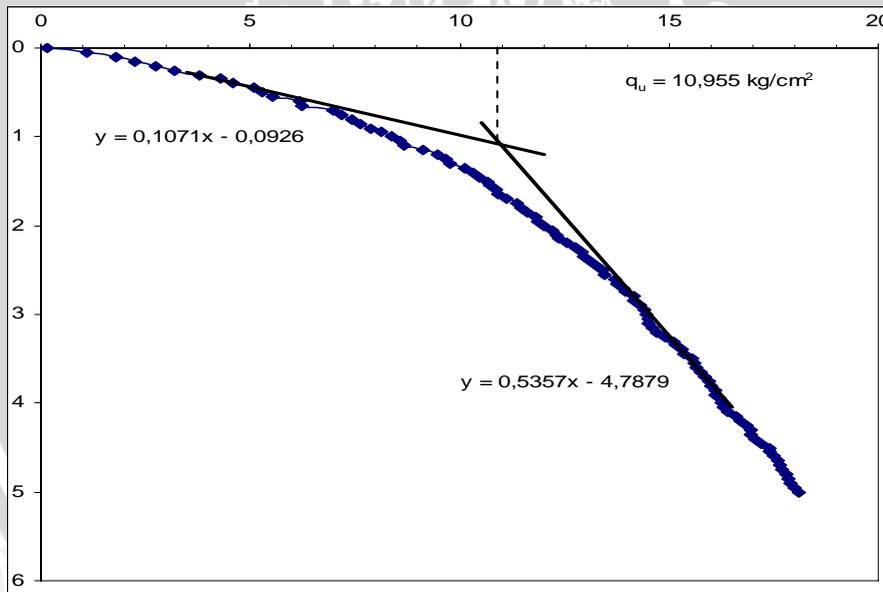
Gambar 4.13 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan variasi luas 70x70 cm<sup>2</sup> – 1 lapis.



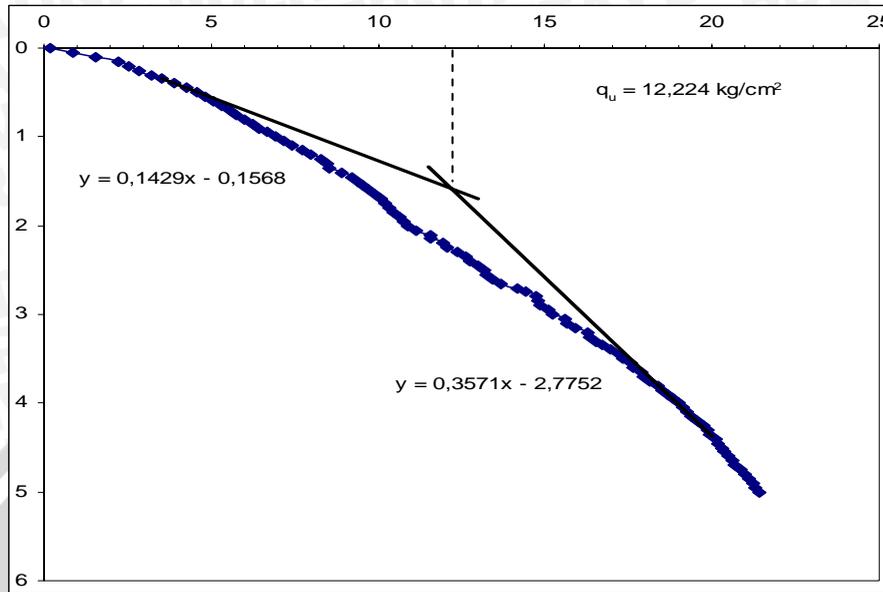
Gambar 4.14 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan variasi luas 70x70 cm<sup>2</sup> – 2 lapis



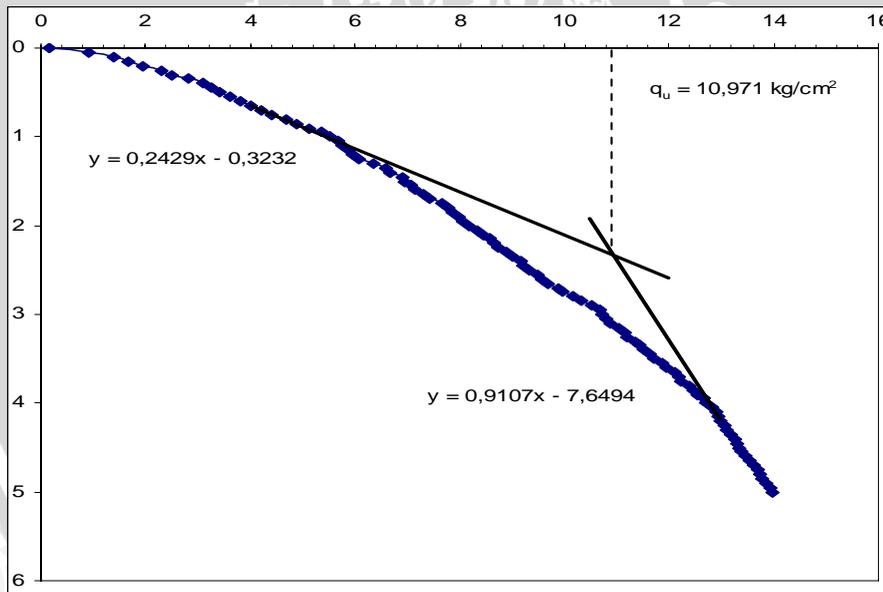
Gambar 4.15 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan variasi luas 70x70 cm<sup>2</sup> – 3 lapis.



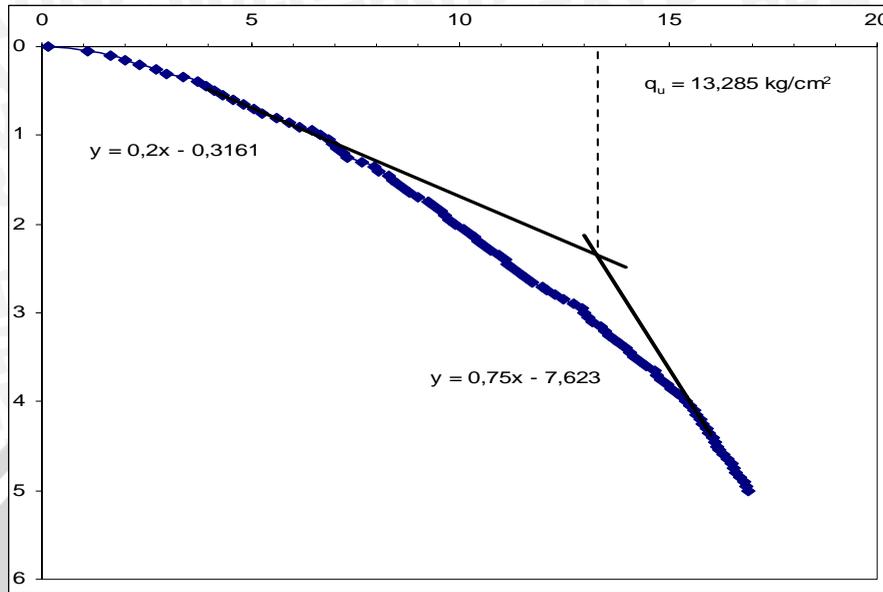
Gambar 4.16 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan variasi luas 70x70 cm<sup>2</sup> – 4 lapis.



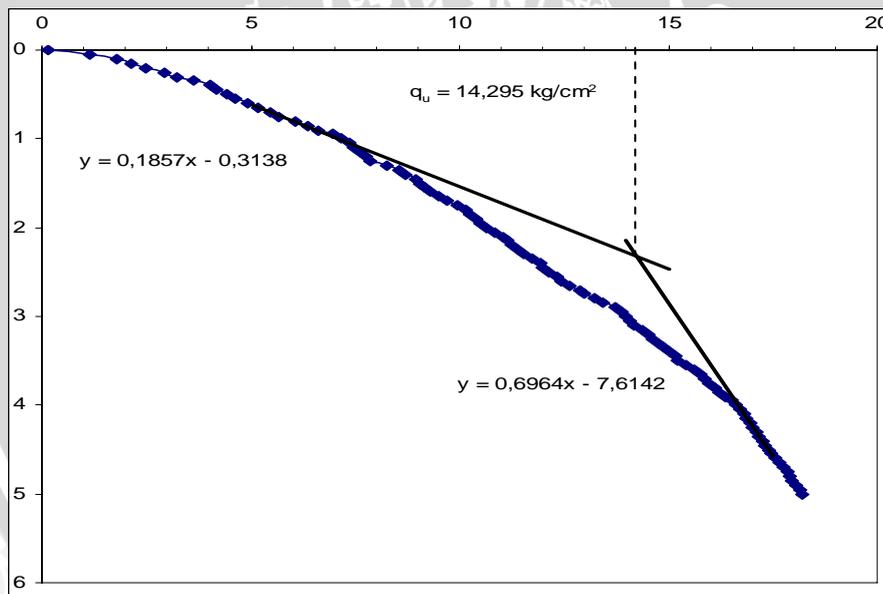
Gambar 4.17 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan variasi luas 70x70 cm<sup>2</sup> – 5 lapis.



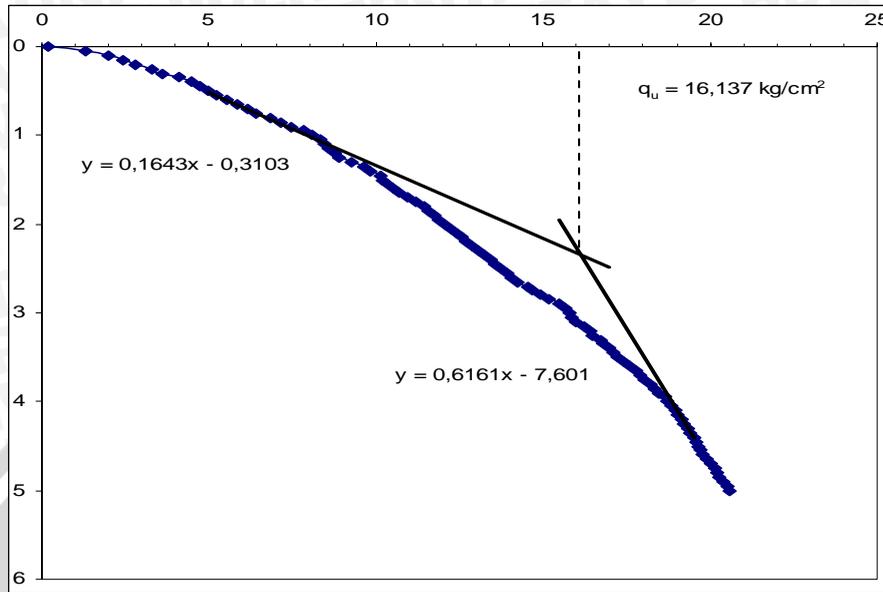
Gambar 4.18 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan variasi luas 80x80 cm<sup>2</sup> – 1 lapis.



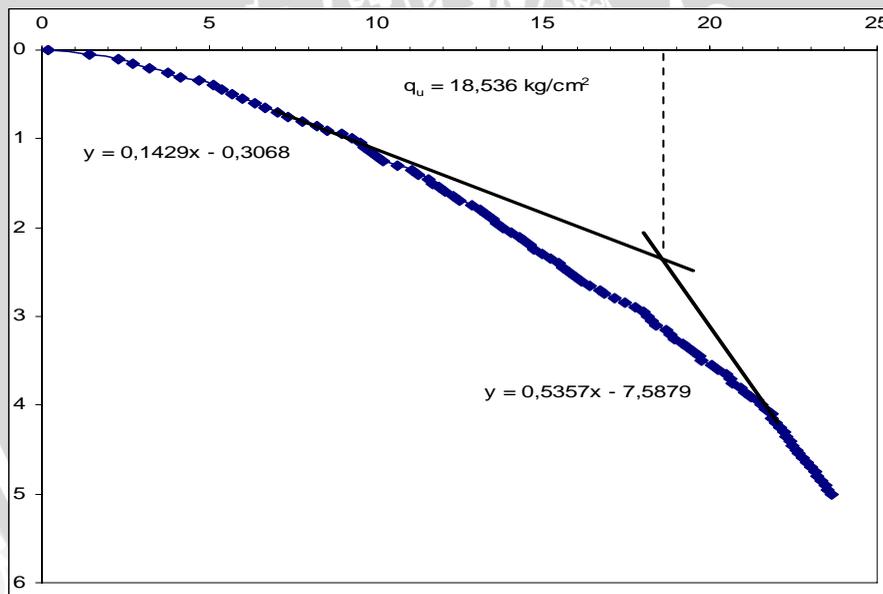
Gambar 4.19 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan variasi luas 80x80 cm<sup>2</sup> – 2 lapis.



Gambar 4.20 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan variasi luas 80x80 cm<sup>2</sup> – 3 lapis.



Gambar 4.21 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan variasi luas  $80 \times 80 \text{ cm}^2$  - 4 lapis.



Gambar 4.22 : Grafik hubungan daya dukung tanah - penurunan variasi luas  $80 \times 80 \text{ cm}^2$  - 5 lapis.

#### 4.1.1.7 Rasio Daya Dukung

Untuk peningkatan daya dukung akibat adanya 5 (lima) lapis anyaman bambu dengan beberapa variasi luas dan jumlah lapis, dapat dilihat dari perhitungan *Bearing Capacity Ratio* (BCR) yang ditentukan atas dasar kriteria beban batas yang terjadi. Besarnya rasio daya dukung dapat dilihat pada tabel 4.9 dan 4.10.

**Tabel 4.9. Rasio daya dukung terhadap daya dukung batas akibat variasi Luas**

Luas	Jumlah Lapis	$q_u$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	BCR ( $q_u/q_0$ )
Tanpa anyaman bambu	-	3,446	1
(60x60) cm <sup>2</sup>	1	5,904	1,713
	2	8,656	2,512
	3	10,208	2,962
	4	10,529	3,055
	5	11,767	3,415
(70x70) cm <sup>2</sup>	1	6,639	1,927
	2	8,987	2,608
	3	10,648	3,09
	4	10,955	3,179
	5	12,224	3,547
(80x80) cm <sup>2</sup>	1	10,971	3,184
	2	13,285	3,855
	3	14,295	4,148
	4	16,137	4,683
	5	18,536	5,379

**Tabel 4.10. Rasio daya dukung terhadap daya dukung batas akibat variasi Jumlah Lapis**

Jumlah Lapis	Luas	$q_u$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	BCR ( $q_u/q_0$ )
Tanpa anyaman bambu	-	3,446	
1	(60x60) cm <sup>2</sup>	5,904	1,713
	(70x70) cm <sup>2</sup>	6,639	1,927
	(80x80) cm <sup>2</sup>	10,971	3,184
2	(60x60) cm <sup>2</sup>	8,656	2,512
	(70x70) cm <sup>2</sup>	8,987	2,608
	(80x80) cm <sup>2</sup>	13,285	3,855
3	(60x60) cm <sup>2</sup>	10,208	2,962
	(70x70) cm <sup>2</sup>	10,648	3,09
	(80x80) cm <sup>2</sup>	14,295	4,148

4	(60x60) cm <sup>2</sup>	10,529	3,055
	(70x70) cm <sup>2</sup>	10,955	3,179
	(80x80) cm <sup>2</sup>	16,137	4,683
5	(60x60) cm <sup>2</sup>	11,767	3,415
	(70x70) cm <sup>2</sup>	12,224	3,547
	(80x80) cm <sup>2</sup>	18,536	5,379

#### 4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Dari hasil percobaan di laboratorium dan analisis data, maka karakteristik tanah yang digunakan sebagai subgrade 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 tanahnya tertahan saringan No. 200 (0,075 mm). Sedangkan pada saringan No. 4 (4,75 mm) jumlah partikel-partikel kasar yang lolos saringan tersebut adalah lebih dari 50 % yaitu 98,28 % dan 98,23 %, sehingga tanah tersebut dapat digolongkan sebagai tanah pasir. Untuk persentase butir halus dari tanah tersebut adalah 4,828 % dan 3,754 % (nilai ini kurang dari 5%) dan tidak memenuhi persyaratan nilai  $C_u$  (4,545 dan 4,25) atau nilai  $C_c$  (0,9618 dan 0,864) untuk SW, yaitu  $C_u > 6$  dan  $C_c$  untuk rentang  $1 < C_c < 3$ . Sehingga tanah pasir tersebut tergolong dalam jenis tanah SP atau pasir bergradasi jelek, pasir berkerikil, sedikit atau tanpa butiran halus.
2. Untuk pemeriksaan berat jenis tanah (*specific gravity*), diperoleh nilai  $G_s = 2,6615$ . 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 1,7495 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan untuk uji direct shear, diperoleh nilai sudut geser tanah ( $\phi$ ) antara

30,0°-31,9°. Nilai sudut geser ini apabila dikorelasikan dengan grafik hubungan sudut geser dengan kerapatan relatif, maka tanah pasir yang diuji termasuk tanah pasir lepas dengan nilai kerapatan relatif ( $D_r$ ) antara 0% - 30% (Head, 1982:527).

Untuk hasil pengujian pembebanan (*loading test*) pada tanah pasir tanpa perkuatan, didapatkan daya dukung ultimit ( $q_{ult}$ ) sebesar 3,446 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk perhitungan daya dukung ultimit secara teoritis, diperoleh  $q_{ult}$  yang nilainya lebih kecil bila dibandingkan dengan hasil percobaan. Adanya ketidaksamaan hasil teoritis dan percobaan ini mungkin disebabkan kurang akuratnya alat dan pembacaan. Dari empat teori analisis yang digunakan, teori Meyerhof yang memberikan hasil lebih besar bila dibandingkan dengan teori Terzaghi, 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 4.11. Daya dukung ultimit menurut hasil percobaan dan beberapa teori**

Daya dukung (kg/cm <sup>2</sup> )				
Lab. Test	Teori analisis			
	Terzaghi	Meyerhof	Hansen	Vesic
3,446	4,550	7,225	4,546	4,588

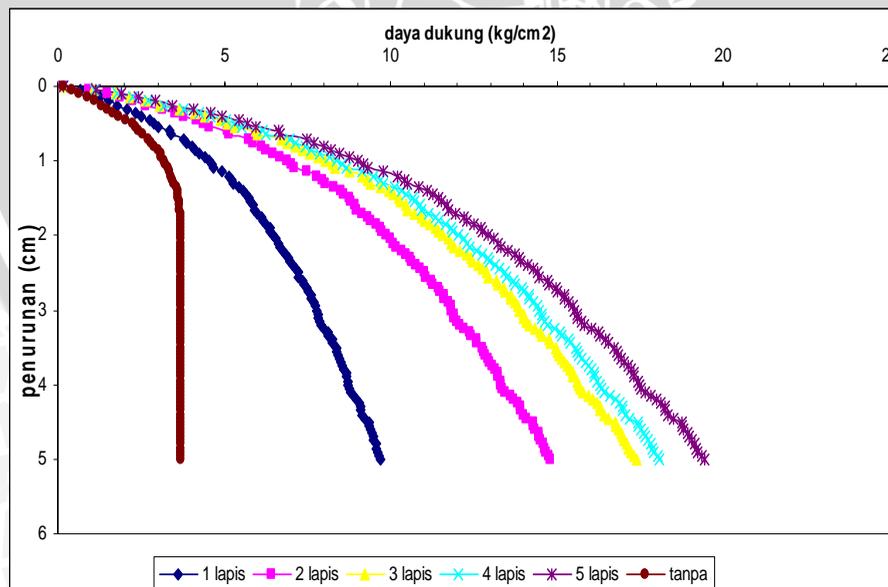
#### **4.2.1 Pengaruh Variasi Jumlah Lapis Anyaman Bambu terhadap Daya Dukung Batas**

Anyaman bambu memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap peningkatan daya dukung pada tanah pasir, meski dalam beberapa kasus memberikan kontribusi yang cukup sedikit. Hal ini dapat dilihat dari tabel 4.12 di bawah ini yang menunjukkan prosentase peningkatan daya dukung ultimit akibat variasi jumlah lapis anyaman bambu.

**Tabel 4.12. % Peningkatan daya dukung ultimit akibat variasi jumlah lapis anyaman bambu**

Jumlah Lapis	Luas (60x60) cm <sup>2</sup>			Luas (70x70) cm <sup>2</sup>			Luas (80x80) 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	3,446	1		3,446	1		3,446	1	
1	5,904	1,713	71,329	6,639	1,927	92,658	10,971	3,184	218,369
			79,861						
2	8,656	2,512	151,190	8,987	2,608	160,795	13,285	3,855	285,519
			45,038			48,201			29,309
3	10,208	2,962	196,228	10,648	3,090	208,996	14,295	4,148	314,829
			9,315			8,909			53,453
4	10,529	3,055	205,543	10,955	3,179	217,905	16,137	4,683	368,282
			35,926			36,825			69,617
5	11,767	3,415	241,468	12,224	3,547	254,730	18,536	5,379	437,899

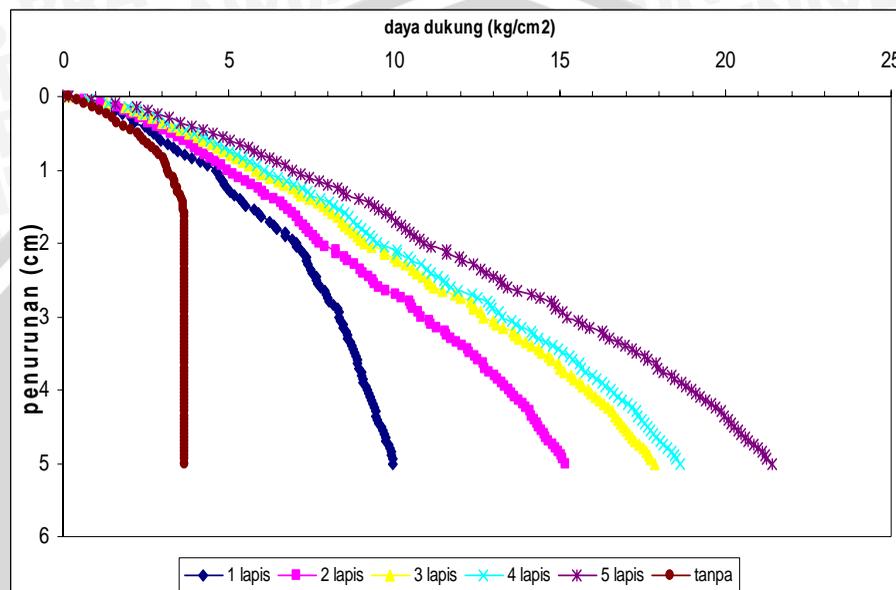
Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa untuk perkuatan jumlah 1 lapis, anyaman bambu dengan luasan (60x60) cm<sup>2</sup> menunjukkan peningkatan daya dukung yang cukup besar, yaitu 71,329 %. Kemudian penambahan perkuatan menjadi 2 lapis ternyata masih efektif karena memberikan peningkatan sebesar 151,190 %. Dengan penambahan 3 lapis juga masih efektif memberikan kontribusi yang nyata hingga 5 lapis yang mengalami peningkatan 241,468 %. Grafik hubungan daya dukung terhadap penurunan dengan luas (60x60) cm<sup>2</sup> akibat variasi jumlah lapis anyaman bambu ditunjukkan oleh gambar 4.17 berikut ini.



Gambar 4.23 : Grafik hubungan daya dukung - penurunan dengan luas (60x60) cm<sup>2</sup> akibat variasi jumlah lapis.

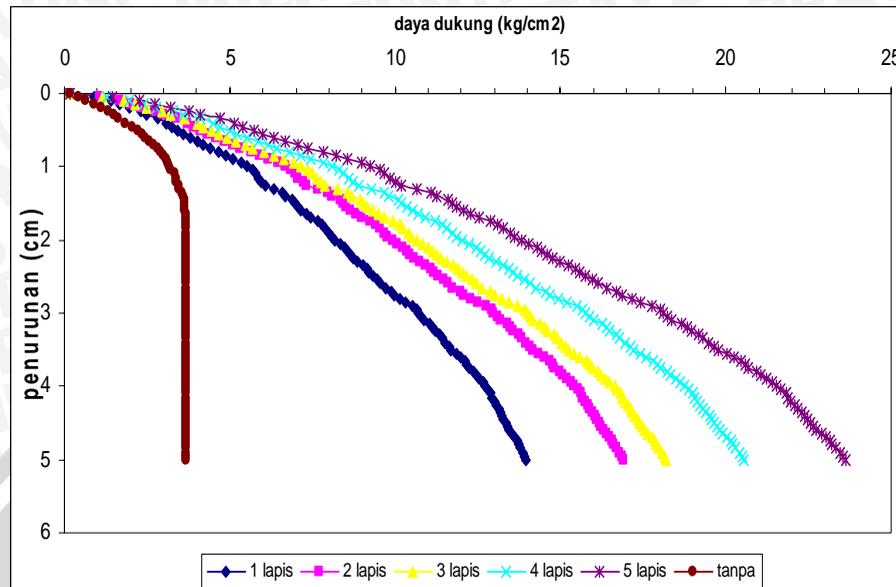
Kemudian anyaman bambu dengan luasan (70x70) cm<sup>2</sup> juga mengalami peningkatan daya dukung ultimit sebesar 92,658 % pada 1 lapis perkuatan. Pada saat

penambahan menjadi 2 lapis, daya dukungnya meningkat 160,795 %. Dan meningkat lagi menjadi 208,996 % ketika ditambah menjadi 3 lapis. Penambahan jumlah lapis masih efektif hingga 5 lapis perkuatan yang mengalami peningkatan 254,730 %. Berikut adalah grafik hubungan daya dukung terhadap penurunannya.



Gambar 4.24 : Grafik hubungan daya dukung - penurunan dengan luas  $(70 \times 70)$  cm<sup>2</sup> akibat variasi jumlah lapis.

Seperti halnya dengan luasan  $(60 \times 60)$  cm<sup>2</sup> dan  $(70 \times 70)$  cm<sup>2</sup>, untuk luas  $(80 \times 80)$  cm<sup>2</sup> juga mengalami peningkatan daya dukung ultimit akibat perkuatan 1 lapis sebesar 218,369 % dari daya dukung ultimit tanpa perkuatan. Kemudian adanya penambahan jumlah lapis menjadi 2 lapis, meningkatkan daya dukung ultimit sebesar 285,519 % dan meningkat lagi menjadi 314,829 % ketika lapisnya menjadi 3 lapis. Demikian juga pada penambahan jumlah 4 lapis hingga 5 lapis masih dapat dikatakan cukup efektif karena daya dukung ultimit meningkat menjadi 437,899 % dari daya dukung ultimit tanpa perkuatan. Di bawah ini adalah grafik hubungan daya dukung terhadap penurunannya akibat variasi jumlah lapis.



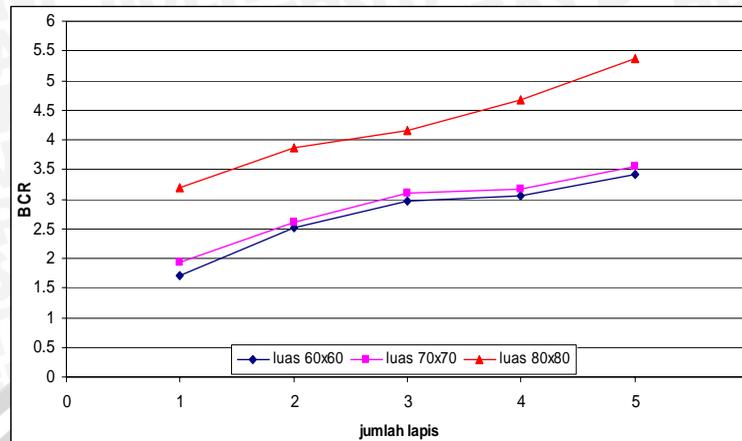
Gambar 4.25 : Grafik hubungan daya dukung - penurunan dengan luas (80x80) cm<sup>2</sup> akibat variasi jumlah lapis.

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*), tetapi yang memberikan pengaruh yang paling baik dalam peningkatan daya dukung adalah penambahan dari 1 lapis perkuatan menjadi 2 lapis perkuatan, karena menunjukkan peningkatan yang cukup besar antar luasan.

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

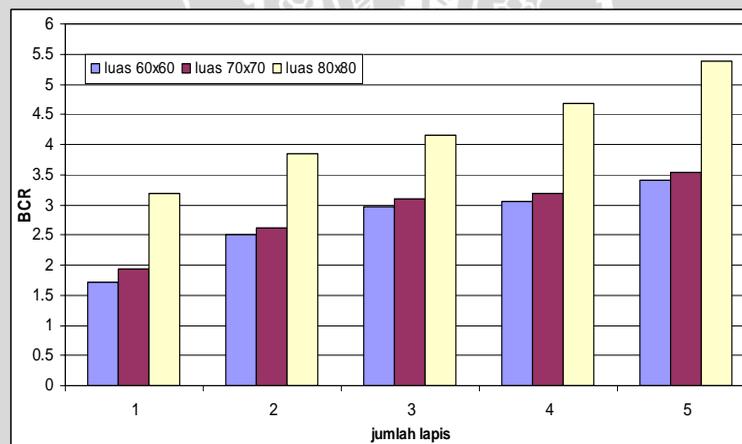
Peningkatan daya dukung ultimit terhadap adanya perkuatan dapat dinyatakan dalam sebuah bentuk non dimensional (Binquet and Lee, 1975), yaitu : BCR (*Bearing Capacity Rasio*) yang merupakan perbandingan antara daya dukung ultimit tanah yang diperkuat ( $q$ ) dengan daya dukung ultimit tanah tanpa perkuatan ( $q_0$ ).

Hasil percobaan pembebanan dengan menggunakan anyaman bambu sebagai bahan perkuatan pada tanah pasir menunjukkan bahwa secara keseluruhan nilai BCR cenderung meningkat seiring dengan semakin banyaknya jumlah lapis anyaman bambu yang digunakan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.23 di bawah ini :



Gambar 4.26 : Grafik hubungan antara BCR dengan jumlah lapis anyaman bambu pada variasi luas

Untuk melihat sejauh mana peningkatan nilai BCR dengan dilakukannya penambahan jumlah lapis pada beberapa luasan yang ada, dapat dilihat dengan jelas pada diagram batang di bawah ini :



Gambar 4.27 : Diagram batang pada beberapa jumlah lapis dengan variasi penambahan luasan

Dari diagram di atas terlihat bahwa nilai BCR pada kekuatan 1 lapis dengan beberapa variasi luas anyaman bambu, mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Untuk variasi luas 60x60 cm<sup>2</sup>, nilai BCR mencapai 1,713. Sedangkan untuk luas 70x70 cm<sup>2</sup>, BCR nya mencapai 1,927. Nilai ini naik 21,329 %. Kemudian untuk luas 80x80 cm<sup>2</sup>, nilai BCR nya mencapai 3,184 dan peningkatan yang terjadi 125,711 % dari luasan sebelumnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa penambahan luas pada 1 lapis cukup efektif karena prosentase peningkatannya cukup tinggi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.13 di bawah ini.

**Tabel 4.13. % 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 perkuatan	
Tanpa	-	3,446	1	-			
1 lapis	60 x 60	5,904	1,713	71,329		0,0041	415,403
					21,329		
	70 x 70	6,639	1,927	92,658		0,0056	343,321
					125,711		
	80 x 80	10,971	3,184	218,369		0,0073	434,318

Untuk perkuatan 2 lapis anyaman bambu, penambahan luas (60x60) cm<sup>2</sup> ke luas (70x70) cm<sup>2</sup> meningkat 9,605 %. Nilai ini naik dari BCR sebesar 2,512 ke 2,608. Kemudian dari luas (70x70) cm<sup>2</sup> ke luas (80x80) cm<sup>2</sup>, nilai BCR nya menjadi 3,855 sehingga naik 124,724 %. Dari sini bisa terlihat bahwa penambahan luas dari (60x60) cm<sup>2</sup> ke luas (70x70) cm<sup>2</sup> maupun dari luas (70x70) cm<sup>2</sup> ke luas (80x80) cm<sup>2</sup> ternyata masih efektif. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.14.

**Tabel 4.14. % 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 perkuatan	
Tanpa	-	3,446	1	-			
2 lapis	60 x 60	8,656	2,512	151,19		0,0082	304,580
					9,605		
	70 x 70	8,987	2,608	160,795		0,0112	232,325
						124,724	
	80 x 80	13,285	3,855	285,519		0,0147	262,923

Selanjutnya untuk perkuatan 3 lapis dengan beberapa variasi luas, juga mengalami peningkatan nilai BCR. Dari tabel 4.15 terlihat bahwa BCR dari luas (60x60) cm<sup>2</sup> ke luas (70x70) cm<sup>2</sup> meningkat 12,768 %, yaitu dari BCR 2,692 menjadi 3,090. Dari luas (70x70) cm<sup>2</sup> ke luas (80x80) cm<sup>2</sup> juga meningkat 105,833 %, yaitu dari BCR sebesar 3,090 naik menjadi 4,184. Sehingga penambahan luas ini juga masih efektif untuk dilakukan.

**Tabel 4.15. % 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 perkuatan	
Tanpa	-	3,446	1	-			
3 lapis	60 x 60	10,208	2,692	196,228		0,0124	217,603
					12,768		
	70 x 70	10,648	3,09	208,996		0,0168	183,508
						105,833	
	80 x 80	14,295	4,148	314,829		0,0220	188,604

Untuk perkuatan 4 lapis anyaman bambu, penambahan luas (60x60) cm<sup>2</sup> ke luas (70x70) cm<sup>2</sup> meningkat 12,362 %. Nilai ini naik dari BCR sebesar 3,055 ke 3,179. Kemudian dari luas (70x70) cm<sup>2</sup> ke luas (80x80) cm<sup>2</sup>, nilai BCR nya menjadi 4,683 sehingga naik 150,377 %. Dari sini bisa terlihat bahwa penambahan luas dari (60x60) cm<sup>2</sup> ke luas (70x70) cm<sup>2</sup> maupun dari luas (70x70) cm<sup>2</sup> ke luas (80x80) cm<sup>2</sup> ternyata masih efektif. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.16.

**Tabel 4.16. % Peningkatan BCR pada jumlah 4 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 perkuatan	
Tanpa	-	3,446	1	-			
4 lapis	60 x 60	10,529	3,055	205,543		0,0165	185,209
					12,362		
	70 x 70	10,955	3,179	217,905		0,0225	141,595
					150,377		
	80 x 80	16,137	4,683	368,282		0,0293	159,698

Sedangkan untuk perkuatan 5 lapis dengan beberapa variasi luas, juga mengalami peningkatan nilai BCR. Dari tabel 4.17 terlihat bahwa BCR dari luas (60x60) cm<sup>2</sup> ke luas (70x70) cm<sup>2</sup> meningkat 13,262 %, yaitu dari BCR 3,415 menjadi 3,547. Dari luas (70x70) cm<sup>2</sup> ke luas (80x80) cm<sup>2</sup> juga meningkat 183,169 %, yaitu dari BCR sebesar 3,547 naik menjadi 5,379. Sehingga penambahan luas ini juga masih efektif untuk dilakukan.

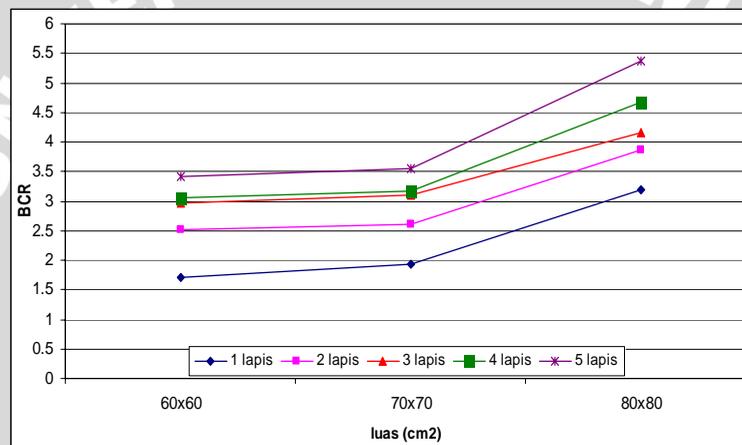
**Tabel 4.17. % Peningkatan BCR pada jumlah 5 lapis dengan variasi luas**

Jumlah lapis	Luas anyaman bambu (cm <sup>2</sup> )	Q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	% Peningkatan		BCR per satuan volume perkuatan	
Tanpa	-	3,446	1	-			
5 lapis	60 x 60	11,767	3,415	241,468		0,0206	165,628
					13,262		
	70 x 70	12,224	3,547	254,73		0,0281	126,389
					183,169		
	80 x 80	18,536	5,379	437,899		0,0367	146,746

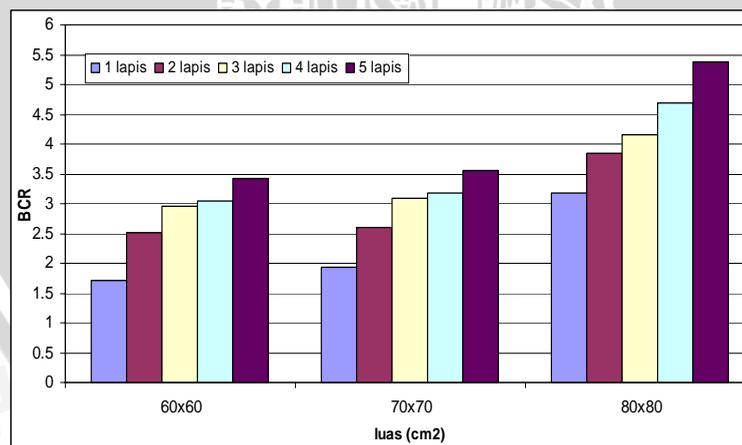
Dari analisis di atas dapat diketahui bahwa penambahan luasan yang paling efektif adalah dari luas (70x70) cm<sup>2</sup> ke (80x80) cm<sup>2</sup>. Hal ini dapat dilihat dari prosentase peningkatan daya dukung ultimitnya pada semua jumlah lapis yang meningkat sekitar 105 % – 183 % bila dibandingkan dengan penambahan luas dari (60x60) cm<sup>2</sup> menjadi (70x70) cm<sup>2</sup> yang hanya meningkat sekitar 9 % – 21 %.

### 4.2.3 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 4.22). Dan untuk melihat lebih jelas peningkatan nilai BCR akibat penambahan jumlah lapis dapat dilihat pada diagram batang pada gambar 4.23.



Gambar 4.28 : Grafik hubungan antara BCR dengan luas anyaman bambu pada variasi jumlah lapis.



Gambar 4.29 : Diagram batang pada beberapa luasan dengan variasi penambahan jumlah lapis.

Untuk luas (60x60) cm<sup>2</sup>, nilai BCR dari penambahan jumlah 1 lapis ke 2 lapis meningkat 79,861 % yaitu dari nilai BCR 1,713 ke 2,512. Peningkatan ini menurun prosentasenya ketika jumlahnya ditambah menjadi 3 lapis, yaitu menjadi

2,962 dengan prosentase 45,038 %. Pada penambahan 4 lapis juga menurun yaitu hanya 9,315 % dengan nilai BCR 3,055. Sedangkan perkuatan 5 lapis prosentasenya kembali mengalami kenaikan yaitu 35,926 % dengan nilai BCR 3,415. Dari sini terlihat bahwa penambahan jumlah lapis ternyata kurang efektif karena prosentase peningkatan BCR cenderung menurun meskipun nilai BCR nya meningkat.

**Tabel 4.18. % Peningkatan BCR pada luas (60x60) cm<sup>2</sup> dengan variasi jumlah lapis**

Luas anyaman bambu (cm <sup>2</sup> )	Jumlah lapis	Qult (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	% Peningkatan		BCR per satuan volume perkuatan	
Tanpa	-	3,446	1	-			
60 x 60	1 lapis	5,904	1,713	71,329		0,0041	415,403
					79,861		
	2 lapis	8,656	2,512	151,19		0,0082	304,580
					45,038		
	3 lapis	10,208	2,962	196,228		0,0124	239,428
					9,315		
	4 lapis	10,529	3,055	205,543		0,0165	185,209
				35,926			
	5 lapis	11,767	3,415	241,468		0,0206	165,628

Begitu juga untuk luas (70x70) cm<sup>2</sup>, penambahan jumlah 1 lapis ke 2 lapis meningkatkan nilai BCR dari 1,927 menjadi 2,608 dengan prosentase peningkatan 68,137 %. Kemudian menurun menjadi 48,201 % ketika jumlahnya ditambah menjadi 3 lapis dengan nilai BCR 3,090. Dengan penambahan 4 lapis juga menurun menjadi hanya 8,909 % dengan nilai BCR 3,179. Sedangkan perkuatan 5 lapis prosentasenya naik menjadi 36,825 % dengan nilai BCR 3,547.

**Tabel 4.19. % Peningkatan BCR pada luas (70x70) cm<sup>2</sup> dengan variasi jumlah lapis**

Luas anyaman bambu (cm <sup>2</sup> )	Jumlah lapis	Qult (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	% Peningkatan		BCR per satuan volume perkuatan	
Tanpa	-	3,446	1	-			
70 x 70	1 lapis	6,639	1,927	92,658		0,0056	343,321
					68,137		
	2 lapis	8,987	2,608	160,795		0,0112	232,325
					48,201		
	3 lapis	10,648	3,09	208,996		0,0168	183,508
					8,909		
	4 lapis	10,955	3,179	217,905		0,0225	141,595
				36,825			
	5 lapis	12,224	3,547	254,73		0,0281	126,389

Sedangkan untuk luas (80x80) cm<sup>2</sup>, nilai BCR juga meningkat 3,184 untuk 1 lapis, 3,855 untuk 2 lapis, 4,148 untuk 3 lapis, 4,683 untuk 4 lapis, dan 5,379 untuk 5

lapis. Prosentase peningkatan juga menurun dari 67,150 % menjadi 29,309 % lalu 53,453 % yang kemudian kembali naik menjadi 69,617 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 4.20. % Peningkatan BCR pada luas (80x80) 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 perkuatan		
Tanpa	-	3,446	1	-			
80 x 80	1 lapis	10,971	3,184	218,369	67,15	0,0073	434,318
	2 lapis	13,285	3,855	285,519	29,309	0,0147	262,923
	3 lapis	14,295	4,148	314,829	53,453	0,0220	188,604
	4 lapis	16,137	4,683	368,282	69,617	0,0293	159,698
	5 lapis	18,536	5,379	437,899		0,0367	146,746

Dari variasi jumlah lapis di atas, dapat diketahui bahwa adanya penambahan jumlah lapis dapat meningkatkan nilai BCR sampai 5,379. 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.

#### 4.2.4 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 4.21 dan 4.22 yang menyajikan hubungan antara BCR dengan penurunan pada beberapa variasi luas anyaman bambu dan variasi jumlah lapisnya.

**Tabel 4.21. % Peningkatan nilai BCR pada beberapa penurunan dengan variasi luas**

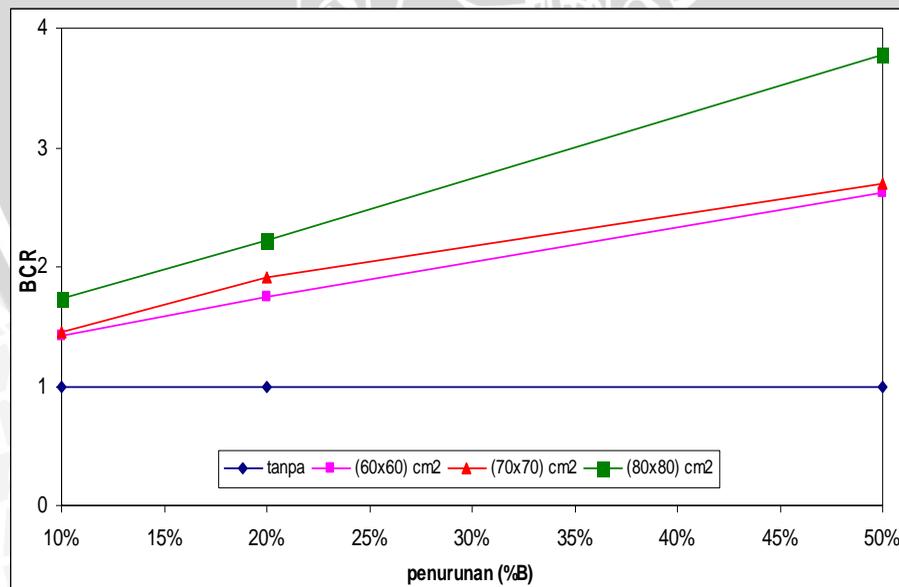
Penurunan	Luas (cm <sup>2</sup> )	1 Lapis			2 Lapis			3 Lapis			q (kg/cm <sup>2</sup> )
		q (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	% Peningkatan	q (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	% Peningkatan	q (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	% Peningkatan	
10 %B	Tanpa	3,178	1	-	3,178	1	-	3,178	1	-	3,178
	60x60	4,533	1,426	42,646	4,946	1,557	55,653	5,803	1,826	82,616	6,048
	70x70	4,597	1,447	44,677	6,664	2,097	109,715	7,164	2,254	125,450	8,077
	80x80	5,517	1,736	73,617	6,880	2,165	116,504	8,054	2,535	153,453	8,377
20 %B	Tanpa	3,691	1	-	3,691	1	-	3,691	1	-	3,691
	60x60	6,469	1,753	75,264	7,749	2,100	109,955	9,109	2,468	146,776	9,497
	70x70	7,047	1,909	90,934	9,856	2,670	167,029	10,664	2,889	188,920	12,017
	80x80	8,193	2,220	121,985	9,914	2,686	168,600	11,551	3,129	212,938	12,034
50 %B	Tanpa	3,691	1	-	3,691	1	-	3,691	1	-	3,691
	60x60	9,696	2,627	162,692	14,817	4,014	301,424	17,378	4,708	370,829	18,084
	70x70	9,964	2,700	169,955	15,170	4,110	310,998	17,859	4,838	383,839	18,628
	80x80	13,958	3,782	278,168	16,914	4,583	358,252	18,203	4,932	393,160	20,555

Berdasarkan tabel di atas, untuk penurunan 10%B pada jumlah 1 lapis, 2 lapis, 3 lapis, 4 lapis, dan 5 lapis telah menunjukkan bahwa adanya variasi luas dapat meningkatkan nilai BCR sekitar 42 – 191 % dari nilai BCR tanpa perkuatan. Di sini prosentase peningkatan terbesar terjadi pada 5 lapis dari luasan (70x70) cm<sup>2</sup> menjadi (80x80) cm<sup>2</sup> yaitu 73,429 % dengan nilai BCR mencapai 2,915.

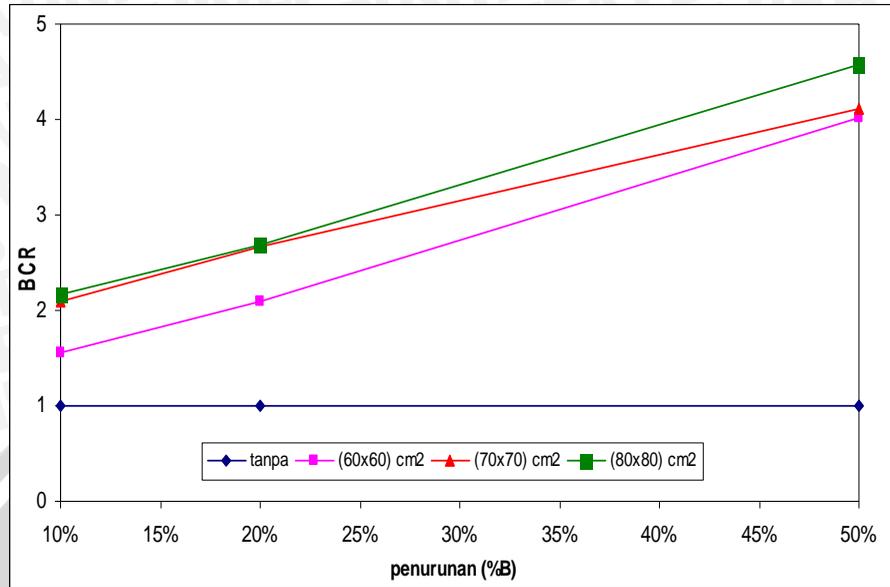
Kemudian pada penurunan 20%B atau 2 cm, nilai BCR nya juga cenderung meningkat bila dibandingkan dengan BCR tanpa perkuatan. Adanya penambahan luas dari (70x70) cm<sup>2</sup> ke (80x80) cm<sup>2</sup> pada 5 lapis perkuatan masih terlihat cukup efektif karena prosentase peningkatan mencapai 79,021 % dengan nilai BCR 3,743.

Sedangkan penurunan 50%B peningkatan prosentase terbesar terjadi pada 1 lapis dari luasan (70x70) cm<sup>2</sup> menjadi (80x80) cm<sup>2</sup> yaitu 108,213 %. Walaupun prosentase peningkatan BCR yang lain cenderung lebih rendah, penambahan luas masih dinilai cukup efektif. Hal ini dikarenakan nilai BCR masih meningkat cukup baik.

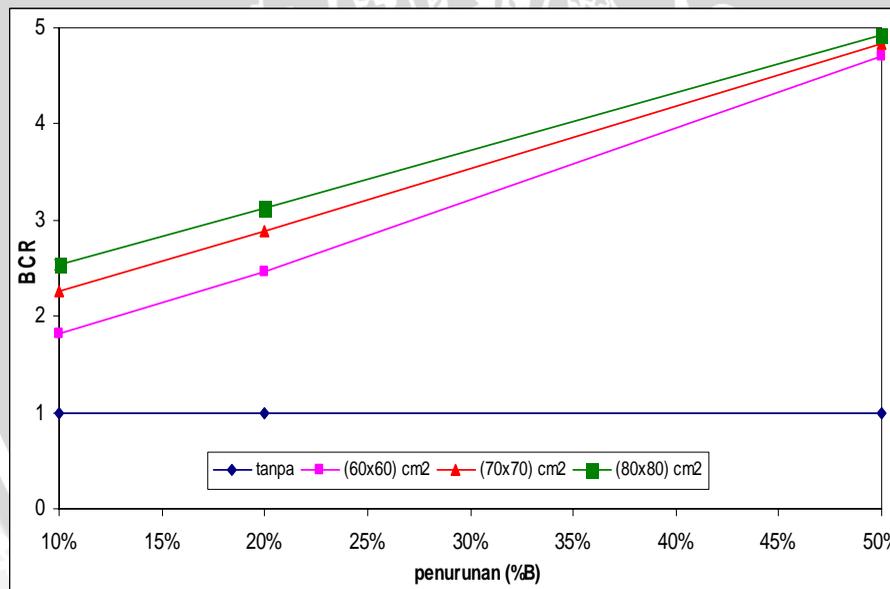
Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.24 - 4.28 mengenai grafik hubungan rasio daya dukung dengan penurunan akibat variasi luas.



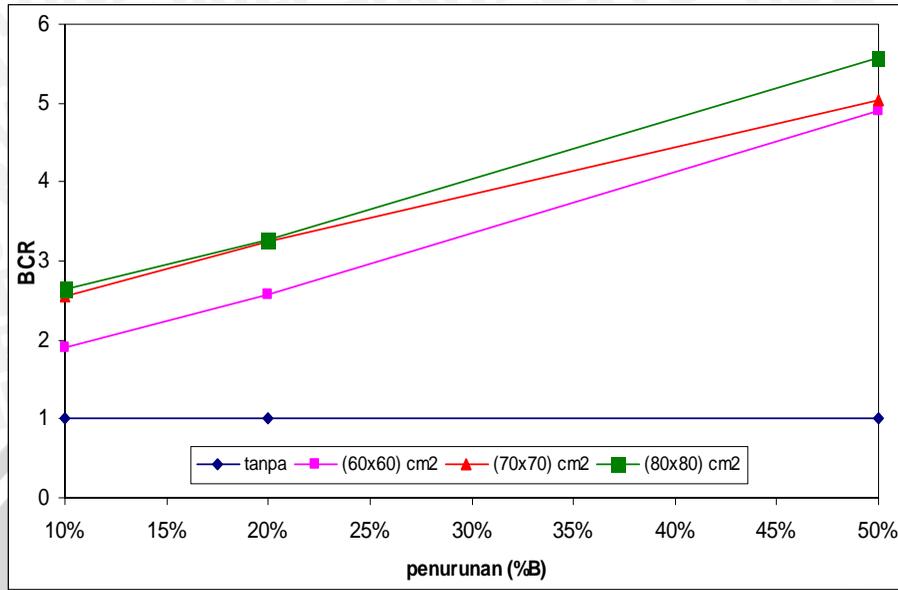
Gambar 4.30 Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada jumlah 1 lapis untuk variasi luas.



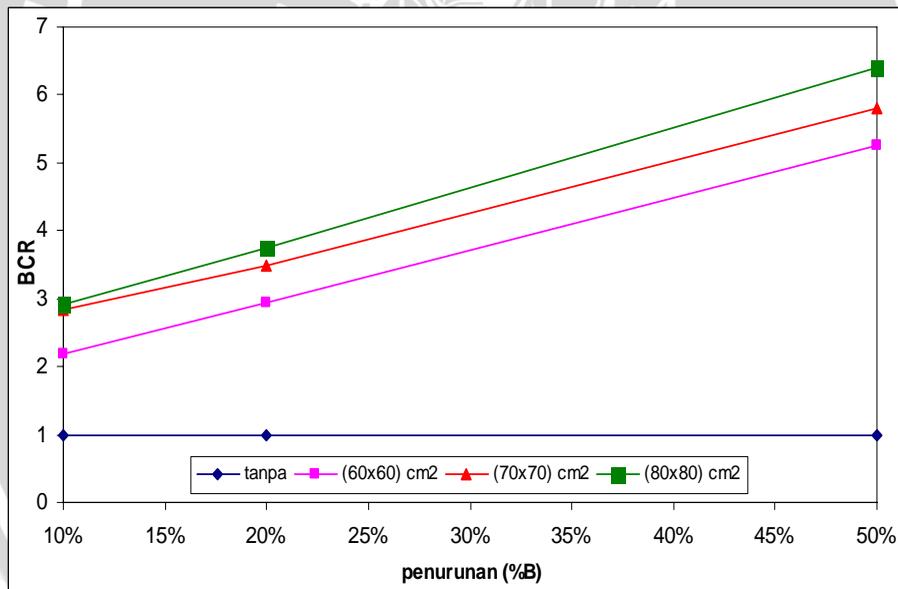
Gambar 4.31 Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada jumlah 2 lapis untuk variasi luas.



Gambar 4.32 Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada jumlah 3 lapis untuk variasi luas.



Gambar 4.33 Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada jumlah 4 lapis untuk variasi luas.



Gambar 4.34 Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada jumlah 5 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 dari tabel 4.21 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.

### 4.2.5 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 4.22. % Peningkatan nilai BCR pada beberapa penurunan dengan variasi jumlah lapis**

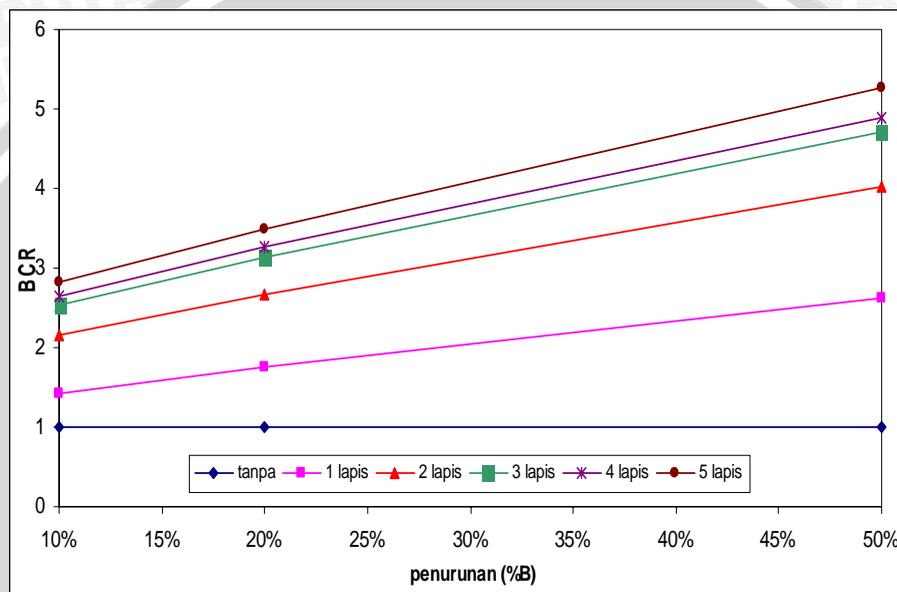
Penurunan	Jumlah Lapis	Luas (60 x 60) cm <sup>2</sup>			Luas (70 x 70) cm <sup>2</sup>			Luas (80 x 80) cm <sup>2</sup>		
		q (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	% Peningkatan	q (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	% Peningkatan	q (kg/cm <sup>2</sup> )	BCR	% Peningkatan
10 %B	Tanpa	3,178	1	-	3,178	1	-	3,178	1	-
	1	4,533	1,426	42,646	4,597	1,447	44,677	5,517	1,736	73,617
	2	6,880	2,165	116,504	4,946	1,557	55,653	6,664	2,097	109,715
	3	8,054	2,535	153,453	5,803	1,826	82,616	7,164	2,254	125,450
	4	8,377	2,636	163,633	6,048	1,903	90,331	8,077	2,542	154,183
	5	8,996	2,831	183,088	6,931	2,181	118,107	9,264	2,915	191,536
20 %B	Tanpa	3,691	1	-	3,691	1	-	3,691	1	-
	1	6,469	1,753	75,264	7,047	1,909	90,934	8,193	2,220	121,985
	2	9,856	2,670	167,029	7,749	2,100	109,955	9,914	2,686	168,600
	3	11,551	3,129	212,938	9,109	2,468	146,776	10,664	2,889	188,920
	4	12,017	3,256	225,586	9,497	2,573	157,312	12,034	3,260	226,026
	5	12,910	3,498	249,758	10,897	2,952	195,242	13,814	3,743	274,263
50 %B	Tanpa	3,691	1	-	3,691	1	-	3,691	1	-
	1	9,696	2,627	162,692	9,964	2,700	169,955	13,958	3,782	278,168
	2	14,817	4,014	301,424	15,170	4,110	310,998	16,914	4,583	358,252
	3	17,378	4,708	370,829	17,859	4,838	383,839	18,203	4,932	393,160
	4	18,084	4,900	389,950	18,628	5,047	404,683	20,555	5,569	456,905
	5	19,433	5,265	426,494	21,398	5,797	479,719	23,614	6,398	539,775

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> meningkat sekitar 539 % dari BCR tanpa perkuatan. Untuk penurunan 10%B atau 1 cm, penambahan jumlah lapis untuk semua variasi luas dari 1 lapis ke 5 lapis dapat dikatakan efektif karena prosentasenya meningkat 7–73 %. Sedangkan pada

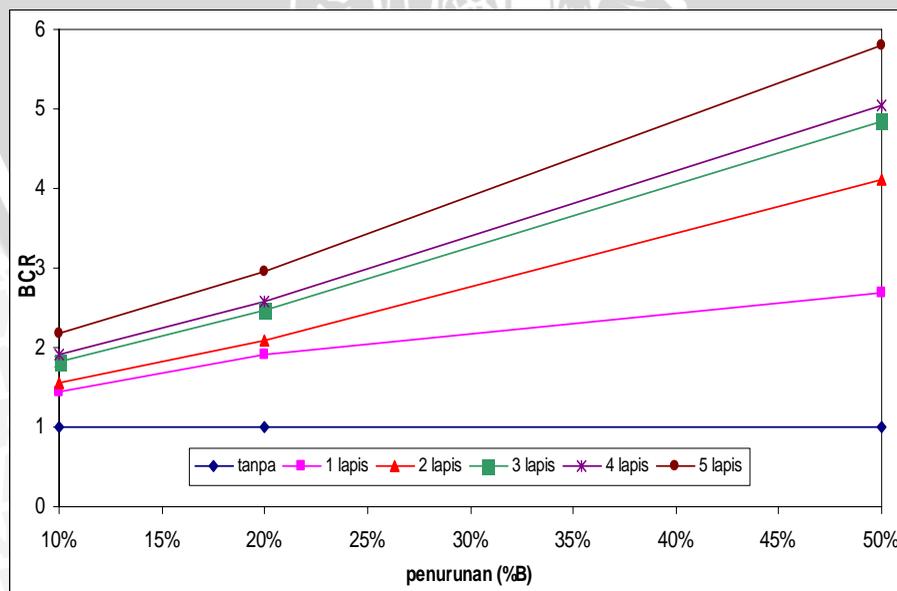


penurunan 20%B, penambahan jumlah lapis untuk semua luasan dari 1 lapis hingga 5 lapis juga mengalami peningkatan BCR sekitar 10–91 %. Penurunan 50%B atau 5 cm, dari tabel terlihat prosentase peningkatan BCR nya naik sekitar 19–141 %. Penambahan jumlah lapis ternyata masih efektif.

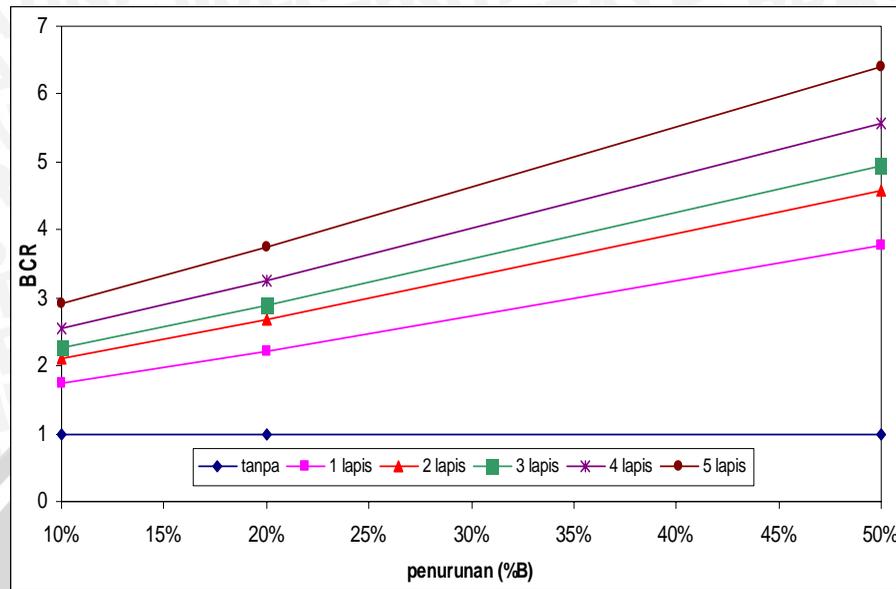
Peningkatan nilai BCR dengan bertambahnya jumlah lapis dapat dilihat pada gambar 4.27 sampai 4.29.



Gambar 4.35 Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada luas (60x60) cm<sup>2</sup> untuk variasi jumlah lapis.



Gambar 4.36 Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada luas (70x70) cm<sup>2</sup> untuk variasi jumlah lapis.



Gambar 4.37 Grafik hubungan BCR dengan penurunan pada luas ( $80 \times 80$ )  $\text{cm}^2$  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.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Pemakaian anyaman bambu sebagai alternatif lapisan perkuatan pada tanah pasir lepas (*loose sand*) dibawah pondasi telapak persegi dapat meningkatkan daya dukung pada tanah pasir tersebut. Perkuatan tanah ini sebenarnya bukanlah usaha perbaikan tanah yang umum digunakan pada tanah pasir. Tetapi penelitian ini dilakukan sebagai model untuk mengetahui rasio atau peningkatan daya dukung tanah pasir akibat dari pemakaian anyaman bambu tersebut.

Peningkatan daya dukung ultimit, nilai BCR dan grafik hubungan daya dukung terhadap penurunan memberikan suatu pola yang digunakan untuk penilaian efektif atau tidak efektif penambahan luas dan penambahan jumlah lapisnya. Penilaian ini juga dilihat dari besarnya prosentase peningkatan yang didapatkan dari penambahan variasi luas yang ditinjau dengan variasi luas tanpa perkuatan dan juga dari penambahan variasi jumlah lapis yang ditinjau dengan variasi jumlah lapis tanpa perkuatan.

Adanya penambahan luas maupun penambahan jumlah lapis anyaman bambu sejauh ini masih terus meningkatkan nilai daya dukung ultimit dan nilai BCR nya. Berdasarkan hasil pengujian pembebanan, analisa data dan pembahasan mengenai pengaruh penambahan luas maupun penambahan jumlah lapis anyaman bambu, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan luas anyaman bambu memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap peningkatan daya dukung., khususnya pada penambahan luasan dari (70x70) cm<sup>2</sup> ke (80x80) cm<sup>2</sup>. Penambahan luas ini cukup efektif karena cenderung meningkatkan nilai daya dukung seiring dengan bertambahnya variasi luas pada tiap-tiap lapis.
2. Sedangkan pada penambahan jumlah lapis anyaman bambu, prosentase peningkatan cenderung lebih rendah. Peningkatan yang cukup besar terjadi pada perkuatan 1 lapis ke 2 lapis yaitu 67–79 %. Walaupun prosentase peningkatan

cenderung turun, penambahan luas masih dapat dikatakan cukup efektif untuk dilakukan karena nilai daya dukung ultimit masih naik.

3. Variasi jumlah lapis memang efektif untuk alternatif perkuatan tanah dengan penambahan di tiap variasi luasan, tetapi dari segi pemakaian kurang ekonomis karena untuk volume yang sama terjadi penurunan pada nilai BCR per satuan volumenya. Berbeda dengan variasi luas, selain efektif untuk perkuatan juga relatif ekonomis dari segi pemakaian karena terjadi peningkatan pada nilai BCR per satuan volume, tetapi hanya pada luasan (70x70) cm<sup>2</sup> ke (80x80) cm<sup>2</sup> sedangkan untuk luasan (60x60) cm<sup>2</sup> ke (70x70) cm<sup>2</sup> terjadi penurunan.
4. Anyaman bambu yang digunakan sebagai alternatif perkuatan tanah pasir dapat meningkatkan daya dukung ultimit. Konfigurasi yang menghasilkan daya dukung paling tinggi pada penelitian ini adalah 5 lapis anyaman bambu dengan luas (80 x 80) cm<sup>2</sup>, dimana memberikan nilai yang paling maksimum di antara konfigurasi variasi yang lain, yaitu  $q_{ult}=18,536 \text{ kg/cm}^2$  dan  $BCR=5,379$  dengan peningkatan 437,899 % dari tanah pasir tanpa perkuatan.

## 5.2 Saran

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

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan anyaman bambu setipis mungkin karena meskipun sudah diendam tapi ketebalan anyaman bambu masih mempengaruhi perletakan pada saat melakukan loading test sehingga dengan ketebalan yang kecil data yang didapat lebih akurat
2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan variasi jumlah lapis dan luas yang lebih besar agar dapat diketahui nilai optimum dari BCR nya, karena sejauh ini nilai BCR nya masih meningkat. Dan juga mengenai material anyaman bamboo itu sendiri, untuk lebih mendapatkan spesifikasi dan 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 sintetis yang umum dipergunakan sebagai perkuatan tanah, misal geogrid, geotekstil, geocell, dan lain sebagainya.

3. Penambahan luasan maupun jumlah lapis sangat disarankan untuk memperoleh konfigurasi yang optimal maka perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan memperbanyak variasi geometri perletakan seperti variasi luas yang berbeda antar lapisnya, sehingga dapat diperoleh variasi luas yang lebih efisien dengan pemakaian anyaman bambu yang lebih sedikit jumlah lapisnya namun dapat memberikan peningkatan BCR yang lebih besar.
4. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai proses perawatan anyaman bambu menggunakan solar dengan waktu perendaman dan penanaman dalam tanah yang lebih bervariasi. Dan juga agar digunakan bahan lain selain solar yang dapat memperpanjang keawetan anyaman bambu didalam tanah. Untuk penelitian perkuatan tanah selanjutnya menggunakan lapis anyaman bambu, disarankan menggunakan bentuk anyaman dengan pola tidak masif atau mempunyai pola lubang seperti model geogrid, dengan harapan bahwa pola keruntuhan pada diagram interaksi antara penurunan vs daya dukung, dapat teramati lebih jelas.
5. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk pemakaian anyaman bambu sebagai lapisan perkuatan pada tanah kohesif (tanah lempung).
6. Untuk mempermudah penentuan bentuk keruntuhan yang terjadi sebaiknya boks uji yang digunakan tembus pandang.
7. Peralatan penelitian yang digunakan sebaiknya memadai dan dalam kondisi yang baik atau telah dikalibrasi secara berkala sehingga data yang didapatkan lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adams, Michael T., and Collin, James G., (1997). "Large Model Spread Footing Load Tests on Geosynthetic Reinforced Soil Foundations". *Journal of Geotechnical Engineering*. ASCE, Volume 123, No 1.
- Arhadiyanto, Agus N., (2005). "Pengaruh Jarak Lapis dan Luasan Geotekstil terhadap Daya dukung dan Penurunan pada Tanah Lempung Ekspansif dibawah Pondasi Bujursangkar". *Skripsi Tidak Diterbitkan*. Malang: Jurusan Sipil FT Unibraw, 2005.
- Ariyani, Nur Anisa E., (2005). "Pengaruh Variasi Luas dan Jarak Lapis Geotekstil terhadap Daya Dukung Tanah Lempung Ekspansif pada Pondasi Persegi Panjang". *Skripsi Tidak Diterbitkan*. Malang: Jurusan Sipil FT Unibraw, 2005.
- Bowles, Joseph E., (1997). *Analisis dan Desain Pondasi*. Edisi Keempat, Jilid 1. Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Caltrans (1997). Chapter 4 : Footing Foundations. *Journal of Caltrans, Foundation Manual*.
- Coduto, Donald P., (1994). *Foundation Design (Principles and Practices)*. New Jersey, Prentice-Hall, Inc.
- Craig, R.F., (1991). *Mekanika Tanah*. Edisi Keempat. Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Das, Braja M., (1988). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Terjemahan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Jilid 1. Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Das, Braja M., (2000). *Fundamentals of Geotechnical Engineering*. USA, Pasific Grove : Brooks/Cole.
- Hardiyatmo, Hary Christady. *Mekanika Tanah 1*. Edisi ke dua. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. (1994) *Mekanika Tanah 2*. Jakarta, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, Hary Christady., (1996). *Teknik Fondasi 1*. Jakarta, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama.

- Head, K.H., (1982). *Manual of Soil Testing Laboratory*. Vol. 2. Pentech Press Limited. Estover Road, Pivmouth, Devon.
- Janssen, J.J.A., (1981). *The Mechanical Properties of Bamboo Used in Construction*. Bamboo Research in Asia, IRDS Canada.
- Janssen, J.J.A., (1991). *Mechanical Properties of Bamboo*. Kluwer Academic Publishers.
- Janssen, J.J.A., (2000). Designing And Building With Bamboo. *Journal of International Network for Bamboo and Rattan*.
- Jones, Collins J.F.P., (1996). *Earth Reinforcement and Soil Structures*. New York, Thomas Telford Book.
- Koerner, Robert M., (1994). *Designing With Geosynthetics*. Third Edition. New Jersey, Prentice Hall, Inc, Upper Saddle River.
- Lambe, T. W., (1951). *Soil Testing for Engineers*. New York : John Wiley and Sons, Inc.
- Munawir, As'ad. *Reinforced Soil Foundation (Ultimate Bearing Capacity & Pull Out Mechanism)*. Seminar Jurusan Sipil, FT Unibraw Malang.
- Purwana, Yusep Muslih., (2002). Uji Model Kapasitas Daya Dukung Pondasi Telapak Lingkaran Menggunakan Perkuatan Bambu. *Journal of Research and Development Agency*, Central Java Provincial, Semarang.
- Rachmawati, Dyah Dwi., (2005). "Pengaruh Pembebanan Eksentris Dua Arah Pondasi Lingkaran terhadap Daya Dukung dan Penurunan pada Tanah Pasir". *Skripsi* Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Sipil FT Unibraw, 2005.
- Rianti, (1999). Alternatif Perbaikan Tanah Pasir Lepas sebagai Tanah pondasi Menggunakan Geogrid (Model Tes Pondasi Telapak). *Skripsi*. Tidak diterbitkan. Malang : Jurusan Sipil FT Unibraw.
- Rofik, Awnor., (2004). "Pengujian dan Penyelidikan Sifat Mekanis Bambu (Dendrocalamus Asper) sebagai Komponen Struktur". *Skripsi* Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Sipil FT Unibraw, 2004.
- Sattar, MA., (1995). Traditional Bamboo Housing in Asia Present Status and Future Prospects. *Journal of the Vth International Bamboo Workshop and the IVth International Bamboo Congress*.

- Setiawan, Gede Wawan., (2005). "Pengaruh Pembebanan Eksentris Dua Arah Pondasi Bujursangkar terhadap Daya Dukung dan Penurunan pada Tanah Pasir". *Skripsi* Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Sipil FT Unibraw, 2005.
- Soewito, Liliana., (1999). "Alternatif Perbaikan Tanah Pasir Lepas sebagai Tanah Pondasi Menggunakan Geotekstil (Model Tes Pondasi Telapak)". *Skripsi* Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Sipil FT Unibraw, 1999.
- Sowers, George F., (1979). *Introductory Soil Mechanics & Foundations : Geotechnical Engineering*. Fourth Edition. New York, Macmillan Publishing Co., Inc.
- Vesic, A.S., (1967). Ultimate Loads and Settlements of Deep Foundation on Sand, Lecture 6 dalam A.S. Vesic (Ed.), Proc. of *A Symposium : Bearing Capacity and Settlement of Foundations*. Duke University, Durham, North Carolina. h. 53-68.
- Vesic, A.S., (1975). Bearing Capacity of Shallow Foundations, Bab 3 dalam H.G Winternkorn dan H-Y Fang (Eds.), *Foundation Engineering Handbook*. New York : Van Nostrand Reinhold co. h. 121-147.
- Widodo, Dody, (2006). Alternatif Tanah Pasir Sedang (Medium Sand) Menggunakan Lapis Anyaman Bambu dengan Variasi Luas dan Jumlah Lapis, Skripsi Tidak diterbitkan Malang, Jurusan Sipil, FT Unibraw.
- Yetimoglu, T., Wu, J.T.H., and Saglamer, A., (1994). Bearing Capacity of Rectangular Footings on Geogrid-Reinforced Sand. *Journal of Geotechnical Engineering*. ASCE, Volume 120, No 12.