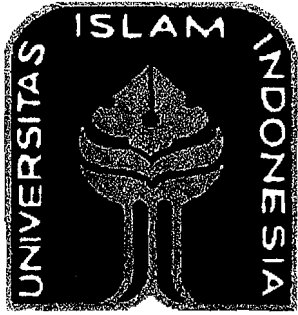


PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAN/DELI
TGL. TERIMA : 7 Oktober 2005
NO. JUDUL : 001658
NO. INV. : 5720001658001
NO. INDUK. : _____

TUGAS AKHIR
STUDI EKSPERIMENTAL :
PERUBAHAN *LOAD-DISPLACEMENT*
AKIBAT PENGGUNAAN KOLOM PASIR
DI TANAH LEMPUNG UNTUK
PERBAIKAN DAYA DUKUNG TANAH

R.S
624.1513
Cat
S
1



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

xvi, 105 p. : hbl. : lang. 32P

Disusun Oleh:

Nama : Rutin Sutikno
No. Mahasiswa : 99 511 282

. Tab. Tanah
. Kolom pasir

Nama : Desniar Hadar Yumantoko
No. Mahasiswa : 99 511 326

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2005

**TUGAS AKHIR
STUDI EKSPERIMENTAL :
PERUBAHAN *LOAD-DISPLACEMENT*
AKIBAT PENGGUNAAN KOLOM PASIR
DI TANAH LEMPUNG UNTUK
PERBAIKAN DAYA DUKUNG TANAH**



Disusun Oleh

Rutin Sutikno : 99 511 282

Desniar Hadar Yumantoko : 99 511 326

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2005

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI EKSPERIMENTAL :
PERUBAHAN *LOAD DISPLACEMENT* AKIBAT
PENGUNAAN KOLOM PASIR DI TANAH
LEMPUNG UNTUK PERBAIKAN DAYA
DUKUNG TANAH**



لقد تم فحصه ووافق عليه :
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dr. Ir. H. LUTHFI HASAN, MS.
Dosen Pembimbing I

Tanggal : 20/6/05

Dr. Ir. EDY PURWANTO, CES.,DEA.
Dosen Pembimbing II

Tanggal : 22.06.2005

MOTTO

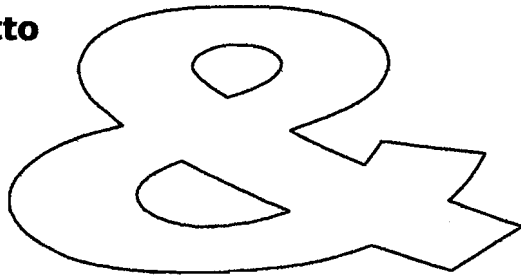
- *Berusahalah untuk selalu meluruskan dan memperbaiki niat bahwa apa yang dilakukan hanya karena Allah SWT.**
- *Menjadikan Allah SWT sebagai tumpuan harapan, pertolongan dan tujuan akhir hidup ini.**
- *Kemana kita akan bermuara semua terserah kita, maka bercita-citalah untuk melakukan dan mempersembahkan yang terbaik sehingga bermakna bagi dunia dan berarti bagi akhirat.**

PERSEMBAHAN RUTIN

Tugas akhir ini kupersembahkan kepada :

- *Allah SWT
- *Rasulullah Muhammad SAW
- *Bapak dan Ibu yang sangat kusayangi, terima kasih atas segala apa yang telah diberikan kepadaku kasih sayang dan dorongan sehingga aku bisa seperti sekarang ini, semoga Allah SWT memuliakan Bapak dan Ibu didunia dan akhirat.
- *Ferdhi, Vian, Meyer, temen-temen lainnya terima kasih atas dukungannya selama ini....
- *Sahabatku eka, terima kasih atas dorongannya semoga persahabatan ini akan selalu abadi.

Motto



Landasan Ayat Suci Al Qur'an



Asy Syarh ayat 5

Sesungguhnya di dalam kesulitan pasti ada kemudahan

Hadist Rasulullah S.A.W.

Barang siapa menempuh jalan untuk menuntut ilmu maka Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga

Al Anbiyaa' ayat 31

Dan Kami jadikan di bumi gunung-gunung yang tegak berdiri agar tidak guncang bersama mereka, juga Kami jadikan di bumi jalan-jalan yang lebar agar mereka dapat petunjuk dalam perjalanan.

An Nahl ayat 15

Dia pula yang menancapkan gunung-gunung untuk keseimbangan bumi, juga sungai-sungai dan jalan agar kamu mendapat petunjuk.

An Naba' ayat 6 dan 7

Bukankah Kami telah menciptakan bumi sebagai hamparan. Dan gunung-gunung sebagai pancangan.

Yoema, Dedicates & Thanks to :

Allah S.W.T. dan Nabi besar Muhammad S.A.W. yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya hingga terselesaikannya Penelitian yang Indah ini....

Keluarga besarku di Pekanbaru, kedua orangtuaku, adek² tersayangku Yoga, Yogi "RIP" (*we'll love & miss u 4 ever*), dekan "susan" masuk smu 1 gak?, my blue?

MaSoh 150 R...

Skripsi ini *dedicated* tuk Kalian semua....

dukungan dan kesabaran adalah kebahagiaan tak ternilai....

Bapak Dr.Ir. Luthfi Hasan, Ms. yang terhormat terima kasih sebesar-besarnya sudah membimbing kami, ilmu yang Bapak ajarkan adalah bekal bagi kami dimasa depan..

Bapak Dr.Ir. Edy Purwanto CES.DEA. dan Bapak Ibnu sudarmadji yang terhormat terima kasih atas nasihat dan kritiknya semoga bermanfaat bagi kami,...

Bapak Munadhir, Bapak Ade Ilham dan Bapak-bapak dosen Teknik Sipil yang lain terima kasih sudah mendukung penelitian kami, semoga makin pintar dan bisa lebih baik untuk membangun FTSP-UII....

Hidup.. UII....

Hidup Teknik Sipilnya..

Yang tidak mungkin aku lupa untuk mba Antiek dan staf pengurus Kantor Rektorat UII, walaupun kadang sering merepotkan tapi kami senang nongkrong di ruangan rektorat banyak makanannya.....kue bolunya itu loh..he..he..gratisan....

Kekasihku **Mira Arita Dewi**..kamu datang dengan cinta kasih, kesetiaan dan kejujuran...

ayo *yank* isi hari² mu dengan semangat dan cinta.....

Keluarga Besar di Palembang....i love you all..*thank's for support me all the time*

Partner TA gue Rutin Sutikno.....akhirnya kita bisa loeloes juga...he..he...

Jangan lupain perjuangan berat skripsi kita lho.....(..gile 18 bulan lamanye!!!)

band ku "**dojihatori**" (windho,rinto,virgi,hapsoro & barik)....wah pengalaman

yang luar biasa yang telah diberikan selama ini..**Liam Gallagher, Noel**

Gallagher, anak² indie pop rising club (dimas VOX, archam manajer "doji", Eq the Dolphin, Irwan "kalenk", Acum bangku taman) band² indie jogja

lainnya.....*keep make a sound for love and peace forever together.....cheers..*

Yang kagak mungkin dilupaiin neh.. temen-temen sesama kuliahhan.....Danang,

Trie darma "4,5juta" & *the alt*, Ardi Nugross, Didik XXX, Ferdi *the Bogiez*,

Valentikno, Bambang "SBY", Kesit "Raseed", Armanto "yoyo", Gunawan "Ndul",

Sigit "Ndut", sar-Wawan, Edi DJul, Leonard, Dewi, Berty, Galib, Andi prima,

Erik *Biaggi*, temen kos baru (maap belum ada yang kenal neh), Meyer JHRC, dan

temen² yang lain yang gak bisa disebut...(pejuang-pejuang skripsi lainnya...)

Teruslah berusaha....jangan menyerah....& jangan lupain gue...

Temen-temen alumni Sipil 99,98,97,96..dst ,

Wassalamu'alaikum.wr.wb.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Maha Suci Allah SWT, segala puji bagi Allah Tuhan Semesta Alam, atas Berkah, Rahmat, dan Irodah-Nya maka penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“STUDI EKSPERIMENTAL : PERUBAHAN *LOAD-DISPLACEMENT* AKIBAT PENGGUNAAN KOLOM PASIR DI TANAH LEMPUNG UNTUK PERBAIKAN DAYA DUKUNG TANAH”**, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program S1 Jurusan Teknik Sipil di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada segenap pihak yang telah memberikan bantuan, dorongan, pengarahan dan bimbingan dalam penulisan Tugas Akhir ini, yaitu kepada yth :

1. Kedua Orang Tua beserta keluarga yang tercinta, atas dukungan moral dan material,
2. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, PhD selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. H. Munadhir, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
4. Bapak Dr. Ir. H. Luthfi Hasan, MS selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir,
5. Bapak Dr. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir,
6. Bapak Ir. H. Ibnu Sudarmadji, MS selaku Dosen Penguji Tugas Akhir,

7. Bapak Sugiyana selaku Karyawan Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, FTSP, Universitas Islam Indonesia,
8. Teman-teman rekan mahasiswa yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dorongan dan membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
9. Semua pihak yang telah membantu penulisan Tugas Akhir ini hingga selesai.

Penyusun menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya, baik dari segi materi maupun bahasa, sehingga Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang berguna dalam rangka evaluasi untuk lebih meningkatkan kemampuan penyusun.

Akhir kata, penyusun mohon maaf dengan segala ketulusan hati bila dalam penulisan Tugas Akhir ini terdapat kekhilafan, semoga Allah SWT selalu melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya kepada kita semua dan semoga segala sesuatu yang telah kita perbuat akan menjadi bekal yang berguna, bermanfaat, serta mendapat Ridho Allah SWT. Amien.

Alhamdulillahirobbil'alamin.

Yogyakarta, 2005

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Kata Pengantar.....	ii
Daftar Isi	iv
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	xi
Daftar Notasi.....	xiv
Abstraksi.....	xvi
Bab I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Manfaat Penelitian	7
1.5. Batasan Masalah	7
1.6. Lokasi Penelitian	8
Bab II TINJAUAN PUSTAKA	
Bab III LANDASAN TEORI	
3.1. Tanah	14
3.1.1. Umum	14
3.1.2. Klasifikasi tanah	14
3.1.3. Hubungan antara fase tanah	16
3.1.4. Tanah kohesif dan tidak kohesif	19
3.1.5. Batas konsistensi tanah	19
3.2. Tanah Lempung	22
3.2.1. Karakteristik.....	22
3.2.2. Jenis tanah lempung	22
3.3. Tanah Pasir (<i>cohesionless soils</i>).....	25
3.4. Teori Dasar <i>Load Displacement</i>	25

Gambar 6.11. Grafik perubahan <i>load displacement</i> dengan diameter kolom pasir 3/4" waktu peram 0 jam dan 48 jam pada panjang kolom pasir yang sama.....	90
Gambar 6.12. Grafik perubahan <i>load displacement</i> dengan diameter kolom pasir 1" waktu peram 0 jam dan 48 jam pada panjang kolom pasir yang sama.....	91
Gambar 6.13. Grafik perubahan <i>load displacement</i> dengan diameter kolom pasir 1 1/4". waktu peram 0 jam dan 48 jam pada panjang kolom pasir yang sama.....	92
Gambar 6.14. Grafik perubahan <i>load displacement</i> dengan panjang kolom pasir 33,33cm waktu peram 48 jam pada setiap diameter kolom pasir berbeda.....	95
Gambar 6.15 Skema transfer beban pada benda uji.....	99

3.5. Kolom Pasir Vertikal	28
3.6. Tegangan Ujung dan Tegangan Gesek pada kolom	31
3.7. Mekanisme Transfer Beban.....	35
3.8. Penurunan Kelompok Kolom	36
Bab IV METODE PENELITIAN	
4.1. Alat dan Bahan Yang digunakan	39
4.1.1. Alat-alat yang digunakan.....	39
4.1.2. Bahan-bahan yang digunakan	40
4.2. Data yang diperlukan	41
4.3. Metoda Pengujian	41
4.3.1. Pengujian sifat fisik tanah.....	41
4.3.2. Pengujian sifat mekanik tanah	42
4.4. Pemodelan Benda Uji	42
4.4.1. Susunan bujur sangkar	43
4.5. Variasi Sample	47
4.6. Teknik Pemodelan Benda Uji	47
4.6.1. Pembuatan tanah lempung lunak.....	48
4.6.2. Pembuatan kepadatan pada kolom pasir	49
4.7. Teknik Pengujian.....	53
4.8. <i>Flow Chart</i>	54
Bab V HASIL PENELITIAN	
5.1. Klasifikasi Tanah	56
5.2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah.....	57
5.3. Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah.....	57
5.4. Hasil Pengujian Pembebanan di Laboratorium	57
5.4.1. Pengujian pembebanan dengan variasi beban	58
a. Tanpa kolom pasir	58
b. Dengan kolom pasir berdiameter ½” dan tinggi kolom pasir 33,33 cm	60
c. Dengan kolom pasir berdiameter ¾” dan tinggi kolom pasir 33,33 cm	61

d. Dengan kolom pasir berdiameter 1" dan tinggi kolom pasir 33,33 cm	62
e. Dengan kolom pasir berdiameter 1 ¹ / ₄ " dan tinggi kolom pasir 33,33 cm	63
f. Dengan kolom pasir berdiameter 1/2" dan tinggi kolom pasir 50 cm	64
g. Dengan kolom pasir berdiameter 3/4" dan tinggi kolom pasir 50 cm	65
h. Dengan kolom pasir berdiameter 1" dan tinggi kolom pasir 50 cm	66
i. Dengan kolom pasir berdiameter 1 ¹ / ₄ " dan tinggi kolom pasir 50 cm	67

Bab VI ANALISIS HASIL PENELITIAN

6.1. Pendahuluan	68
6.2. Klasifikasi Lempung Asli (<i>remolded</i>).....	68
6.3. Analisis Tanah Asli Terhadap Tegangan dan Penurunan	68
6.4. Analisis Panjang Kolom Pasir Sama, Diameter Kolom Pasir Berbeda.....	73
6.5. Analisis Diameter kolom Pasir Sama, Panjang Kolom Pasir Beda.....	80
6.6. Analisis Waktu Peram Pada Panjang Kolom Pasir Sama dan Diameter kolom Pasir Sama.....	88
6.5.1. Waktu peram 0 jam dan 48 jam pada Panjang kolom sama, Diameter kolom sama.....	88
6.7. Analisis Terhadap Semakin Besar Beban, Semakin Kecil Interval/Perbedaan Penurunn.....	94
6.8 Analisis Perhitungan Penurunan Secara Mekanis.....	97

Bab VII KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

7.1. Kesimpulan	101
7.2. Rekomendasi.....	102

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Diagram Fase Tanah	17
Gambar 3.2. Variasi Volume dan Kadar Air pada Kedudukan Batas Cair, Batas Plastis dan Batas Susutnya	21
Gambar 3.3 Deformasi permanent dan elastis secara kualitatif suatu tanah dari pemakaian dan peniadaan sejumlah tegangan	26
Gambar 3.4 Grafik hubungan antara deformasi dan beban pada percobaan pembebanan tiang.....	27
Gambar 3.5 Perilaku kolom pasir	29
Gambar 3.6. <i>Point Bearing (End bearing) Piles</i>	32
Gambar 3.7. <i>Friction Column</i>	35
Gambar 3.8. Konsep Rakit Ekuivalen	37
Gambar 3.9 Distribusi tekanan sentuh dan perubahan letak vertikal.....	39
Gambar 4.1. Model Benda Uji	42
Gambar 4.2. Susunan Kolom Pasir	44
Gambar 4.3. Penampang Atas dari Pemodelan Benda Uji	46
Gambar 4.4. Sistematika Penelitian Sampel Tanah (<i>Flow Chart</i>).....	54
Gambar 5.1. Grafik Analisis Butiran Tanah	56
Gambar 5.2. Grafik hubungan <i>load displacement</i> untuk sampel lempung tanpa kolom pasir dengan waktu peram (curing time) 0 Jam dan 48 Jam	59
Gambar 5.3. Grafik hubungan <i>load displacement</i> untuk sampel dengan diameter kolom pasir ½ inch, tinggi kolom pasir 33,33cm, waktu peram 0 Jam dan 48 Jam	60
Gambar 5.4. Grafik hubungan <i>load displacement</i> untuk sampel dengan diameter kolom pasir ¾ inch, tinggi kolom pasir 33.33 cm, waktu peram 0 Jam dan 48 Jam	61
Gambar 5.5. Grafik hubungan <i>load displacement</i> untuk sampel dengan diameter kolom pasir 1 inch tinggi kolom pasir 33,333 cm, waktu peram 0 Jam dan 48 Jam.....	62

Gambar 5.6. Grafik hubungan <i>load displacement</i> untuk sampel dengan diameter kolom pasir 1 ¼ inch, tinggi kolom pasir 33.33 cm, waktu peram 0 Jam dan 48 Jam	63
Gambar 5.7. Grafik hubungan <i>load displacement</i> untuk sampel dengan diameter kolom pasir ½ inch, tinggi kolom pasir 50 cm, waktu peram 0 Jam dan 48 Jam	64
Gambar 5.8. Grafik hubungan <i>load displacement</i> untuk sampel dengan diameter kolom pasir ¾ inch, tinggi kolom pasir 50 cm, waktu peram 0 Jam dan 48 Jam	65
Gambar 5.9. Grafik hubungan <i>load displacement</i> untuk sampel dengan diameter kolom pasir 1 inch, tinggi kolom pasir 50 cm, waktu peram 0 Jam dan 48 Jam	66
Gambar 5.10. Grafik hubungan <i>load displacement</i> untuk sampel dengan diameter kolom pasir 1¼ inch, tinggi kolom pasir 50 cm, waktu peram 0 Jam dan 48 Jam	67
Gambar 6.1. Klasifikasi tanah berdasarkan USCS.....	71
Gambar 6.2. Grafik perubahan <i>load displacement</i> pada sampel tanpa kolom pasir dengan waktu peram (<i>curing time</i>) 0 jam dan 48 jam.	72
Gambar 6.3. Grafik perubahan <i>load displacement</i> dengan panjang kolom pasir 33,33 cm waktu peram 0 jam pada setiap diameter kolom pasir berbeda.....	74
Gambar 6.4. Grafik perubahan <i>load displacement</i> dengan panjang kolom pasir 50 cm waktu peram 0 jam pada setiap diameter kolom pasir berbeda.....	75
Gambar 6.5. Pengaruh perbedaan luasan pada kolom pasir	79
Gambar 6.6. Grafik perubahan <i>load displacement</i> dengan diameter kolom pasir ½" waktu peram 0 jam pada panjang kolom pasir berbeda.....	81
Gambar 6.7. Grafik perubahan <i>load displacement</i> dengan diameter kolom pasir ¾" waktu peram 0 jam pada panjang kolom pasir berbeda.....	82
Gambar 6.8. Grafik perubahan <i>load displacement</i> dengan diameter kolom pasir 1" waktu peram 0 jam pada panjang kolom pasir berbeda.....	84
Gambar 6.9. Grafik perubahan <i>load displacement</i> dengan diameter kolom pasir 1¼". waktu peram 0 jam pada panjang kolom pasir berbeda.....	85
Gambar 6.10. Grafik perubahan <i>load displacement</i> dengan diameter kolom pasir ½" waktu peram 0 jam dan 48 jam pada panjang kolom pasir yang sama.....	89

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Nilai indeks plastisitas dan macam tanah	21
Tabel 3.2. Porositas, angka pori dan berat Unit dari tanah-tanah tipikal dalam keadaan alami (Peck dkk, 1974)	23
Tabel 3.3. Nilai-nilai estimasi sudut gesek dalam (ϕ) dari hasil uji triaksial (Bowles, 1977)..	24
Tabel 3.4. Nilai kuat tekan bebas (q_u) untuk jenis-jenis tanah lempung (Peck dkk, 1953)..	24
Tabel 5.1. Data sifat mekanis dan indeks tanah lempung Salaman	57
Tabel 5.2. Hasil pengujian pembebanan dengan variasi beban, tanpa kolom pasir dan waktu peram (<i>curing time</i>) 0 jam dan 48 jam	59
Tabel 5.3. Hasil pengujian pembebanan pada diameter $\frac{1}{2}$ " dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 33,33 cm.....	60
Tabel 5.4. Hasil pengujian pembebanan pada diameter $\frac{3}{4}$ " dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 33,33 cm.....	61
Tabel 5.5. Hasil pengujian pembebanan pada diameter 1" dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 33,33 cm.....	62
Tabel 5.6. Hasil pengujian pembebanan pada diameter $1\frac{1}{4}$ " dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 33,33 cm.....	63
Tabel 5.7. Hasil pengujian pembebanan pada diameter $\frac{1}{2}$ " dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 50 cm.....	64
Tabel 5.8. Hasil pengujian pembebanan pada diameter $\frac{3}{4}$ " dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 50 cm.....	65
Tabel 5.9. Hasil pengujian pembebanan pada diameter 1" dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 50 cm.....	66
Tabel 5.10. Hasil pengujian pembebanan pada diameter $1\frac{1}{4}$ " dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 50 cm.....	67
Tabel 6.1. Hasil pengujian pembebanan tanpa kolom pasir dengan waktu peram 0 jam dan 48jam.....	72
Tabel 6.2. Hasil pengujian pembebanan pada panjang kolom pasir 50cm diameter kolom pasir berbeda dengan waktu peram 0 jam.....	73
Tabel 6.3. Hasil pengujian pembebanan pada panjang kolom pasir 50cm diameter kolom pasir berbeda dengan waktu peram 0 jam.....	75
Tabel 6.4. Hasil pengujian pada diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ " panjang berbeda.	80
Tabel 6.5. Hasil pengujian pada diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ " panjang berbeda.	82

Tabel 6.6. Hasil pengujian pada diameter kolom pasir 1" panjang berbeda.	83
Tabel 6.7. Hasil pengujian pada diameter kolom pasir 1 ¹ / ₄ " panjang berbeda.....	85
Tabel 6.8. Hasil pengujian benda uji dengan panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm , diameter kolom pasir 1/2" pada waktu peram 0 jam dan 48 jam.....	89
Tabel 6.9. Hasil pengujian benda uji dengan panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm , diameter kolom pasir 3/4" pada waktu peram 0 jam dan 48 jam.....	90
Tabel 6.10. Hasil pengujian benda uji dengan panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm , diameter kolom pasir 1" pada waktu peram 0 jam dan 48 jam.....	91
Tabel 6.11. Hasil pengujian benda uji dengan panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm , diameter kolom pasir 1" pada waktu peram 0 jam dan 48 jam.....	92
Tabel 6.12 Hasil pengujian pembebanan pada panjang kolom pasir 33,33cm diameter kolom pasir berbeda dengan waktu peram 48 jam.....	94
Tabel 6.13. Perhitungan penurunan hitungan manual/mekanis dan uji laboratorium.....	100

DAFTAR NOTASI

- A = luas penampang kolom (m^2)
- Bg = lebar kelompok kolom pasir arah vertikal (cm)
- c = kohesi (kg/cm^2)
- Cu = *cohesion undrained* (kg/cm^2)
- d = jarak antar as kolom pasir (spasi) (cm)
- D = diameter kolom pasir (cm)
- e = angka pori
- f_s = faktor gesekan (*friction*)
- Gs = Berat jenis (*specific gravity*)
- h = tinggi kolom pasir (cm)
- L = panjang kolom pasir (cm)
- Lg = lebar kelompok kolom pasir arah horizontal (cm)
- N_q, N_c = faktor daya dukung tanah
- n = porositas
- n_1 = jumlah kolom pasir arah horizontal dalam kelompok tiang
- n_2 = jumlah kolom pasir arah vertikal dalam kelompok tiang
- P = beban terpusat (*point*) (kg)
- Qu = nilai kuat tekan bebas (kg/cm^2)
- Qp = tahanan ujung tiang kolom (kN)
- Qs = tahanan selimut tiang kolom (kN)
- $Q_{allowed}$ = tahanan ujung dan selimut yang diperbolehkan (*allowed*) (kN)

ABSTRAKSI

Kondisi tanah lempung yang ada di Indonesia saat ini umumnya masih rawan terhadap berbagai permasalahan geoteknik, seperti masalah pada kapasitas dukung yang rendah pada tanah dasar sehingga tidak dapat digunakan sebagai media penahan konstruksi di atasnya. Untuk mengatasi hal tersebut upaya terhadap perbaikan tanah (soil improvement) dapat dilakukan dengan berbagai metode guna memperbaiki kapasitas dukung tanah lempung itu sendiri.

Dalam penelitian kali ini dilakukan perbaikan tanah terhadap sampel tanah lempung yang berasal dari daerah Salaman Jawa Tengah yang memiliki kadar air tinggi dengan menggunakan metode kolom pasir. Pengujian pembebanan dengan penambahan yang bervariasi dilakukan untuk mengetahui penurunan yang terjadi pada sampel lempung yang dibuat kembali (remolded) dengan kadar air rencana yaitu antara 50%-60% dan menggunakan kolom pasir yang disusun dengan konfigurasi segi empat. Pasir yang digunakan sebagai kolom berasal dari daerah Krasak Jawa Tengah dan telah lolos saringan no.4. Diameter kolom pasir yang diuji masing - masing berdiameter $\frac{1}{2}$ inch, $\frac{3}{4}$ inch, 1 inch dan $1\frac{1}{4}$ inch dengan kedalaman kolom pasir berbeda yaitu $h = 50$ cm dan $\frac{2}{3}h$ dengan waktu peram selama 0 jam dan 48 jam.

Hasil pengujian pembebanan menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan yang berbeda akibat penggunaan kolom pasir. Pada uji pembebanan tanpa kolom pasir, penurunan yang terjadi pada waktu 0 jam adalah 29,22mm dan pada waktu peram 48 jam adalah 27,4mm. Penurunan yang terjadi dengan menggunakan kolom pasir berdiameter $\frac{1}{2}$ sampai $1\frac{1}{4}$ inch dengan panjang kolom $(\frac{2}{3})h$ pada waktu 0 jam adalah 19,81mm-25,32mm dan pada waktu peram 48 jam adalah 15,38mm - 27,40mm. Penurunan yang terjadi dengan menggunakan kolom pasir berdiameter $\frac{1}{2}$ sampai $1\frac{1}{4}$ inch dengan panjang kolom 50cm pada waktu 0 jam adalah 17,55mm - 23,23mm dan pada waktu peram 48 jam adalah 14,80mm - 22,48mm.

Analisis penelitian terhadap hasil pengujian yang menunjukkan bahwa kolom pasir dengan panjang yang lebih pendek yaitu 33,33cm penurunannya lebih besar dari pada 50cm dan diameter kolom pasir yang lebih besar $1\frac{1}{4}$ inch penurunannya lebih sedikit dibandingkan dengan menggunakan kolom pasir yang memiliki diameter lebih kecil. Analisis terhadap waktu peram 48 jam selama pengujian sedikit penurunannya dibandingkan dengan waktu peram 0 jam.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya perkembangan pada bidang ekonomi di suatu daerah memberikan konsekuensi yang logis terhadap pembangunan infrastruktur baru dalam rangka untuk mendukung pengembangan daerah tersebut. Batasan alam, untuk kondisi sekarang bukanlah suatu masalah karena teknologi yang ada sudah cukup maju untuk dijadikan alternatif penyelesaian masalah yang timbul. Masalah yang utama justru pada ketersediaan dana dan waktu yang dapat ditoleransi oleh pihak pemilik (*owner*), karena biaya yang tinggi untuk mendatangkan dalam jumlah besar bahan yang dikehendaki, maka akan lebih hemat jika menggunakan tanah lokal (Dunn, I.S. 1980).

Dalam perencanaan struktur sering dijumpai keadaan tanah dengan sifat-sifat yang tidak mendukung struktur tersebut, sehingga diperlukan perbaikan tanah (*soil improvement*) untuk dapat memenuhi syarat teknis yang diperlukan (Cernica, J.N. 1995).

Tanah lempung lunak termasuk tanah yang bermasalah di bidang konstruksi, karena mempunyai daya dukung yang rendah dan penyebarannya cukup luas dipermukaan bumi termasuk di Indonesia. Seorang *engineer* geoteknik diperlukan untuk tanggap dan jeli terhadap berbagai persoalan yang akan dihadapi di lapangan termasuk permasalahan pada tanah lempung. Pembangunan yang ada saat ini berkembang sangat pesat, sehingga penggunaan lahan juga semakin

bertambah luas. Yang menjadikan permasalahan adalah pembangunan infrastruktur dengan pemanfaatan lahan pada tanah lunak akibat semakin sedikit lahan yang tersedia. Hal ini berkaitan dengan kondisi tanah sebagai media dasar didirikannya bangunan tersebut. Yang harus dihindari adalah penurunan tanah secara berlebihan (*exesive settlement*), yang berkaitan dengan perubahan volume sehingga dapat mengakibatkan kerusakan struktur bila tidak dilakukan pencegahan yang optimal (Bowles, J.E.1988).

Kondisi tanah lunak seperti lempung cenderung kurang stabil, bahkan tidak mampu dalam mendukung beban konstruksi, karena sifat tanah lempung mempunyai gaya geser yang kecil, kemampuan mampatnya (*compressibility*) besar dan koefisien pengaliran air (*permeability*) yang kecil. Apabila pembebanan konstruksi melampaui daya dukung kritis, maka akan terjadi kerusakan pada tanah pondasi.

Sebagai contoh permasalahan teknis yang dihadapi dalam pembangunan jalan antara Pelabuhan Pomako dan Hiripau di kabupaten Mimika Propinsi Papua terutama dalam hal kondisi topografi dan geoteknik yang dilalui trase jalan tersebut. Kondisi topografinya berupa rawa-rawa dan sungai-sungai besar sedangkan kondisi geotekniknya berupa tanah lunak (*soft soil*). Dengan kondisi geoteknik yang berupa tanah lunak, dalam membangun badan jalan akan menghadapi beberapa problematika yaitu daya dukung tanah dasarnya sangat rendah. Pada tanah dasar hanya mampu dibebani dengan timbunan tanah setinggi 1,5m saja sehingga perlu dilakukan perbaikan tanah dasar untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar agar mampu memikul beban badan jalan setinggi 3 m

ditambah dengan beban perkerasan jalan serta beban lalu-lintas yang lewat di atasnya. Pemampatan tanah dasar cukup besar, apabila tanah dasar dibebani dengan badan jalan 3 m ditambah dengan perkerasan jalan serta lalu-lintas maka akan memampat sebesar 0,629 m akibatnya akan menyebabkan elevasi muka jalan akan turun. Percepatan pemampatan tanah dasar yang cukup lama juga mengakibatkan waktu berlangsungnya pemampatan tanah sangat lambat sehingga harus dipersingkat sedini mungkin agar pada saat jalan dibuka untuk lalu-lintas kendaraan, tanah dasar tidak lagi mengalami pemampatan. Kalaupun masih terjadi pemampatan, tidak sampai merusak perkerasan jalan. sehingga perkerasan jalan menjadi tidak cepat rusak sampai umur rencananya.

Dalam ilmu Mekanika Tanah ada beberapa metode yang digunakan untuk perbaikan tanah dasar yang lunak.

1. Metode perbaikan tanah (Das, B.M. 1990)

a. Pemadatan tanah (*compaction of soil*).

Metode pemadatan tanah ini merupakan usaha untuk meningkatkan kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Pengerjaannya dapat dilakukan dengan mempergunakan mesin penggilas.

b. Metode getar apung (*vibroflotation*)

Metode ini untuk memperbesar kepadatan tanah dengan cara, alat didudukan di atas tanah dengan pancaran air dipompakan ke dalam lebih cepat dari pada air yang keluar ke dalam tanah, Tekanan direduksi cukup untuk membolehkan air untuk dikembalikan ke permukaan, yang

mengelminasi setiap bahan urugan dan memudahkan pengisian sambil alat pemampat getar apung ditarik ke permukaan.

c. Penggunaan kolom batu (*stone columns*).

Sebuah metode yang digunakan untuk meningkatkan daya dukung pondasi dangkal pada lapisan tanah lunak adalah dengan menggunakan konstruksi kolom batu. Dengan metode ini tekanan pori berlebih yang terjadi dapat menghilang ke dalam kolom sehingga menghasilkan rasio rongga yang berkurang dalam daerah pengaruhnya.

2. Metode perbaikan tanah (Bowles, J.E.1996)

a. Penggunaan kolom pasir (*sand column*).

Metode kolom pasir ini dilakukan dengan maksud agar pasir yang dipadatkan didorong masuk kedalam lapisan tanah lunak menjadikan suatu kombinasi tanah yang relatif lebih kuat dan padat dari kondisi sebelumnya. Dalam hal ini apabila dikenakan beban di atasnya maka kolom-kolom pasir akan lebih dominan dalam memikul beban. Metode ini dilakukan dengan cara memasukkan pasir kedalam pipa-pipa vertikal dalam tanah dan dipadatkan.

b. Penggunaan kolom kapur (*lime column*).

Metode kolom kapur dilakukan dengan cara yang sama dengan cara yang dilakukan pada metode kolom pasir. Metode ini dilakukan dengan maksud kadar air tanah lunak menjadi turun akibat terserap oleh kolom kapur aktif. Dengan penyerapan kapiler dan pembentukan hidrat oleh kolom kapur aktif menjadikan kekuatan tanah lunak meningkat dan

penurunannya dapat diperkecil. Pada metode ini tidak harus diperlukan pembebanan diatas permukaan tanah dasar lunak.

c. Penggunaan campuran kapur atau semen.

Metode pencampuran lapisan dalam (*deep layer mixing treatment method*) ini dilakukan dengan cara memasukkan kapur atau semen dan dikocok-kocok pada kedalaman lapisan tanah lunak. Oleh reaksi penyerapan akan terjadi efek kombinasi kapur dan tanah atau semen dan tanah seperti yang terjadi pada metoda kolom kapur.

Cara perbaikan tanah dasar dengan metode penggunaan kolom pasir padat dipakai pada penelitian kali ini, hal ini sebagai alternatif dalam perbaikan tanah dasar untuk memikul beban struktur yang ada diatasnya.

Dalam penelitian ini penyusun mencoba untuk meninjau permasalahan yang terjadi pada lempung, untuk itu penyusun mengambil sampel lempung yang berasal dari Salaman, Magelang, Jawa Tengah yang diketahui dari hasil pengujian UCT (*Unconfined Compression Test*) pada sampel *undisturb* memiliki kadar air cukup tinggi yaitu antara 50%-60% dan menggunakan kolom pasir yang diasumsikan sebagai tiang kelompok (*pile group*) pada benda uji yang dibuat kembali (*remolded*) dengan kadar air rencana yaitu antara 50%-60% serta diameter kolom pasir yang bervariasi. Kemudian melakukan analisa terhadap pengaruh diameter kolom pasir, pengaruh panjang kolom pasir serta pengaruh waktu peram (*curing time*) pada benda uji. Sehingga diharapkan dapat memberikan manfaat dari penggunaan kolom pasir pada lempung dalam halnya

mereduksi kegagalan geoteknik khususnya masalah daya dukung (*bearing capacity*) tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut ini:

1. Bagaimana memperbaiki daya dukung (*bearing capacity*) tanah lempung.
2. Berbagai masalah penurunan (*settlement*) yang terjadi pada lempung.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perubahan *load displacement* pada benda uji tanpa menggunakan kolom pasir dibandingkan dengan benda uji yang menggunakan kolom pasir.
2. Menghitung penurunan dari kelompok kolom pasir secara manual dan uji laboratorium.

1.4 Manfaat Penelitian

Diharapkan dari hasil penelitian ini akan didapatkan gambaran tentang pengaruh penggunaan kolom pasir pada tanah lempung terhadap daya dukungnya akibat tegangan yang terjadi pada konstruksi pondasi kolom pasir sehingga diharapkan dapat memberikan alternatif penanggulangan kegagalan pada struktur geoteknik yang akan dibangun pada tanah lempung.

1.5 Batasan Penelitian

Mengingat masing-masing jenis tanah mempunyai sifat yang berbeda-beda dan akan berpengaruh dalam suatu struktur bangunan sipil dalam hal ini pondasi dangkal, maka masalah yang dibahas akan dibatasi pada :

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan benda uji lempung lunak yang dari hasil uji laboratorium yaitu dengan pengujian UCT (*Unconfined Compression Test*) pada sampel *undisturb* memiliki $q_u = 0,4179 \text{ kg/cm}^2$ dan $cohesion = 0,157 \text{ kg/cm}^2$, dengan nilai q_u yang ada masuk ring 0,25-0,50 merupakan kategori lempung lunak dan berat volume kering pasir maksimum = $1,19161 \text{ gr/cm}^3$
2. Perbaikan tanah dengan menggunakan tanah pasir (lolos saringan no.4) yang berasal dari Krasak, Yogyakarta,
3. Kepadatan pasir *dense* dan konstan,
4. Kolom pasir yang digunakan berdiameter $\frac{1}{2}$ inch, $\frac{3}{4}$ inch, 1 inch dan $1 \frac{1}{4}$ inch dengan tinggi $(\frac{2}{3}) h$ cm dan $h = 50 \text{ cm}$,

5. Variasi beban yang digunakan adalah 8kg, 12kg, 13,99kg, 15,97kg, 20kg, 25kg dan 30kg,
6. Kadar air pada lempung (*remolded*) tetap yaitu 50%-60%,
7. Dimensi Benda uji Kubus dengan ukuran panjang:50cm, lebar:50cm tinggi:50cm dengan ukuran cap kolom pasir yaitu 10cm², 14cm², 18cm², 27cm²,
8. Diasumsikan beban merata pada setiap kolom,
9. Beban gempa tidak diperhitungkan,
10. Suhu ruangan di Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII adalah 25° C (konstan).

1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, FTSP, Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang km. 14,4 Sleman, Yogyakarta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Berbagai jenis tanah yang ada di Indonesia saat ini memang beraneka ragam jenisnya, dan tidak semua jenis tanah tersebut stabil pada kondisi aslinya. Tanah yang kurang stabil umumnya diakibatkan karena daya dukungnya yang labil, seperti pada tanah granular yang butiran tanahnya halus dan bersifat sangat lepas (*very loose*) akan memiliki gaya geser yang kecil dan kemampatan yang besar serta koefisien permeabilitas yang relatif kecil, jadi daya dukung batas (*ultimate*) suatu tanah dibawah beban fondasi terutama tergantung kepada kekuatan geser tanah tersebut (Bowles, J.E 1984).

Bilamana tanah tersebut menjadi tanah dasar suatu pondasi dan belum mengalami perbaikan (*improvement*) lalu diberikan pembebanan konstruksi diatasnya, maka akan terjadi kerusakan pada permukaan tanah dasarnya (*surface failure*) hal ini terjadi karena telah melampaui daya dukung kritisnya. Gejala kerusakan permukaan tanah dasar sebagai tanah dasar pondasi atau penurunan tambahan bukan hanya akan menyebabkan konstruksi itu tidak berfungsi sebagai mana mestinya, melainkan dapat mengakibatkan permukaan tanah di sekeliling konstruksi itu naik atau turun. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan-bangunan konstruksi lainnya. Sehingga dapat mengakibatkan penurunan (*settlement*) bila didirikan struktur bangunan diatasnya (Sosrodarsono, S. dan. Nakazawa, K.1994).

Tanah memang merupakan material yang kadang tidak pasti dan membuat kita selalu berhadapan pada berbagai resiko kegagalan dalam pelaksanaan pekerjaan tanah, khususnya dibidang teknik sipil. Maka dari itu kita selalu dituntut untuk memahami setiap kondisi yang ada sehingga diharapkan dapat menangani berbagai masalah yang timbul didalamnya.

Prinsip dasar perbaikan tanah (*soil improvement*) itu pada dasarnya adalah memperbaiki karakteristik mekanis tanah. Dewasa ini terdapat bermacam-macam teknik perbaikan lapisan tanah pondasi. Oleh perbedaan penggunaan bahan-bahan, mesin-mesin atau metode pelaksanaan, meskipun berdasarkan prinsip yang sama, seringkali metode yang sama itu mempunyai nama yang berbeda-beda. Mengingat pengaruh setiap metode itu berbeda-beda, maka metode yang digunakan itu harus sesuai dengan karakteristik lapisan tanah, jenis bangunan dan metode pelaksanaan (Das, B.M.1985).

Penelitian kali ini mencoba metode penggunaan kolom pasir dibawah pondasi dangkal pada tanah lempung. Bilamana banyak kolom pasir yang dipadatkan dibawah pondasi dangkal pada tanah lempung maka tanah lempung itu sudah merupakan kombinasi tanah yang terdiri dari kolom-kolom pasir dan tanah lempung. Jika suatu beban bekerja pada tanah pondasi kombinasi ini, maka kolom-kolom pasir akan lebih besar memikul bagian beban dari pada tanah lempung itu. Hal ini disebabkan oleh perbedaan karakteristik fisik dan mekanis kolom pasir dan tanah lempung. Jadi tegangan yang terjadi pada tanah lempung itu berkurang, sehingga besarnya penurunanpun dapat ditekan. Mengingat gaya geser pasir umumnya lebih besar dari gaya geser tanah lempung, maka telah

didapat bahwa kekuatan keseluruhan tanah pondasi meningkat sebanding dengan banyaknya pasir yang menggantikan tanah lempung itu (Sosrodarsono, S. and Mr. Nakazawa, K. 1994).

Dari segi bahan yang digunakan dalam usaha perbaikan tanah (*soil improvment*), metode penggunaan kolom-kolom pasir padat dinilai lebih ekonomis dibandingkan dengan penggunaan metode kolom kapur dan metode penggunaan kolom pasir. Selain murah harga satuannya, pasir juga mudah didapat sehingga efisiensi pekerjaan perbaikan tanah dapat ditingkatkan.

Penelitian tentang penggunaan kolom-kolom kapur pernah dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah FTSP, Universitas Islam Indonesia, dimana perbaikan tanah lempung dengan menggunakan kolom kapur sebagai stabilisator pada tanah lunak (*soft soil*). Pada penelitian kolom kapur tersebut dilakukan dengan model kolom tunggal dengan hasil prosentase berat kering kapur 8% pada tanah lempung yang mempunyai kadar air 39% - 41% mengalami peningkatan nilai kohesi (c) yang paling tinggi, yakni terjadi kenaikan nilai kohesi (c) sebesar $\pm 7\%$ dari tanah yang tidak diberi kolom kapur, sedangkan sudut gesek dalam (ϕ) yang paling besar untuk sampel yang langsung diuji terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100%. (Diatri Nararatih, 2000)

Selain itu juga penelitian dilakukan dengan menggunakan kelompok tiang (*pile group*). Dari hasil penelitiannya kolom kapur dengan prosentase berat kering kapur 100% cenderung mengalami peningkatan prosentase perubahan *settlement* yang lebih besar. Serta faktor tinggi kolom kapur akan sangat berpengaruh pada penurunan yang terjadi pada tanah lempung. Kolom kapur dengan setinggi sampel

mengalami penurunan yang sangat kecil dibandingkan kolom kapur dengan tinggi $2/3$ tinggi media benda uji itu diketahui bahwa *settlement* yang terjadi akan semakin berkurang dengan bertambahnya prosentase campuran kapur pada tanah lempung (Fauzan dkk, 2003).

Penelitiannya lain yaitu “penggunaan geotekstil pada pondasi kolom pasir vertikal di tanah kohesif yang ditinjau terhadap konsolidasi dan kapasitas dukungnya” dengan hasil waktu konsolidasi dengan susunan segi tiga lebih cepat dibandingkan dengan susunan bujur sangkar. Hubungan antara diameter dengan waktu konsolidasi adalah semakin bertambahnya ukuran diameter dan jarak antar tiang maka akan semakin lama waktu konsolidasinya. Pada hubungan antara diameter dengan kapasitas dukung tiang kelompok adalah dengan bertambahnya jumlah tiang dan besar diameter dalam kelompok tiang maka akan semakin besar kapasitas dukungnya, sedang kapasitas dukung untuk tiang tunggalnya semakin kecil (Tedy Setiawan .S dan Herly Sulisty, 1998).

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan didapatkan masukan bahwa stabilisasi dan perbaikan terhadap tanah lunak memang sangat diperlukan untuk meningkatkan daya dukung (*bearing capacity*) tanah lunak tersebut sebelum mendirikan konstruksi bangunan di atasnya baik dengan menggunakan berbagai metode.

Penelitian kali ini berangkat dari permasalahan yang sering terjadi pada tanah lempung yaitu terjadinya penurunan (*settlement*) akibat rendahnya daya dukung yang dimiliki tanah lempung sehingga diperlukan perbaikan tanah tersebut dengan menggunakan metode kolom-kolom pasir dibawah pondasi dangkal, sehingga penelitian ini dapat dipertanggungjawabkan keasliannya.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya, (Christady, H. 2002).

3.1.1 Umum

Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi didekat permukaan bumi membentuk tanah, pembentukan tanah dari batuan induknya dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat erosi, angin, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca, (Christady, H. 2002).

3.1.2 Klasifikasi Tanah

Dari berbagai campuran partikel tanah yang ada dipermukaan bumi, terdapat beberapa jenis tanah yang kita ketahui, klasifikasi tanah dikelompokkan berdasarkan ukuran butiran, sifat mekanis tanah dan kandungan minerologi, yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan ukuran butiran, menurut (Bowles, J.E.1984):
 - a. Berangkal (*boulders*), yaitu potongan batuan yang lebih besar dari 250 sampai 300 mm. Untuk kisaran 150 sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*) atau *pebbles*.
 - b. Kerikil (*gravel*), yaitu partikel batuan yang berukuran 5 sampai 159 mm.
 - c. Pasir (*Sand*), yaitu partikel batuan yang berukuran 0,074 sampai 5 mm. Dengan gradasi kasar 3 sampai 5 mm, hingga gradasi halus yang berukuran kurang dari 1 mm.
 - d. Lanau (*Silt*), yaitu partikel batuan yang berukuran dari 0,002 sampai 0,074. Deposit loose terjadi bila angin mengangkut partikel lanau kesuatu lokasi. Angkutan oleh angin ini dapat membatasi ukuran partikel yang dibawanya sehingga dihasilkan deposit lanau yang homogen.
 - e. Lempung (*Clay*) yaitu partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesi.
 - f. Koloid (*colloids*), yaitu partikel tanah yang diam dalam arti merupakan partikel tanah yang dianggap paling kecil, berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.
2. Berdasarkan sifat-sifat mekanis yang dimiliki, (Bowles, J.E.1984)
 - a. Kohesifitas :
 - a.1 Tanah kohesif : Tanah yang memiliki butiran halus.

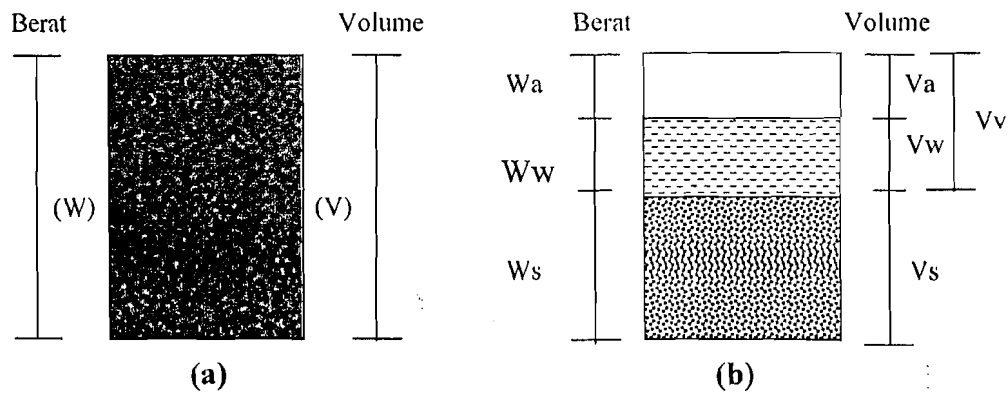
- a.2 Tanah non kohesif: Tanah yang memiliki butiran kasar.
- b. Permeabilitas :
 - b.1 Porositas : Tanah yang memiliki permeabilitas tinggi mudah dilalui oleh air karena berpori lebih banyak, begitu sebaliknya.
- 3. Berdasarkan kandungan mineralogi.
 - a. Tanah Organik : tanah yang mengandung bahan organik yang mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah tersebut.
 - b. Tanah Anorganik : tanah yang terdiri dari fraksi-fraksi tanah mikroskopis yang mengembangkan plastisitas atau kohesi.

Klasifikasi tanah yang digunakan pada penelitian kali ini adalah:

1. Berdasarkan sistem *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*,
2. Berdasarkan sistem Unified (*Unified Soil Classification System*).

3.1.3 Hubungan Antara Fase Tanah

Pada segumpal tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian. Dalam tanah yang kering, hanya akan terdapat dua bagian, yaitu butir-butir tanah dan pori-pori udara. Dalam tanah yang jenuh juga terdapat dua bagian, yaitu bagian padat atau butiran dan air pori. Dalam keadaan tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian padat atau butiran, pori-pori udara dan air pori. Bagian-bagian dari tanah itu sendiri dapat kita gambarkan dalam bentuk diagram fase, seperti yang ditunjukkan **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram fase tanah

Pada **Gambar 3.1a** memperlihatkan elemen tanah yang mempunyai volume (V) dan berat total (W), sedangkan **Gambar 3.1b** memperlihatkan hubungan berat dan volumenya.

Dari gambar tersebut dapat dibentuk persamaan berikut :

$$W = W_s + W_w$$

dan $V = V_s + V_w + V_a$

$$V_v = V_w + V_a$$

Dengan:

W_s = berat butiran padat

W_w = berat air

V_s = volume butiran padat

V_w = Volume air

V_a = Volume udara

Berat udara dianggap sama dengan nol. Hubungan-hubungan volume yang biasa digunakan dalam mekanika tanah adalah angka pori, porositas, dan derajat kejenuhan. Adapun hubungan-hubungannya adalah sebagai berikut, (Das,B.M.1983)

Kadar air (w), didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat butiran (W_s) dalam tanah tersebut, dinyatakan dalam persen.

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

Porositas (n), didefinisikan sebagai perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume total (V). Dalam hal ini dapat digunakan dalam bentuk persen maupun desimal.

$$n = \frac{V_v}{V} \dots\dots\dots(3.2)$$

Angka pori (e), didefinisikan sebagai perbandingan volume rongga (V_v) dengan volume butiran (V_s). Biasanya dinyatakan dalam desimal.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots\dots\dots(3.3)$$

Berat volume tanah basah (γ_b), adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara (W) dengan volume total tanah (V).

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dengan $W = W_w + W_s + W_v$ ($W_v =$ berat udara $= 0$). Bila ruang udara terisi oleh air seluruhnya ($V_a = 0$), maka tanah menjadi jenuh.

Berat volume kering (γ_d), adalah perbandingan antara berat butiran (W_s) dengan volume total (V) tanah.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \dots\dots\dots(3.5)$$

Berat volume butiran padat (γ_s), didefinisikan sebagai perbandingan antara berat butiran padat (W_s) dengan volume butiran padat (V_s).

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \dots\dots\dots(3.6)$$

Berat jenis (*specific gravity*) tanah (G_s) didefinisikan sebagai perbandingan berat volume butiran padat (γ_s) dengan berat volume air (γ_w) pada temperatur 4° C

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_v * \gamma_w} \dots\dots\dots(3.7)$$

3.1.4 Tanah Kohesif dan Tidak Kohesif

Apabila karakteristik fisik yang selalu terdapat pada massa butir-butir tanah bersatu sesamanya sehingga sesuatu gaya akan diperlukan untuk memisahkannya dalam keadaan kering tersebut, maka tanah tersebut disebut *kohesif*. Apabila butir-butir tanah terpisah-pisah sesudah dikeringkan dan hanya bersatu apabila berada dalam keadaan basah karena gaya tarik permukaan didalam air, maka tanah ini disebut tidak *kohesif*.

3.1.5 Batas Konsistensi Tanah

Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisnya, dimana plastisitas disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Batas-batas konsistensi tanah yang dikemukakan oleh A. Atterberg (1911) didasarkan kepada kadar air, (Das, B.M.1983) yaitu:

1. Batas Cair/*Liquid Limit (LL)*

Batas cair didefinisikan sebagai kadar air pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis, dimana untuk nilai-nilai

diatasnya tanah akan bersifat sebagai cairan kental (campuran tanah tanpa-air tanpa kuat geser yang dapat diukur).

2. Batas Plastis/*Plastic Limit (PL)*

Batas Plastis (PL) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

3. Batas Susut / *Shrinkage Limit (SL)*

Batas susut (SL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanahnya.

Batas Susut dinyatakan dalam persamaan:

$$SL = \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} - \frac{(V_1 - V_2) \gamma_w}{m_2} \times 100\% \quad \dots \quad (3.8)$$

Dengan:

m_1 = berat tanah basah dalam cawan percobaan (gr)

m_2 = berat tanah kering dalam oven (gr)

V_1 = Volume tanah basah dalam cawan (cm^3)

V_2 = Volume tanah kering oven (cm^3)

γ_w = berat isi air

4. Indeks Plastisitas (*IP*)

Indeks plastisitas merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan

tanahnya. Jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis yang kecil, maka keadaan ini disebut dengan tanah kurus. Kebalikannya, jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis yang besar disebut tanah gemuk.

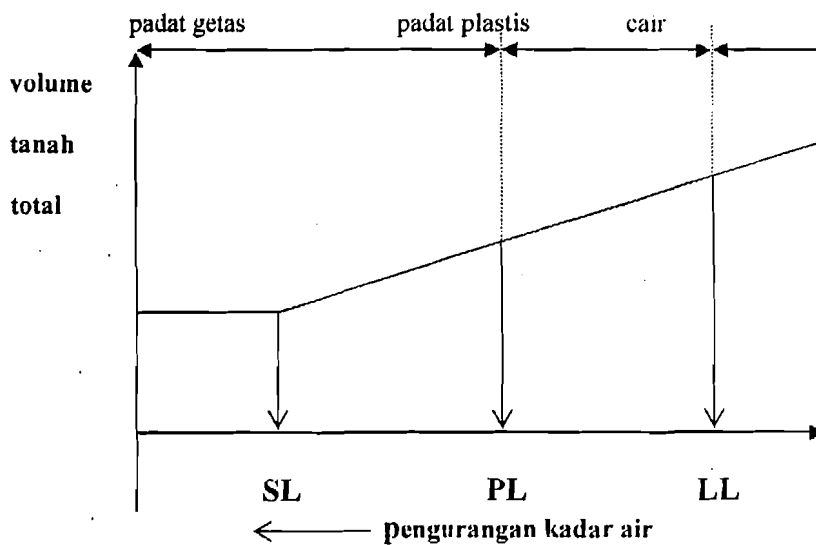
Batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah, dan kohesinya diberikan oleh Atterberg terdapat dalam **Tabel 3.1**

Tabel 3.1 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

PI	Sifat	Macam tanah	Kohesi
0	Nonplastis	Pasir	Nonkohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 - 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber : Mektan 1, Hary christady, 2002

Sedangkan hubungan tanah total dengan kadar air tanah ditunjukkan pada **Gambar 3.2** berikut ini.



Gambar 3.2 Variasi volume dan kadar air pada kedudukan batas cair, batas plastis dan batas susutnya

3.2 Tanah Lempung

Suatu tanah kohesif dapat terdiri dari kumpulan partikel-partikel mineral yang mempunyai indeks plastisitas sesuai dengan batas Atterberg di mana pada waktu mengering membentuk suatu massa yang bersatu sehingga diperlukan gaya untuk memisahkan butiran mikroskopis. (Joseph E. Bowles, 1984, hal. 162)

3.2.1 Karakteristik

Tanah lempung atau dapat juga dikatakan sebagai tanah halus mengandung partikel-partikel yang berupa mineral lempung. Mineral lempung terdiri dari aluminium silikat, magnesium dan zat besi. Ada dua kristalin dasar yang membentuk mineral lempung yaitu : tetrahedron silikon-oksigen dan octahedron aluminium.

3.2.2 Jenis tanah lempung

Perilaku tanah lempung sangat dipengaruhi oleh sifat partikel-partikel lempung secara individual dan air pori. Tipikal tanah lempung secara alami jika dilihat dari porositas, angka pori dan berat unit dapat dilihat pada **Tabel 3.2**. Porositas (n) adalah perbandingan antara volume pori dan volume total dalam hal ini dapat digunakan dalam bentuk persen maupun decimal. Angka pori (e) didefinisikan sebagai rasio antara volume pori dengan volume bahan padat yang selalu dinyatakan dalam suatu desimal, Berat unit (berat unit tiap unit volume) adalah berat tanah dibagi dengan berat volumenya, dimana berat unit dari suatu massa tanah dapat dinyatakan dalam pengertian berat unit total (γ), berat unit kering (γ_d) dan berat unit basah (γ_b).

Tabel 3.2 Porositas, angka pori dan berat unit dari tanah-tanah tipikal dalam keadaan alami (Peck dkk,1974)

No.	Deskripsi	Porositas	Angka Pori	Kadar Air	Berat unit			
					Kn/m ³		lb/cu ft	
					γ_d	γ_{sat}	γ_d	γ_{sat}
1	Pasir uniform,lepas	0.46	0.85	32	14.10	18.50	90	118
2	Pasir uniform,padat	0.34	0.51	19	17.10	20.40	109	130
3	Pasir berbutir campuran,lepas	0.40	0.67	25	15.60	19.50	99	124
4	Pasir berbutir campuran,padat	0.30	0.43	16	18.20	21.20	116	135
5	Lanau bawaan angin (Lus)	0.20	0.99	21	13.40	18.20	85	116
6	Tanah glasial, berbutir sangat campuran	0.20	0.25	9	20.70	22.80	132	145
7	Lempung glasial lunak	0.55	1.20	45	11.90	17.30	76	110
8	Lempung glasial kaku	0.66	0.60	22	16.70	20.30	106	129
9	Lempung agak organic lunak	0.75	1.90	70	9.10	15.40	58	98
10	Lempung sangat organic lunak	0.75	3.00	110	6.80	14.00	43	89
11	Lempung monmorilinit lunak (calcium beritomite)	0.84	5.20	194	4.20	12.60	27	80

Aw = kadar air apabila jenuh, dalam persen terhadap berat jenis

Pada uji kuat geser tanah, bila terdapat air di dalam tanah, pengaruh-pengaruh seperti: jenis pengujian, permeabilitas, kadar air, akan sangat menentukan nilai-nilai kohesi(c) dan sudut geser dalam (ϕ). Nilai-nilai kuat geser yang rendah terjadi pada pengujian dengan cara *Unconsolidated-Undrained*. Pada tanah lempung yang jenuh air nilai sudut gesek dalam (ϕ) dapat mencapai atau mendekati nol, sehingga pada pengujian hanya di peroleh nilai kohesinya dengan nilai estimasi pada table 3.2

Tabel 3.3 Nilai-nilai estimasi sudut gesek dalam (ϕ) dari hasil uji triaksial (Bowles,1977)

Jenis Tanah	Macam Uji Triaksial		
	UU	CU	CD
Kerikil			
Ukuran sedang	40°-55°	-	40°-55°
Berpasir	35°-50°	-	35°-50°
Pasir			
Kering dan tidak padat	29,5°-34°	-	-
Jenuh dan tidak padat	28,5°-34°	-	-
Kering dan padat	35°-46°	-	43°-50°
Jenuh dan padat	1°-2° kurang dari pada pasir Kering dan padat	-	43°-50°
Lanau atau pasir-berlanau			
Tidak padat	20°-22°	-	27°-30°
Padat	25°-30°	-	30°-35°
Lempung	0°(jika jenuh)	14°-20°	20°-42°

Kuat tekan bebas (*Unconfined compression strength*) pada pengujian jenis tanah lempung akan menghasilkan nilai q_u yang berbeda-beda sesuai dengan kondisi lempung keras sampai sangat lunak, kuat tekan bebas (q_u) jenis tanah lempung dapat dilihat pada **Tabel 3.3**

Tabel 3.4 Nilai Kuat Tekan Bebas (q_u) untuk jenis-jenis lempung (Peck dkk,1953)

No	Kondisi Tanah Lempung	q_u (kg/cm ²)
1	Lempung Keras	>4.00
2	Lempung sangat kaku	2.00-4.00
3	Lempung kaku	1.00-2.00
4	Lempung sedang	0.500-1.00
5	Lempung lunak	0.25-0.50
6	Lempung sangat lunak	<0.25

3.3 Tanah Pasir (*cohesionless soils*)

Tanah pasir menurut beberapa sumber yaitu :

1. Menurut Bowles (1986), pasir merupakan partikel-partikel tambang yang lebih kecil dari yang berukuran 2 mm, tetapi lebih besar dari kira-kira 0,05 mm sampai 0,074 mm. Pasir adalah bahan tak berkohesi, namun jika pasir tersebut lembab atau mengandung uap air maka tegangan permukaan air bias memberikan kohesi yang nyata, yang akan menghilang bila pasir mengering atau menjadi jenuh.
2. ASTM (1986), menyebutkan bahwa pasir merupakan agregat tak berkohesi yang tersusun dari fragmen-fragmen dengan partikel berukuran 2,0 mm sampai 0,075 mm.

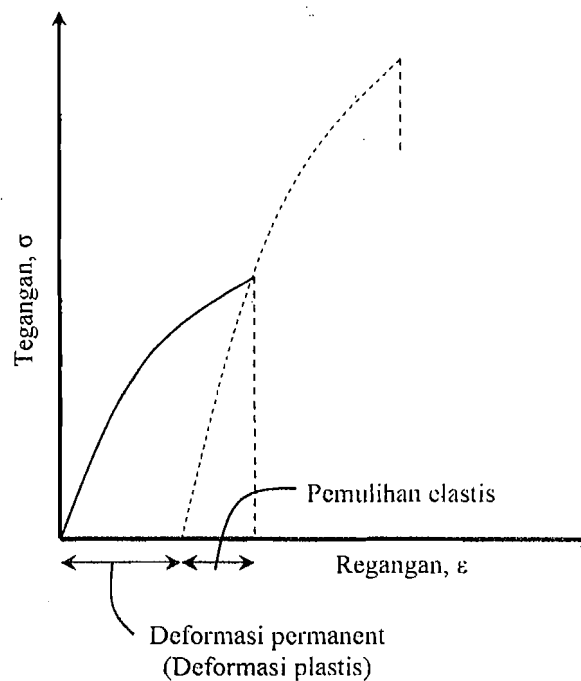
Pada struktur butiran tunggal, butiran tanah berada dalam posisi stabil dan butir-butirnya saling bersentuhan. Sifat kepadatan pasir sangat dipengaruhi oleh bentuk dan pembagian ukuran butirannya. Pada struktur sarang lebah, pasir halus dan lanau membentuk lengkungan-lengkungan kecil sehingga menjadi rantai butiran. Pasir yang mempunyai struktur sarang lebah memiliki angka pori tinggi dan hanya dapat mendukung beban statis yang tidak begitu besar. Susunan tersebut sangat sensitif terhadap longsor, getaran atau beban dinamis.

3.4 Teori Dasar *Load Displacement*

Salah satu fungsi yang terpenting dalam studi mekanika tanah adalah perkiraan mengenai besarnya tegangan yang terjadi akibat suatu pembebanan yang akan menghasilkan deformasi atau perubahan dari kondisi semula.

Setiap beban akan menghasilkan tegangan dan regangan yang berintegrasi pada zona tegangan yang ditinjau karena menyebabkan deformasi yang pada umumnya dapat berupa penurunan (Bowles, J.F.1984).

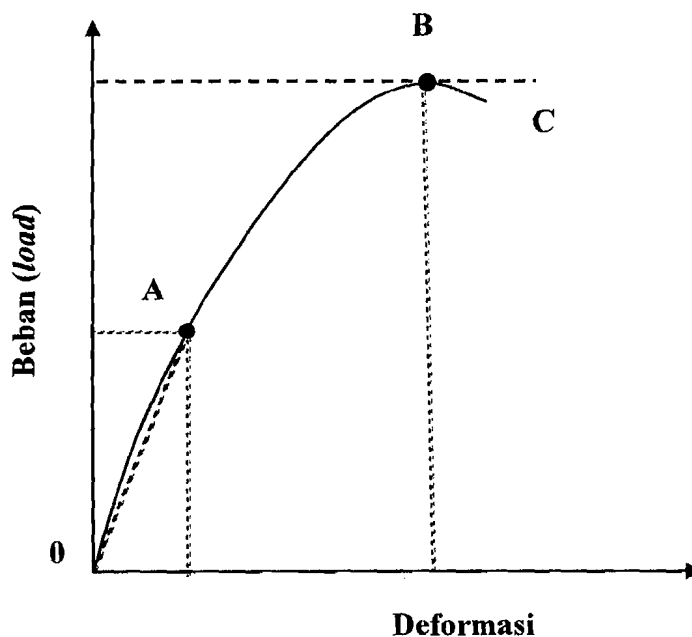
Beban merupakan fungsi dari tegangan dan *displacement* merupakan fungsi dari regangan. Sebagian besar usaha untuk mentransfer respon tanah terhadap beban yang bekerja dapat mempergunakan metode teori elastisitas. Penggambaran tegangan – regangan berupa lengkung, suatu interpretasi akan dibutuhkan dan akan kita peroleh modulus tangen ataupun modulus sekan seperti terlihat pada **Gambar 3.3** dibawah ini.



Gambar 3.3 Deformasi permanent dan elastis secara kualitatif suatu tanah dari pemakaian dan peniadaan sejumlah tegangan (Bowles, J.F. 1996)

Pada prinsipnya percobaan pembebanan tiang dilakukan dengan cara memberikan beban vertikal diatas kepala tiang, kemudian besarnya deformasi vertikal yang terjadi diukur dengan menggunakan arloji ukur (dial) yang dipasang

pada tiang. Deformasi yang terjadi ini terdiri dari deformasi elastis dan deformasi plastis. Deformasi elastis adalah deformasi yang diakibatkan oleh pemendekan elastis dari tiang dan tanah sedangkan deformasi plastis adalah deformasi yang diakibatkan runtuhnya tanah pendukung pada ujung atau sekitar tiang. Jika hubungan antara deformasi (*displacement*) digambarkan dalam bentuk grafik maka terlihat pada grafik tersebut akan terdiri dari 3 bagian.



Gambar 3.4 Grafik hubungan antara deformasi dan beban pada percobaan pembebanan tiang

Keterangan **Gambar 3.4** adalah sebagai berikut :

- a. Sampai suatu beban tertentu, bentuk grafik deformasi – beban merupakan garis lurus (0A). Ini berarti, bahwa sampai beban tertentu, besarnya penurunan sebanding dengan besarnya beban yang bekerja. Disini dapat diinterpretasikan, bahwa beban-beban yang bekerja

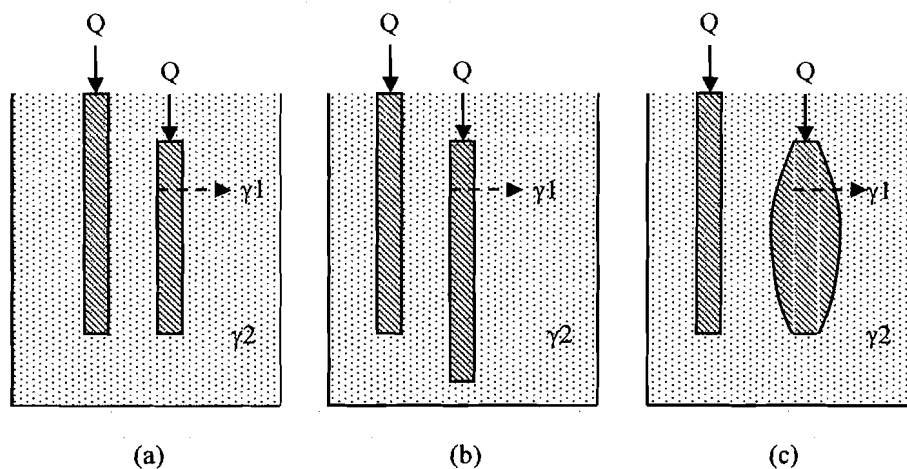
sebagian besar dipakai untuk menimbulkan deformasi elastis, baik pada tiang itu sendiri maupun pada tanah pendukungnya. Deformasi elastis pada tiang merupakan perpendekkan elastis, sedangkan pada lapisan pendukungnya merupakan proses pemampatan.

- b. Bagian yang terbentuk lengkung parabolis (**AB**) terjadi jika penurunan yang terjadi tidak sebanding dengan besarnya beban yang bekerja. Disini penurunan merupakan fungsi dari waktu, artinya jika suatu beban dibiarkan bekerja lebih lama, akan mengakibatkan deformasi yang lebih besar. Keadaan ini dapat diinterpretasikan, bahwa pada bagian ini beban yang bekerja telah mengakibatkan terjadinya penurunan dan pemampatan yang cukup lama pada tanah pendukung.
- c. Bagian grafik yang curam (**BC**) atau asistosis terhadap garis vertikal menggambarkan bahwa pada suatu beban tertentu yang besarnya tetap, akan terjadi deformasi terus menerus atau makin lama makin besar. Beban dimana akan mengakibatkan terjadinya deformasi yang makin lama makin besar disebut beban maksimum.

3.5 Kolom Pasir Padat

Penggunaan kolom pasir padat sebagai salah satu metode perbaikan pada tanah telah banyak digunakan. Pada umumnya pasir memiliki sudut gesek antar butiran yang lebih besar dibandingkan dengan sudut gesek butiran pada tanah lempung. Sehingga bila digunakan sebagai kolom vertikal dengan kepadatan tertentu dalam usaha untuk memperbaiki daya dukung pada tanah lunak maka

kolom pasir akan lebih dominan dalam menerima beban sentris yang diberikan. Akibat beban yang diterimanya maka kolom pasir akan mengalami tegangan vertikal dan tegangan horizontal yang besarnya tergantung dari besar beban, hal ini akan menimbulkan perilaku pada kolom pasir. Perilaku akibat pembebanan pada kolom pasir itu dapat dilihat pada **Gambar 3.5** berikut ini.



Gambar 3.5 Perilaku kolom pasir akibat pembebanan (a) kolom pasir mengalami perpendekkan ($\gamma_2 > \gamma_1$), (b) kolom pasir mengalami *displacement* ($\gamma_1 > \gamma_2$), (c) kolom pasir mengalami perpendekkan dan menggembung ($\gamma_2 > \gamma_1$).

Keterangan gambar :

- (a) : berat volume benda uji (lempung) lebih besar dari pada pasir, setelah terjadi pembebanan pasir mengalami pemampatan (deformasi elastis) dan memadat sehingga yang mengalami penurunan adalah kolom pasir.
- (b) : berat volume pasir lebih besar dari pada benda uji sehingga setelah pembebanan kolom pasir akan turun (*displacement*) secara utuh dan tidak mengalami perpendekkan sehingga benda uji (lempung) di

bawah kolom pasir akan memampat (deformasi plastis) dan memadat.

- (c) : berat volume benda uji lebih besar dari pada pasir sehingga setelah pembebanan kolom pasir akan mengalami perpendekkan akibat tegangan vertikal dan akan mengembang akibat tegangan horizontal.

Metode ini mengurangi angka pori tanah pondasi yang sekaligus meningkatkan gaya geser oleh karena kerapatan yang meningkat. Dalam metode ini juga dijelaskan bahwa bilamana banyak kolom pasir padat yang didorong ke dalam lapisan lunak, maka tanah pondasi itu sudah merupakan kombinasi tanah yang terdiri dari kolom-kolom pasir dan tanah kohesif. Bilamana suatu beban bekerja pada tanah pondasi kombinasi ini, maka kolom-kolom pasir akan lebih besar memikul bagian beban daripada tanah kohesif itu. Hal itu disebabkan oleh perbedaan karakteristik fisik dan mekanis kolom pasir dan tanah kohesif. Jadi tekanan yang bekerja pada tanah kohesif itu berkurang, sehingga besarnya penurunan pun akan berkurang. Mengingat gaya geser pasir umumnya lebih besar dari gaya geser tanah kohesif, maka telah didapat bahwa daya dukung keseluruhan tanah pondasi meningkat sebanding dengan banyaknya pasir yang menggantikan tanah kohesif itu (Nakazawa, K. 1994).

3.6 Tegangan Ujung dan Tegangan Gesek pada Kolom

Tegangan kolom *ultimate* dapat dinyatakan dalam :

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots(3.9)$$

dimana :

Q_u = Tegangan kolom *ultimate*

Q_p = Tegangan ujung kolom (*end bearing column*)

Q_s = Tegangan gesek selimut kolom (*friction column*)

Ditinjau dari cara mendukung beban, tegangan kolom dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu :

1. Tegangan ujung kolom (*end bearing column*) pada lempung

Tegangan ujung kolom adalah kolom yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tegangan ujung kolom pasir. Umumnya tegangan ujung kolom berada dalam zona tanah yang lunak yang berada diatas tanah keras, dapat dilihat pada **Gambar 3.6.** kolom - kolom dibor sampai mencapai batuan dasar atau lapisan keras (*bed rock*) yang dapat mendukung beban struktur yang diperkirakan tidak mengakibatkan penurunan yang berlebihan. Kapasitas dukung kolom sepenuhnya ditentukan dari tegangan yang terjadi pada lapisan keras (*bed rock*) yang berada dibawah ujung kolom.

Pada penelitian ini kasusnya adalah pada tanah lempung murni, dimana tegangan ujung pada kolom dinyatakan sebagai berikut :

$$Q_p = A_p \cdot (c \cdot N_c + q \cdot N_q)$$

Pada tanah lempung murni : $\theta = 0$, maka : $q \cdot N_q =$ relatif kecil,

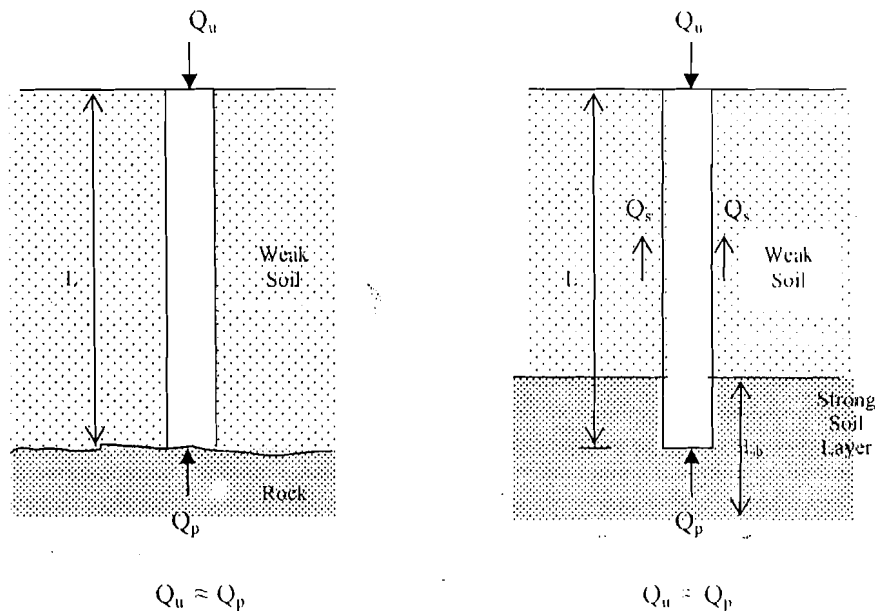
Sedangkan $N_c = 9$ (Poulos & Davis)

Sehingga : $Q_p = A_p \cdot q_p$

$$Q_p = A_p \cdot c \cdot N_c$$

$$Q_p = A_p \cdot 9 \cdot C_u \dots \dots \dots (3.10)$$

dengan $C_u = \text{undrained cohesion}$



Gambar 3.6 Point Bearing (End bearing)

2. Tegangan gesek kolom (*friction column*) pada lempung

Tegangan gesek kolom adalah kolom yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara selimut kolom dan tanah disekitar selimut kolomnya, dapat dilihat pada **Gambar 3.7**. Tegangan gesek dan pengaruh konsolidasi lapisan tanah di bawahnya diperhitungkan pada hitungan kapasitas kolom.

Pada penelitian ini kasusnya adalah pada tanah lempung murni, dimana tegangan selimut kolom dinyatakan sebagai berikut :

$$Q_s = \Sigma p \cdot \Delta L \cdot f_s$$

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mencari tahanan friksi, yaitu metode Alpha, Betha dan Lambda.

a. Metode Alpha (α) : Thomlinson

$$\text{Rumus : } f_s = \alpha \cdot C_u = \alpha \cdot S_u \dots \dots \dots (3.11)$$

dimana : α = konstanta (faktor adhesi)

C_u = kohesi pada *undrained*

S_u = *undrained strength*

Besarnya α dapat dilakukan dengan beberapa cara dan yang sering digunakan adalah API (*American Petroleum Institute*, 1989) dengan menggunakan grafik (**Lampiran 14**).

Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya nilai α yaitu :

1. Pemadatan tanah selama pelaksanaan dilapangan,
2. Konsolidasi tanah selama pelaksanaan dilapangan,
3. *Dragdown* lapisan tanah di atasnya saat pelaksanaan di lapangan,
4. Cara mendapatkan S_u atau C_u ,
5. Tipe/metode instalasi pondasi kolom.

b. Metode Betha (β)

Metode Betha sering juga disebut metode tegangan efektif (σ').

$$\text{Rumus : } f_{s \text{ average}} = \beta \cdot \sigma' \dots \dots \dots (3.12)$$

Dimana : $\beta = K \cdot \tan \theta_r$

θ_r = sudut gesek dalam tanah pada *drained*

$$K = 1 - \sin \theta r \text{ (normal consolidation)}$$

$$K = 1 - \sin \theta r \cdot \sqrt{OCR}$$

OCR = *Over Consolidation Ratio*

c. Metode Lambda (λ)

Metode lambda sering juga disebut metode harga rata-rata tegangan vertikal efektif (σ'_{average}).

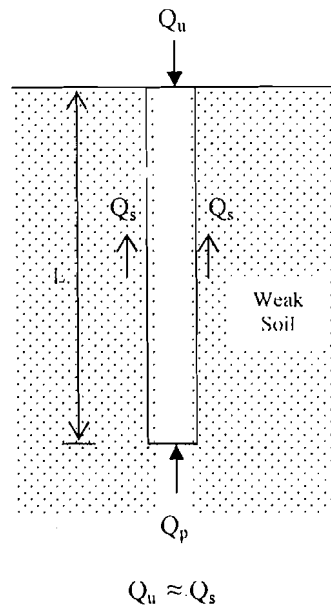
$$\text{Rumus : } f_{s \text{ average}} = \lambda \cdot (\sigma'_{\text{average}} + 2 \cdot Cu_{\text{average}}) \dots \dots \dots (3.13)$$

$$\text{dengan : } \sigma'_{\text{average}} = \sum_{i=1}^n Ai / L$$

$$Cu_{\text{average}} = \sum_{i=1}^n Cu_i / L$$

$$\lambda = 0,10 - 0,50$$

Ai = luas diagram tegangan efektif pada lapisan i .



Gambar 3.7 *Friction column*

3.7 Mekanisme Transfer Beban

Tegangan ujung (gesekan permukaan) termobilisasi penuh jika telah terjadi *displacement* sebesar :

- 10-25 % dari lebar atau diameter kolom.....B.M. Das
- 10-20 % dari lebar atau diameter kolom.....Thomlinson

Tegangan friksi (gesekan permukaan) termobilisasi penuh jika telah terjadi *displacement* sebesar :

- 5-10 mm (0,2-0,3 in)..... B.M. Das
- 0,3-1 % dari lebar atau diameter kolom.....Thomlinson

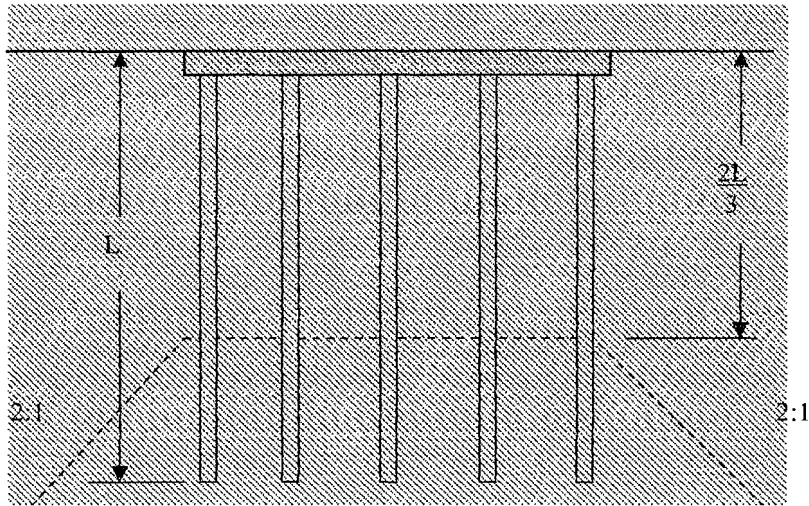
3.8 Penurunan Kelompok Kolom

Pada kelompok kolom (*column group*), sebagian besar beban cepat atau lambat akan didukung oleh dukungan ujung kolom, dengan mengabaikan gesekan kulit (selimut) yang terjadi pada pengujian pembebanan tunggal. Pada kondisi tanah yang berbeda, akan timbul perbedaan lain mengenai perilaku kolom tunggal dan kelompok kolom.

Pada lempung, kolom-kolom di sekeliling pusat kelompok kolom akan memikul beban yang lebih besar dari pada kolom di pusat kelompok kolom. Umumnya dapat diasumsikan bahwa semua kolom dalam satu kelompok akan turun dengan nilai yang sama, akibat kekakuan kepala kolom. Penurunan sebuah kelompok kolom pada lempung dapat dihitung dengan mengasumsi bahwa beban total dipikul oleh sebuah "rakit ekuivalen" (*equivalent raft*) yang ditempatkan pada kedalaman $\frac{2}{3}L$, dimana L adalah panjang kolom. Dapat diasumsikan, seperti terlihat pada **Gambar 3.8** bahwa beban disebar dari keliling kelompok kolom dengan kemiringan horizontal 1 terhadap vertikal 2.

Perhitungan penurunan untuk beberapa macam kolom mengambil titik acuan yang berbeda-beda yaitu :

- Kolom friksi, penurunan dihitung mulai kedalaman $\frac{2}{3}L$.
- Kolom tegangan ujung, penurunan dihitung mulai kedalaman L
- Kolom gabungan, penurunan dihitung mulai kedalaman $\frac{2}{3}L$



Gambar 3.8 Konsep rakit ekivalen (Craig R.f, 1989)

Keuntungan penggunaan kelompok kolom :

1. Dapat menahan beban yang besar,
2. Mengatasi eksentrisitas kolom tunggal yang mungkin terjadi,
3. Kegagalan sebuah kolom dapat diminimalisasi,
4. Kapasitas dukung kelompok lebih besar dari kapasitas tunggal.

Penurunan (*Settlement*) pada suatu tanah lempung yang mengalami konsolidasi normal dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta s = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \dots\dots\dots(3.14)$$

Δs = *Settlement* yang terjadi

C_c = *Compression index*, didapat dari uji konsolidasi

e_o = *Initial void ratio* (angka pori awal)

H = Tinggi lapisan lempung

Δp = Tegangan yang terjadi di tengah lapisan lempung

P_o = Tegangan vertikal efektif di tengah lapisan lempung

Metode pendekatan 2V : 1H (2 vertikal : 1 horizontal) menganggap beban pondasi didukung oleh suatu piramida yang mempunyai kemiringan 2V : 1H. Bentuk piramida terjadi karena tanah yang menerima beban menyebarkan beban dengan kemiringan penyebaran 2V : 1H sehingga pada kedalaman Z luas penyebaran menjadi $(L + Z) \times (B + Z)$.

BAB IV

METODE PENELITIAN

Penelitian kali ini merupakan suatu penelitian yang dilakukan langsung di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan alat-alat yang tersedia di laboratorium. Persiapan alat-alat, bahan dan pembuatan sampel uji serta pengujian terhadap sampel uji juga dilakukan di laboratorium ini.

4.1 Alat dan Bahan yang Digunakan

Selain alat-alat penelitian yang sudah tersedia dilaboratorium, penyusun juga menyiapkan bahan apa saja yang akan digunakan dalam penelitian kali ini.

4.1.1 Alat-alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian berfungsi untuk membantu penyusun dalam melaksanakan penelitiannya, alat-alat yang digunakan pada pengujian pembebanan tanah lempung di laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII adalah sebagai berikut ini :

1. Stop Watch

Digunakan untuk melihat waktu pembebanan dan waktu penurunan yang terjadi kemudian dicatat selama pengujian.

2. Dial Penurunan

Digunakan untuk melihat besarnya penurunan yang terjadi selama pengujian pembebanan berlangsung.

3. Pipa Paralon

Digunakan sebagai *casing Pile* untuk kolom pasir pada tanah lempung.

4. Beban uji

Digunakan sebagai beban-beban yang telah ditentukan beratnya, yaitu : 8.000 gram, 12.000 gram, 13.990 gram, 15.970 gram, 20.000 gram, 25.000 gram dan 30.000 gram

4.1.2 Bahan-bahan yang digunakan

Bahan-bahan ini untuk membuat sampel-sampel yang nanti akan diujikan. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pasir

Pasir lolos saringan no. 4 yang digunakan sebagai kolom pasir yang berasal dari daerah Krasak, Yogyakarta. Dimana berat volume pasir (γ_{pasir}) = 1,912 gram/cm³,

2. Lempung

Lempung sebagai benda uji pembebanan diambil dari daerah Salaman, Magelang, Jawa Tengah, dengan berat volume lempung (γ_{sat}) = 1,017 gram/cm³ yang dibuat kembali dengan kadar air yang ditentukan yaitu 50%-60% (*remolded*),

3. Air

Air diambil dari PDAM yang ada pada Laboratorium Mekanika Tanah FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.2 Data yang diperlukan

Data yang diperoleh dari hasil pengujian terhadap tanah asli (*undisturbed*) sangat diperlukan untuk menentukan jenis tanah sampel tersebut, data yang diperlukan antara lain yaitu :

1. Kadar air (w), dalam persen (%)
2. Berat jenis (G_s)
3. Batas cair (LL), dalam persen (%)
4. Batas Plastis (PL), dalam persen (%)
5. Indeks Plastis (IP), dalam persen (%)

4.3 Metode Pengujian

Tanah yang memerlukan pengujian harus benar-benar diperhatikan. pengujian ini dilakukan di laboratorium dengan melakukan permodelan pada suatu media kubus, sedangkan untuk kasus-kasus tertentu pengujian yang lebih baik dilakukan dilapangan.

Pengujian yang dilakukan di laboratorium dibagi menjadi dua, yakni pengujian sifat fisik dan sifat mekanik tanah.

4.3.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah dilakukan agar dapat diketahui karakteristik awal dari tanah sebelum dilakukan perubahan, karena tanah lempung yang dipakai dibuat (*remolded*). Pengujian ini terdiri dari :

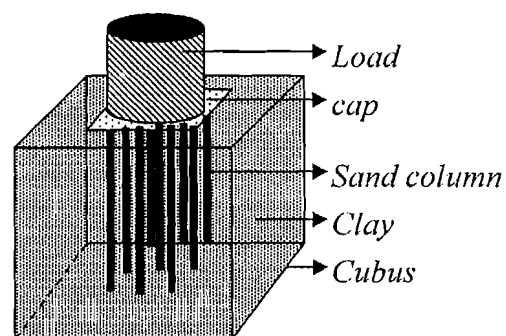
- Pengujian kadar air tanah (ASTM D 2216-71)
- Pengujian berat jenis tanah (ASTM D 854-72)
- Pengujian batas susut tanah (ASTM D 427-74)
- Pengujian batas cair tanah (ASTM D 423-66)
- Pengujian batas plastis tanah (ASTM D 424-74)
- Analisis hidrometer (ASTM D 421-72)
- Analisis saringan (ASTM D 422-72)

4.3.2 Pengujian Sifat Mekanik Tanah

Pengujian sifat mekanik tanah yang dilakukan adalah pengujian “pembebanan” terhadap tanah yang menggunakan kolom pasir (*sand column*).

4.4 Pemodelan Benda Uji

Benda uji berupa kubus terbuat dari triplek yang dilapisi papan melamin dibagian dalamnya pada keempat sisi dan disisi atas terbuka untuk memasukkan dan mengeluarkan tanah lempung yang akan diuji. Semua sisi berukuran 50 cm, dengan diameter kolom pasir berukuran $\frac{1}{2}$ inch, $\frac{3}{4}$ inch, 1 inch, $1\frac{1}{4}$ inch seperti pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Model benda uji

4.4.1 Susunan bujur sangkar

Pada kelompok kolom pasir bentuk susunan bujur sangkar (**Gambar 4.2**) dengan jarak antar kolom (d_{optimum}) sebesar:

$$d_{\text{optimum}} = 3 - 3,5 D \dots\dots\dots(4.1)$$

$$Bg/Lg = (n- 1) d + 2 (D/2) \dots\dots\dots(4.2)$$

Keterangan :

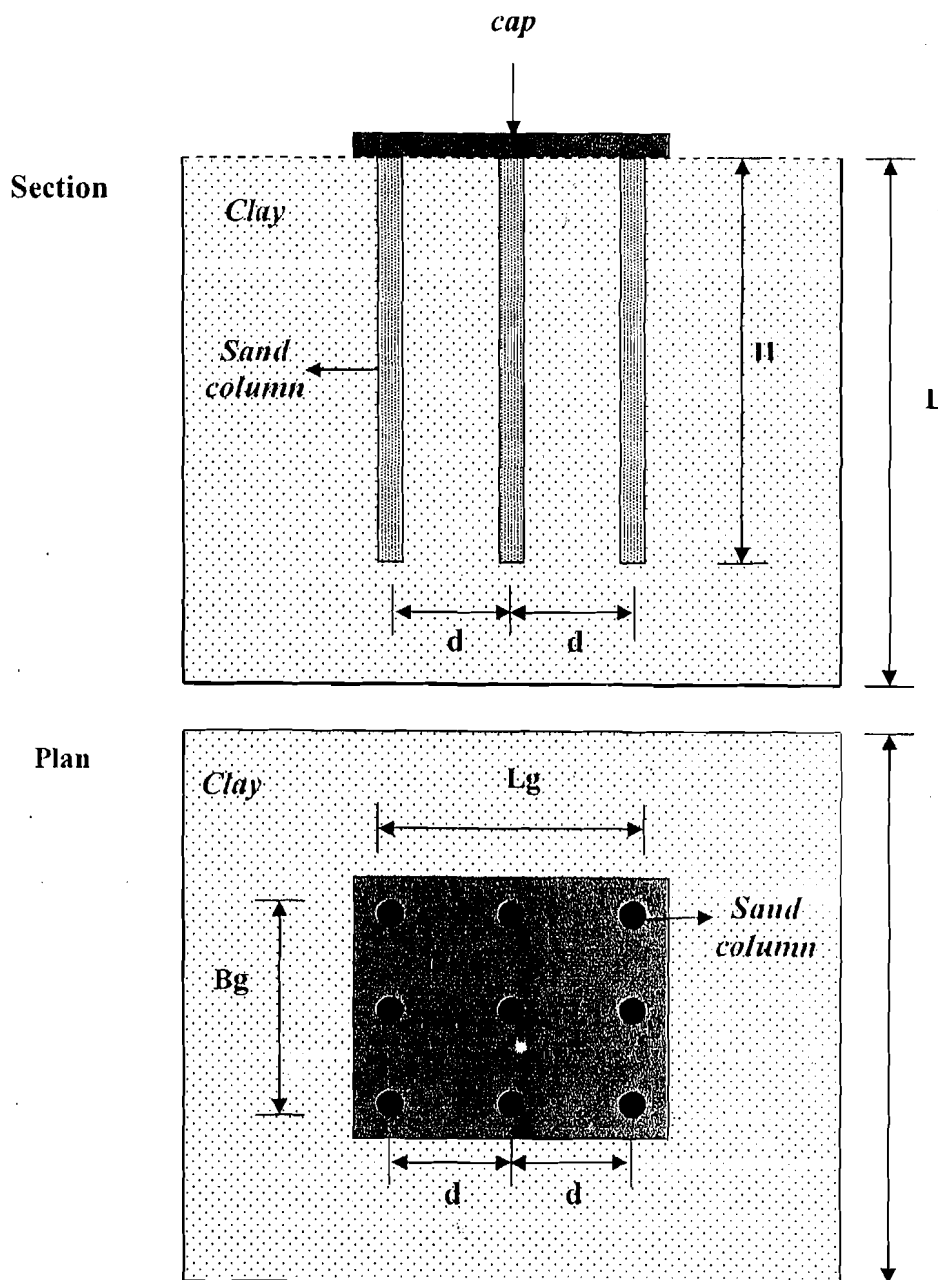
d_{optimum} = spasi (jarak as-as kolom)

Bg = Jarak as-as kolom pasir terluar arah Y

Lg = Jarak as-as kolom pasir terluar arah X

n = Jumlah kolom pasir

D = Diameter tiang



Gambar 4.2 Susunan Kolom Pasir

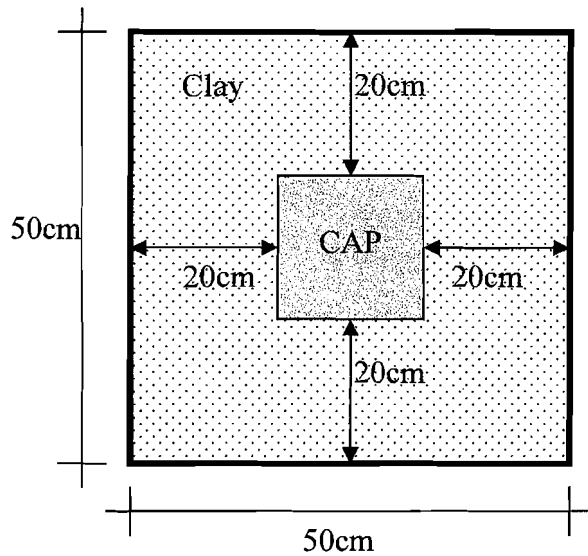
Jumlah tiang pada kelompok kolom pasir: $n_1 \times n_2$

$$L_g = (n_1 - 1) d + 2 (D/2)$$

$$B_g = (n_2 - 1) d + 2 (D/2)$$

$$d_{\text{optimum}} = 3 - 3,5 D$$

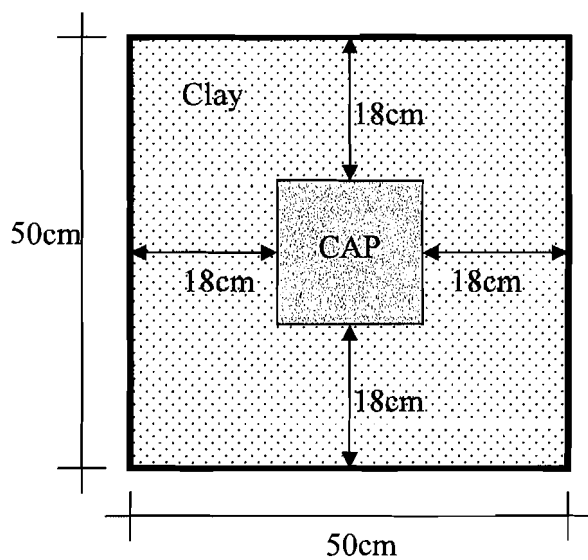
Penampang atas dari sampel uji dapat dilihat pada **Gambar 4.3** berikut :



Diameter pipa kolom $\frac{1}{2}$ inch
atau 1,27 cm

$$\begin{aligned} Bg/Lg &= (n-1)d + 2(D/2) \\ &= ((3-1)(3.1,27)) + 2(1,27/2) \\ &= 8,89\text{cm} \approx 9\text{cm} \end{aligned}$$

Ukuran cap = 10cm x 10cm

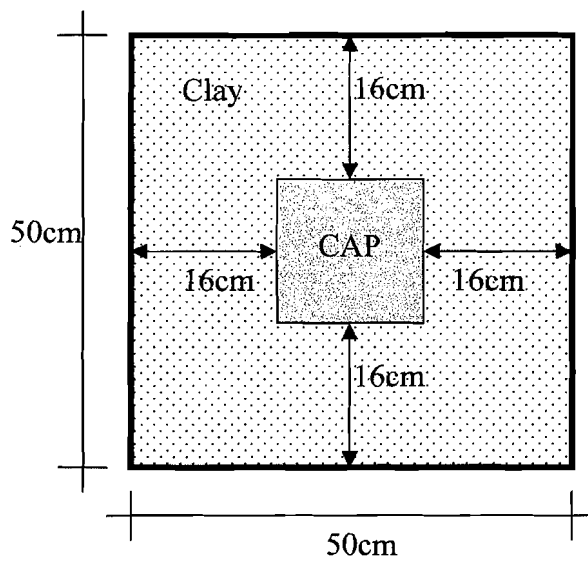


Diameter pipa kolom $\frac{3}{4}$ inch
atau 1,905 cm

$$\begin{aligned} Bg/Lg &= (n-1)d + 2(D/2) \\ &= ((3-1)(3.1,905)) + 2(1,905/2) \\ &= 13,35\text{cm} \approx 14\text{cm} \end{aligned}$$

Ukuran cap = 14cm x 14cm

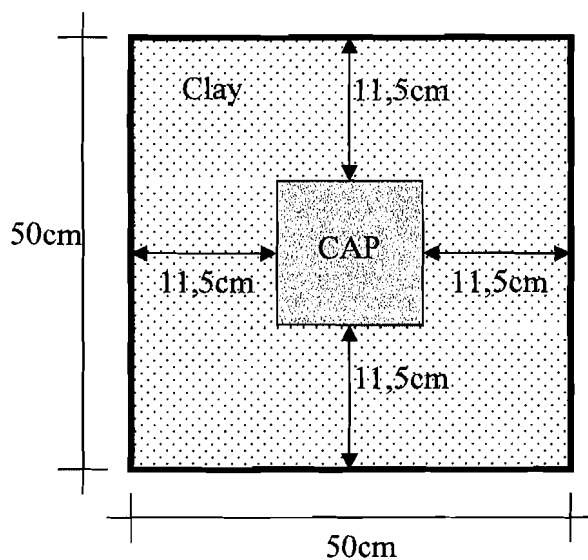




Diameter pipa kolom 1 inch
atau 2,54 cm

$$\begin{aligned} Bg/Lg &= (n-1)d + 2(D/2) \\ &= ((3-1)(3,2,54)) + 2(2,54/2) \\ &= 17,78\text{cm} \approx 18\text{cm} \end{aligned}$$

Ukuran cap = 18cm x 18cm



Diameter pipa kolom 1 1/4 inch
atau 3,81 cm

$$\begin{aligned} Bg/Lg &= (n-1)d + 2(D/2) \\ &= ((3-1)(3,3,81)) + 2(3,81/2) \\ &= 26,67\text{cm} \approx 27\text{cm} \end{aligned}$$

Ukuran cap = 27cm x 27cm

Gambar 4.3 Penampang atas dari pemodelan benda uji

4.5 Variasi Sampel

Benda uji untuk masing-masing sampel yang akan diuji sebagai berikut :

- 1 sampel uji tanpa kolom pasir diuji pada waktu peram 0 jam,
- 1 sampel uji tanpa kolom pasir diuji pada waktu peram 48 jam.

Jumlah sample uji yang menggunakan kolom pasir dibuat masing-masing sebanyak 4 sampel yaitu :

- 1). 1 sampel untuk konfigurasi segiempat dengan tinggi kolom pasir 50 cm di uji pada 0 jam.
- 2). 1 sampel untuk konfigurasi segiempat dengan tinggi kolom pasir 50 cm di uji pada 48 jam.
- 3). 1 sampel untuk konfigurasi segiempat dengan tinggi kolom pasir 33,33 cm di uji pada 0 jam.
- 4). 1 sampel untuk konfigurasi segiempat dengan tinggi kolom pasir 33,33 cm di uji pada 48 jam.

Dengan masing-masing ukuran diameter kolom pasir dari $\frac{1}{2}$ inch, $\frac{3}{4}$ inch, 1 inch, $1\frac{1}{4}$ inch dan tanpa kolom pasir maka jumlah sampel keseluruhan 18 sampel.

4.6 Teknik Pemodelan Benda Uji

Dilakukan penambahan air terlebih dahulu pada benda uji yang akan dibuat (*remolded*) untuk mencapai kadar air yang diinginkan (kadar air rencana 55%) agar kadar selama pengujian konstan. Pencampuran butiran tanah dengan air dengan kadar yang telah ditentukan dilakukan pada suatu tempat yang telah

disediakan. Setelah terbentuk benda uji (*remolded*) selanjutnya dimasukkan kedalam media benda uji yaitu kubus secara perlahan-lahan dengan alat cetok. Pada saat ketinggian lempung 1/3 benda uji, pipa berdiameter tertentu di masukan, yang mana telah dioleskan oli pada bagian luarnya (agar pada saat ditarik keluar dari lempung tidak mengalami kesulitan) dipasang sesuai konfigurasi yang telah ditentukan, selanjutnya ketika lempung sampai ketinggian 2/3 benda uji, pasir dimasukkan perlahan-lahan. Kemudian pipa ditarik perlahan sampai benda uji terisi penuh lempung lalu masukkan pasir kedalam pipa sampai permukaan lempung. Lalu *casing pile* (pipa) dicabut secara perlahan. Setelah lempung penuh permukaannya diratakan.

Setelah lempung dan kolom pasir terpasang selanjutnya *cap* yang sesuai dengan diameter pipa dipasang tepat diatas kelompok tiang. Kemudian dial penurunan dipasang lalu pembebanan dimulai bertahap dan dicatat setiap penurunan yang terjadi.

4.6.1 Pembuatan benda uji :

Butiran tanah kering ditambah air agar dicapai kadar air yang diinginkan:

Penambahan kadar air dalam $C_c = W_k \times \left(\frac{100 + B}{100 + A} - 1 \right)$(4.3)

Dengan: W_k = berat tanah kering (gram)

B = kadar air rencana (%)

A = kadar air awal (%)

4.6.2 Pembuatan Kolom Pasir

Untuk memperoleh kepadatan tanah pasir pada pengujian sebagai kolom dengan kepadatan *dense* maka perlu dilakukan analisa untuk memperoleh nilai berat dari semua ukuran kolom pasir yang akan di buat. Acuan bahwa kepadatan relatif termasuk *dense* yaitu lebih dari 67% sedangkan *Medium dense* 33%-67% dan *loose* yaitu kurang dari 33%.

$$Dr = \frac{e_{mak} - e_{lap}}{e_{mak} - e_{min}}$$

Untuk memperoleh kadar air dari pasir dari uji sampel dimasukkan ke oven didapat : berat cawan 1 (W1)= 7,45gram berat cawan 2 (W1) = 7,89gram

berat cawan1 + pasir (W2) = 52,3 gram

berat cawan2 + pasir (W2) = 42,7 gram

berat cawan1 + pasir kering (W3) = 50,18 gram

berat cawan2 + pasir kering (W3) = 40,19 gram

$$\text{Kadar air (w) sampel 1} = \frac{W3 - W2}{W2 - W1} = \frac{52,3 - 50,18}{50,18 - 7,45} = 4,96\%$$

$$\text{Kadar air (w) sampel (1)} = \frac{W3 - W2}{W2 - W1} = \frac{42,7 - 40,19}{40,19 - 7,8} = 7,74\%$$

Diambil nilai kadar air yang paling besar = 7,74%

Untuk memperoleh nilai e_{mak} dan e_{min} maka perlu dilakukan pengujian penggetaran pada sampel uji dengan cara menggetarkan benda uji, denagna sampel uji sebagai berikut:

Benda uji *mold* dengan ukuran $D = 10,13\text{cm}$

$$t = 11,56\text{cm}$$

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} * \pi * D^2 * t = \frac{1}{4} * 3,14 * 10,13^2 * 11,56 = 931,207 \text{ cm}^3$$

Berat *mold* = 3440 gram

① Berat *mold* + pasir awal/sebelum digetarkan =

$$W_{\text{sampel 1}} = 4853 \text{ gram}$$

$$W_{\text{sampel 2}} = 4930 \text{ gram}$$

$$W_{\text{sampel 3}} = 4902 \text{ gram}$$

Nilai rata-rata = 4895 gram

② Berat *mold* + pasir sesudah digetarkan =

$$W_{\text{sampel 1}} = 5040 \text{ gram}$$

$$W_{\text{sampel 2}} = 5060 \text{ gram}$$

$$W_{\text{sampel 3}} = 5050 \text{ gram}$$

Nilai rata-rata = 5050 gram

$$\gamma_b_{\text{sebelum digetarkan}} = \frac{W_{\text{mold+pasir}} - W_{\text{mold}}}{V} = \frac{4895 - 3440}{931,207} = 1,562 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_b_{\text{sesudah digetarkan}} = \frac{W_{\text{mold+pasir}} - W_{\text{mold}}}{V} = \frac{5050 - 3440}{931,207} = 1,729 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_d_{\text{sebelum digetarkan}} = \frac{\gamma_b}{1 + w} = \frac{1,562}{1 + 0,0774} = 1,449 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_d_{\text{sesudah digetarkan}} = \frac{\gamma_b}{1 + w} = \frac{1,729}{1 + 0,0774} = 1,605 \text{ gr/cm}^3$$

$$e_{\text{mak}} = \frac{G_s * \gamma_w}{\gamma_d} - 1 = \frac{2,78 * 1}{1,449} - 1 = 0,918$$

$$e_{\text{min}} = \frac{G_s * \gamma_w}{\gamma_d} - 1 = \frac{2,78 * 1}{1,605} - 1 = 0,732$$

Untuk memperoleh e lapangan maka perlu diadakan pengambilan sampel langsung di lapangan dengan pengambilan di tabung kemudian di cari volume dengan perhitungan sebagai berikut:

Berat Ring = 83,1 gram

$$\text{Volume Ring} = \frac{1}{4} * \pi * D^2 * t = \frac{1}{4} * 3,14 * 6,3^2 * 2,575 = 80,228 \text{ cm}^3$$

Berat cawan sebagai tempat untuk memindahkan pasir $W = 12,5$ gram

Berat cawan + pasir =

$$W_{\text{sampel 1}} = 148,3 \text{ gram}$$

$$W_{\text{sampel 2}} = 149,1 \text{ gram}$$

$$W_{\text{sampel 3}} = 149,4 \text{ gram}$$

$$\gamma_{b_1} = \frac{W_{\text{cawan+pasir}} - W_{\text{pasir}}}{V} = \frac{148,3 - 12,5}{80,228} = 1,692 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_{b_2} = \frac{W_{\text{cawan+pasir}} - W_{\text{pasir}}}{V} = \frac{149,1 - 12,5}{80,228} = 1,702 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_{b_3} = \frac{W_{\text{cawan+pasir}} - W_{\text{pasir}}}{V} = \frac{149,4 - 12,5}{80,228} = 1,706 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_{b_{\text{rata-rata}}} = 1,700 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} = \frac{1,700}{1 + 0,0774} = 1,578 \text{ gr/cm}^3$$

$$e_{\text{lapangan}} = \frac{G_s * \gamma_w}{\gamma_d} - 1 = \frac{2,78 * 1}{1,587} - 1 = 0,751$$

$$D_r = \frac{e_{\text{mak}} - e_{\text{lap}}}{e_{\text{mak}} - e_{\text{min}}} = \frac{0,918 - 0,751}{0,918 - 0,732} = 0,897 = 89,7\%$$

Jadi kepadatan pasir sebesar 89,7% masuk kepadatan *dense*

Sehingga berat tiap kolom pasir = Volume * γ_d lapangan

Untuk kolom pasir dengan panjang 33,33cm

$$\begin{aligned} \text{Berat kolom pasir } \varnothing 1/2 &= \frac{1}{4} * \pi * D^2 * t * \gamma_d \text{ lapangan} \\ &= \frac{1}{4} * 3,14 * 1,27^2 * 33,33 * 1,578 = 66,591 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat kolom pasir } \varnothing 3/4 &= \frac{1}{4} * \pi * D^2 * t * \gamma_d \text{ lapangan} \\ &= \frac{1}{4} * 3,14 * 1,905^2 * 33,33 * 1,578 = 149,831 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat kolom pasir } \varnothing 1 &= \frac{1}{4} * \pi * D^2 * t * \gamma_d \text{ lapangan} \\ &= \frac{1}{4} * 3,14 * 2,54^2 * 33,33 * 1,578 = 266,366 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat kolom pasir } \varnothing 1 1/4 &= \frac{1}{4} * \pi * D^2 * t * \gamma_d \text{ lapangan} \\ &= \frac{1}{4} * 3,14 * 3,175^2 * 33,33 * 1,578 = 416,197 \text{ gram} \end{aligned}$$

Untuk kolom pasir dengan panjang 50cm

$$\begin{aligned} \text{Berat kolom pasir } \varnothing 1/2 &= \frac{1}{4} * \pi * D^2 * t * \gamma_d \text{ lapangan} \\ &= \frac{1}{4} * 3,14 * 1,27^2 * 50 * 1,578 = 99,897 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat kolom pasir } \varnothing 3/4 &= \frac{1}{4} * \pi * D^2 * t * \gamma_d \text{ lapangan} \\ &= \frac{1}{4} * 3,14 * 1,905^2 * 50 * 1,578 = 224,769 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat kolom pasir } \varnothing 1'' &= \frac{1}{4} * \pi * D^2 * t * \gamma_d \text{ lapangan} \\ &= \frac{1}{4} * 3,14 * 2,54^2 * 50 * 1,578 = 399,589 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat kolom pasir } \varnothing 1 \frac{1}{4}'' &= \frac{1}{4} * \pi * D^2 * t * \gamma_d \text{ lapangan} \\ &= \frac{1}{4} * 3,14 * 3,175^2 * 50 * 1,578 = 624,358 \text{ gram} \end{aligned}$$

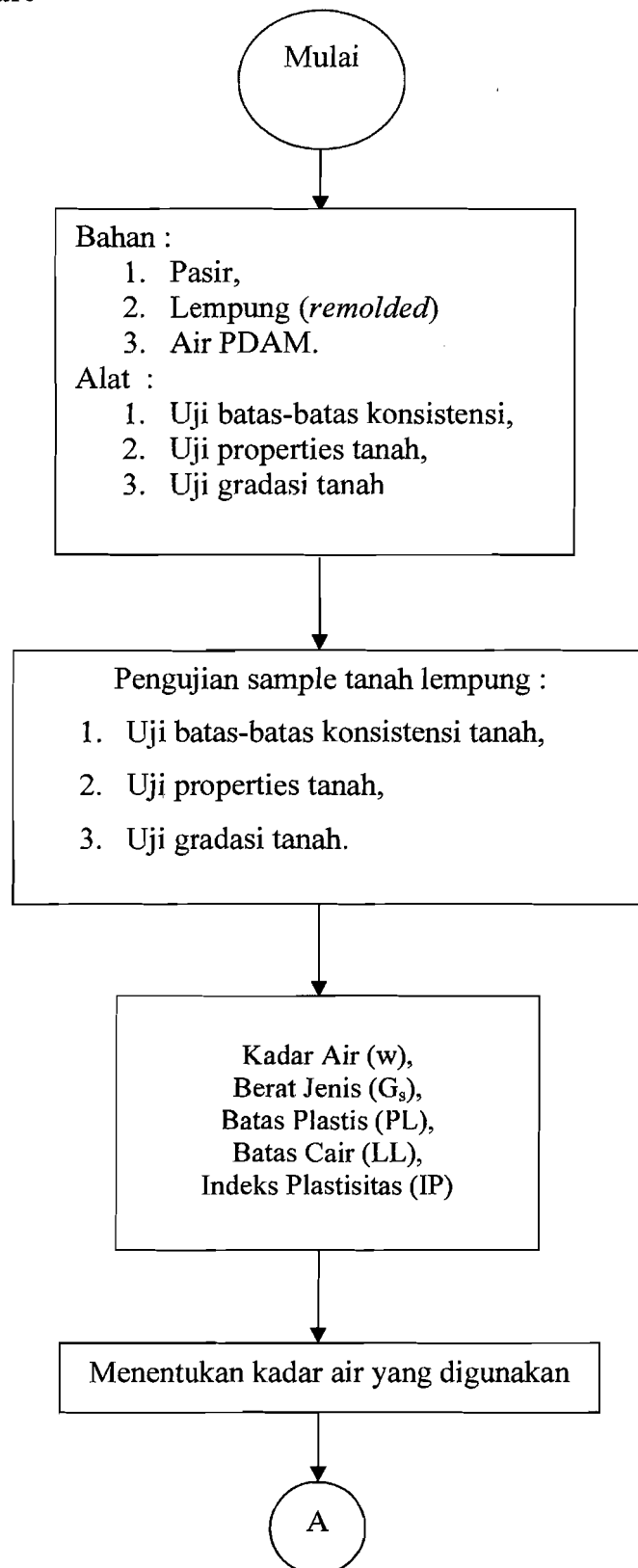
4.7 Teknik Pengujian

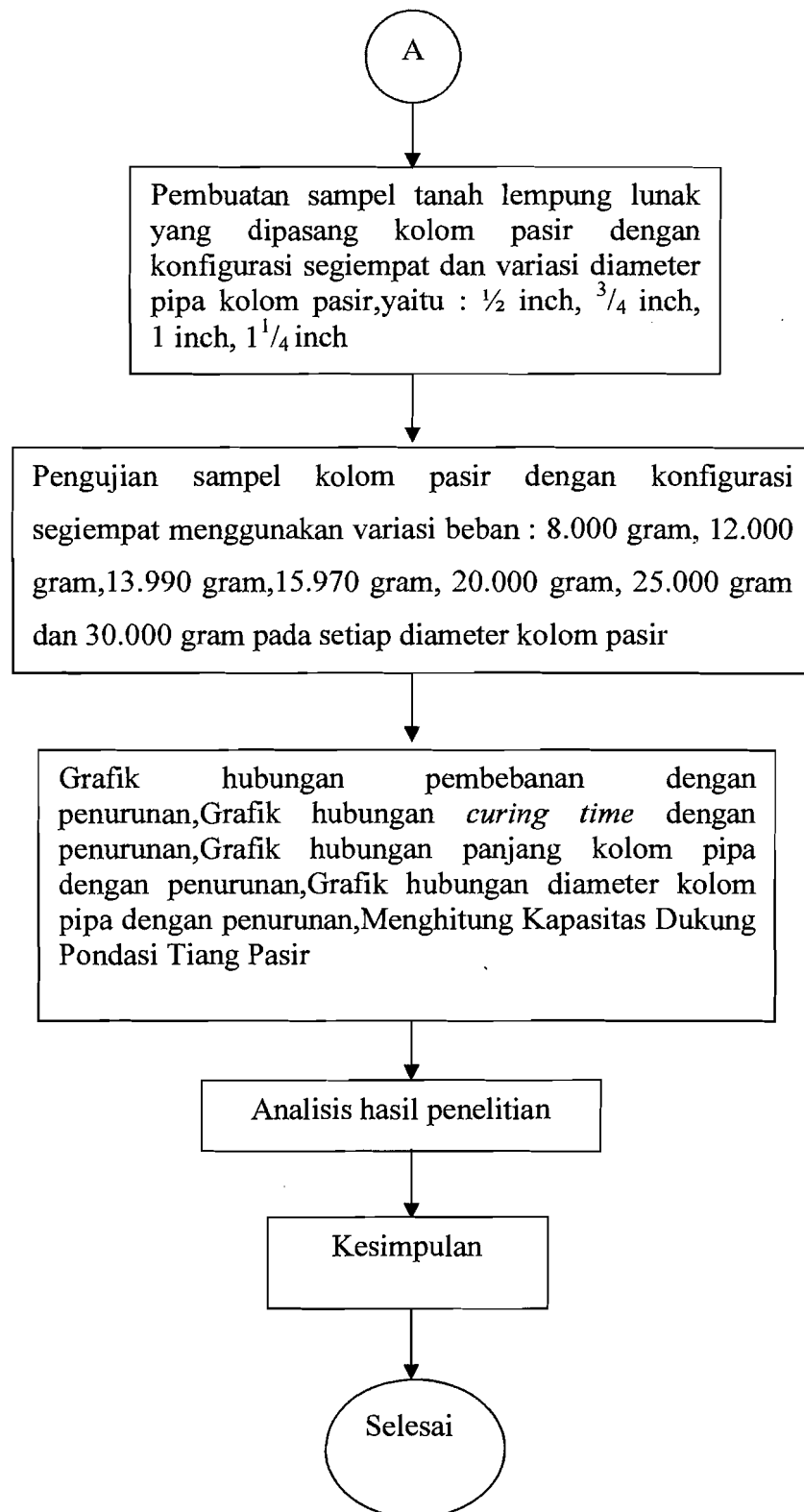
Adapun prosedur pelaksanaan pengujian pembebanan adalah sebagai berikut :

1. Meletakkan papan kayu (*cap*) diatas benda uji yang berfungsi sebagai penutup dan sekaligus membantu dalam pendistribusian beban agar lebih merata.
2. Memasang dial diatas kayu penutup (*cap*) untuk mengukur pengukuran yang terjadi pada benda uji.
3. Kemudian benda uji diberi beban yang dimulai dengan beban yang terkecil terlebih dahulu. lama pembebanan adalah sampai tidak terjadi penurunan lagi. Pemberian beban dilakukan secara bertumpuk, adapun variasi beban yang digunakan adalah 8.000 gram, 12.000 gram, 13.990 gram, 15.970 gram, 20.000 gram, 25.000 gram dan 30.000 gram.
4. Selama pembebanan dilakukan pencatatan terhadap besarnya penurunan yang terjadi.

Semua uji yang dilaksanakan pada penelitian ini untuk setiap variasi kolom pasir dilakukan pada 0 jam (segera setelah dibuat sample langsung di uji) dan 48 jam setelah sampel dibuat.

4.8 Flow Chart





Gambar 4.4 Flow Chart Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN

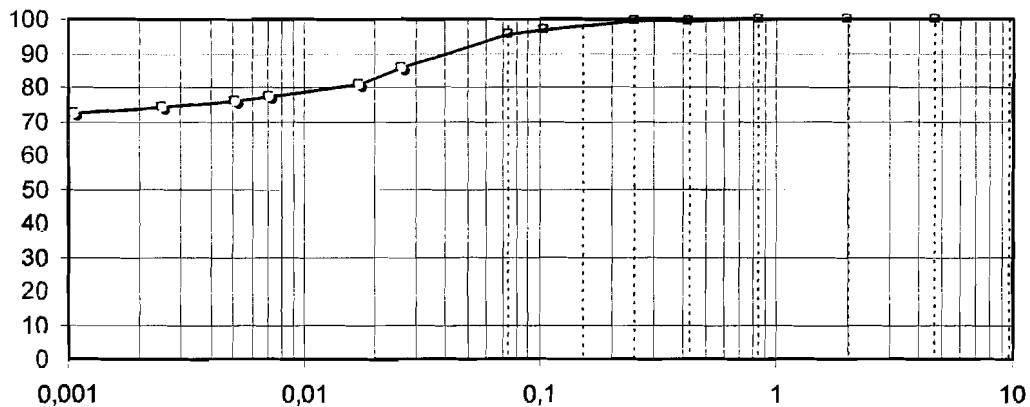
5.1. Klasifikasi Tanah

Hasil pengujian analisis *granuler* (Lampiran 7) dapat dilihat Gambar 5.1 dengan menggunakan rumus : % berat lebih kecil - % yang lolos saringan, maka diperoleh data sebagai berikut:

$$\% \text{ pasir} = 100 - 95,37 = 4,63 \%$$

$$\% \text{ lanau} = 95,37 - 73,74 = 21,63 \%$$

$$\% \text{ lempung} = 73,74 - 0 = 73,74 \%$$



Gambar 5.1. Grafik analisis butiran tanah

5.2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Dari hasil pengamatan dapat diketahui bahwa sifat fisik butiran tanah dari daerah Salaman, Magelang Jawa Tengah adalah sebagai berikut :

- Bentuk butiran tanah rata-rata bulat dan pipih.
- Warna butiran tanah rata-rata coklat kekuningan.
- Ukuran butiran tanah rata-rata kecil.

5.3. Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis tanah ini terbagi menjadi dua yaitu pengujian sifat-sifat umum meliputi kadar air dan berat jenis, dan yang kedua pengujian sifat-sifat indeks tanah yang meliputi batas-batas konsistensi tanah (batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas) dan analisis granuler. Hasil pengujian tanah asli diperoleh kadar air 50,92 %. Hasil pengujian sifat umum dan indeks tanah lempung dari Salaman dapat dilihat pada **Tabel 5.1** berikut ini.

Tabel 5.1 Data sifat mekanis dan indeks tanah lempung Salaman

No	Sifat mekanis Tanah	Satuan	Lempung
1	Kadar air (W)	%	50,92
2	Berat Jenis (Gs)	-	2,63
3	Batas Cair (LL)	%	55,91
4	Batas Plastis (PL)	%	24,68
5	Indeks Plastis (IP)	%	31,23
6	Kuat Tekan Bebas (q_u)	(kg/cm^2)	0,4179
7	Kohesi (c)	(kg/cm^2)	0,157

5.4. Hasil Pengujian Pembebanan di Laboratorium

Hasil pengujian pembebanan terhadap tanah lempung dengan menggunakan kolom pasir yang berdiameter $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{4}$ " , 1" dan $1\frac{1}{4}$ " serta panjang kolom pasir 33,33cm ($\frac{2}{3}$ tinggi benda uji) dan 50cm pada waktu pengujian 0 jam dan 48 jam (*curing time*). Konfigurasi kolom pasir yang digunakan adalah segi empat.

5.4.1. Pengujian pembebanan dengan variasi beban

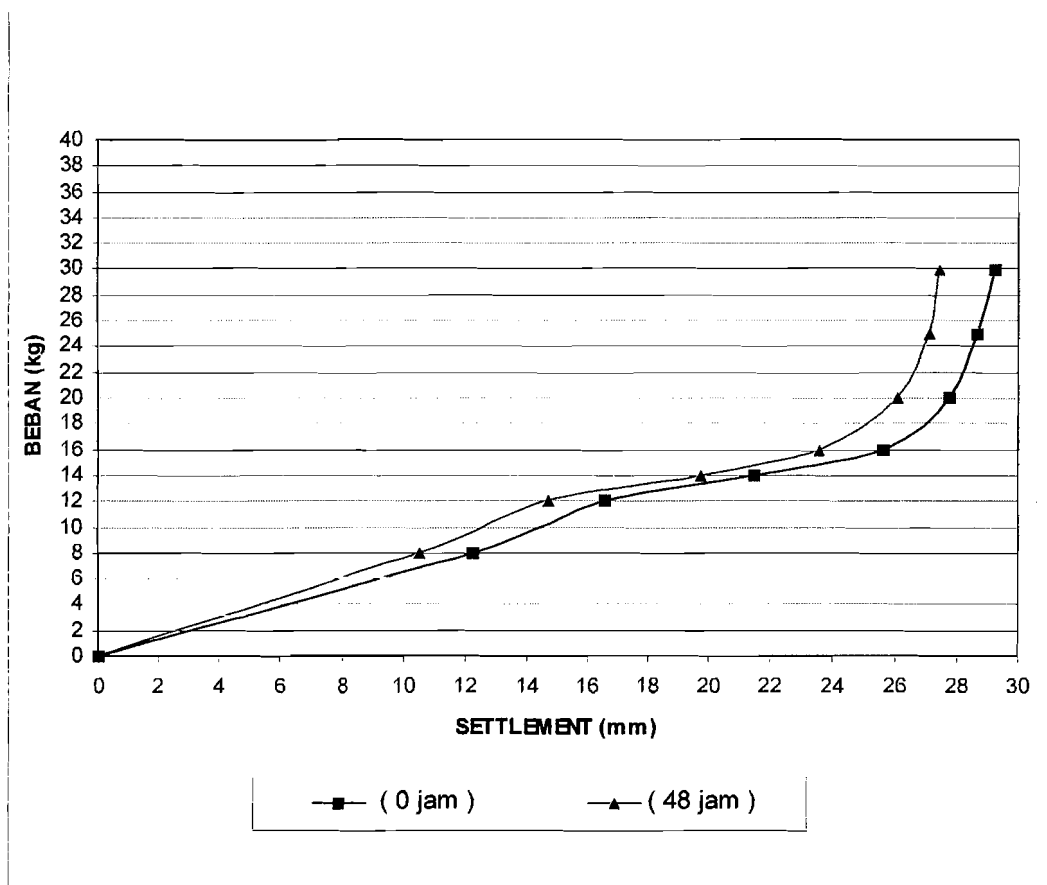
Pada pengujian pembebanan digunakan variasi beban yaitu : 8kg; 12kg; 13,99kg; 15,97kg; 20kg; 25kg dan 30kg pada sampel baik tanpa menggunakan kolom pasir maupun menggunakan kolom pasir.

a. Tanpa kolom pasir

Pengujian pembebanan pada benda uji (*remolded*) tanpa menggunakan kolom pasir dimaksudkan untuk mengetahui penurunan (*settlement*) yang terjadi pada benda uji (*remolded*) yang belum mengalami perbaikan. Hasil pengujian pembebanan pada lempung tanpa menggunakan kolom pasir selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 5.2** dan grafik perubahan *load displacement* pada **Gambar 5.2**.

Tabel 5.2 Hasil pengujian pembebanan dengan variasi beban, tanpa kolom pasir dan waktu peram (*curing time*) 0 jam dan 48 jam.

Beban (Kg)	Tanpa kolom pasir	
	Penurunan (mm) 0 jam	Penurunan (mm) 48 jam
0,00	0,00	0,00
8,00	12,24	10,51
12,00	16,60	14,69
13,99	21,43	19,71
15,97	25,63	23,60
20,00	27,77	26,10
25,00	28,62	27,14
30,00	29,22	27,40



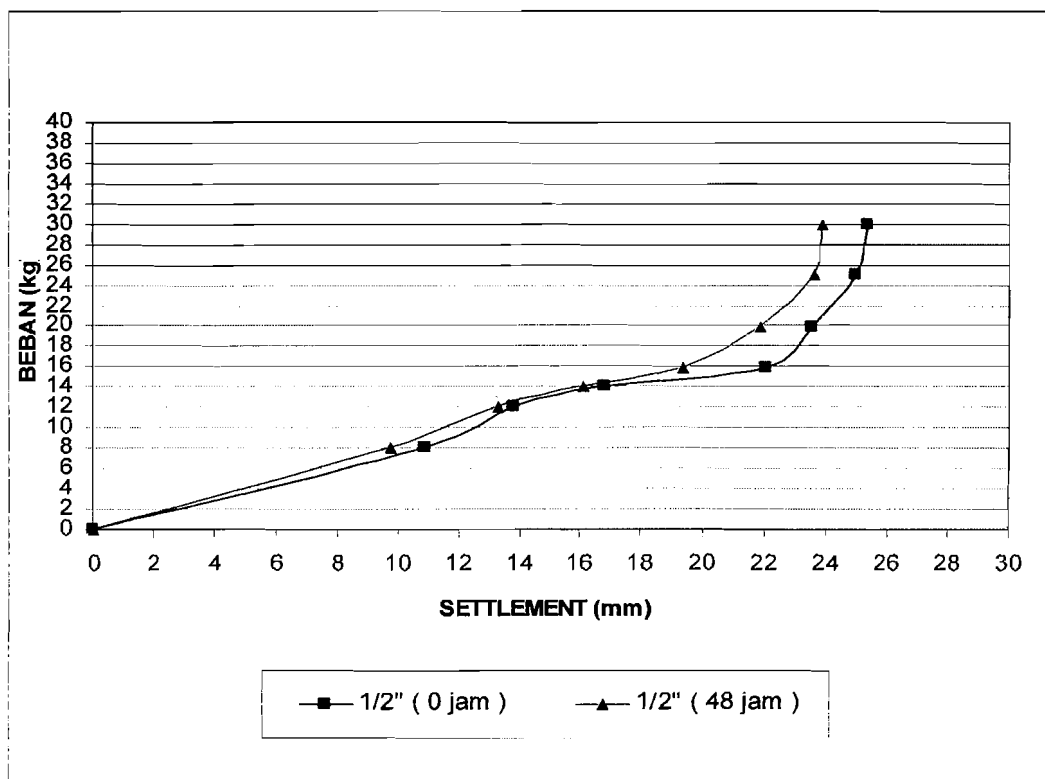
Gambar 5.2 Grafik perubahan *load displacement* pada sampel tanpa kolom pasir dengan waktu peram (*curing time*) 0 jam dan 48 jam.

b. Dengan diameter kolom pasir 1/2" dan tinggi kolom pasir 33,33cm

Hasil pengujian pembebanan pada benda uji dengan diameter kolom pasir 1/2", tinggi kolom pasir 33,33cm dapat dilihat pada **Tabel 5.3** dan grafik perubahan *load displacement* pada **Gambar 5.3**.

Tabel 5.3 Hasil pengujian pembebanan pada diameter kolom pasir 1/2" dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 33,33 cm.

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir 1/2"	
	Penurunan (mm) 0 jam	Penurunan (mm) 48 jam
0,00	0,00	0,00
8,00	10,94	9,75
12,00	13,82	13,34
13,99	16,84	16,11
15,97	22,03	19,35
20,00	23,54	21,87
25,00	24,97	23,62
30,00	25,32	23,89



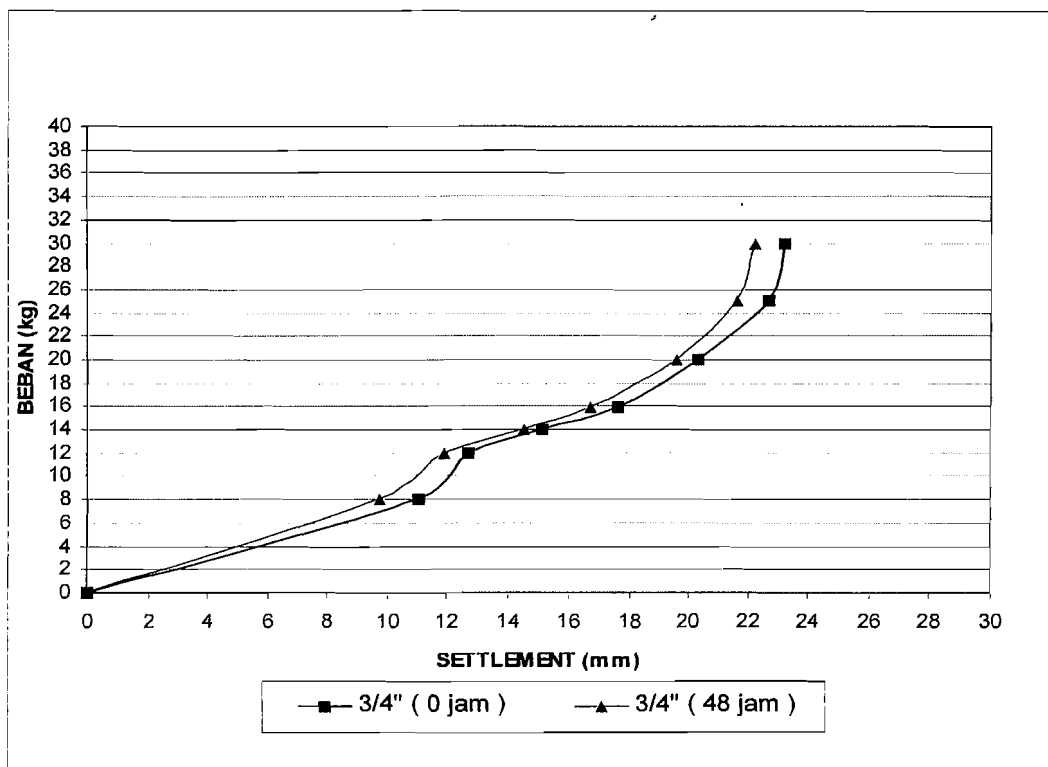
Gambar 5.3 Grafik perubahan *load displacement* pada sampel dengan diameter kolom pasir 1/2", tinggi kolom pasir 33,33 cm, waktu peram 0 jam dan 48 jam.

c. Dengan diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ " dan tinggi kolom pasir 33,33cm

Hasil pengujian pembebanan pada benda uji dengan diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ " dan tinggi kolom pasir 33,33cm dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan grafik perubahan *load displacement* pada Gambar 5.4.

Tabel 5.4 Hasil pengujian pembebanan pada diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ " dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 33,33 cm.

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ "	
	Penurunan (mm) 0 jam	Penurunan (mm) 48 jam
0,00	0,00	0,00
8,00	11,10	9,79
12,00	12,73	11,92
13,99	15,11	14,56
15,97	17,61	16,68
20,00	20,28	19,56
25,00	22,65	21,59
30,00	23,16	22,19



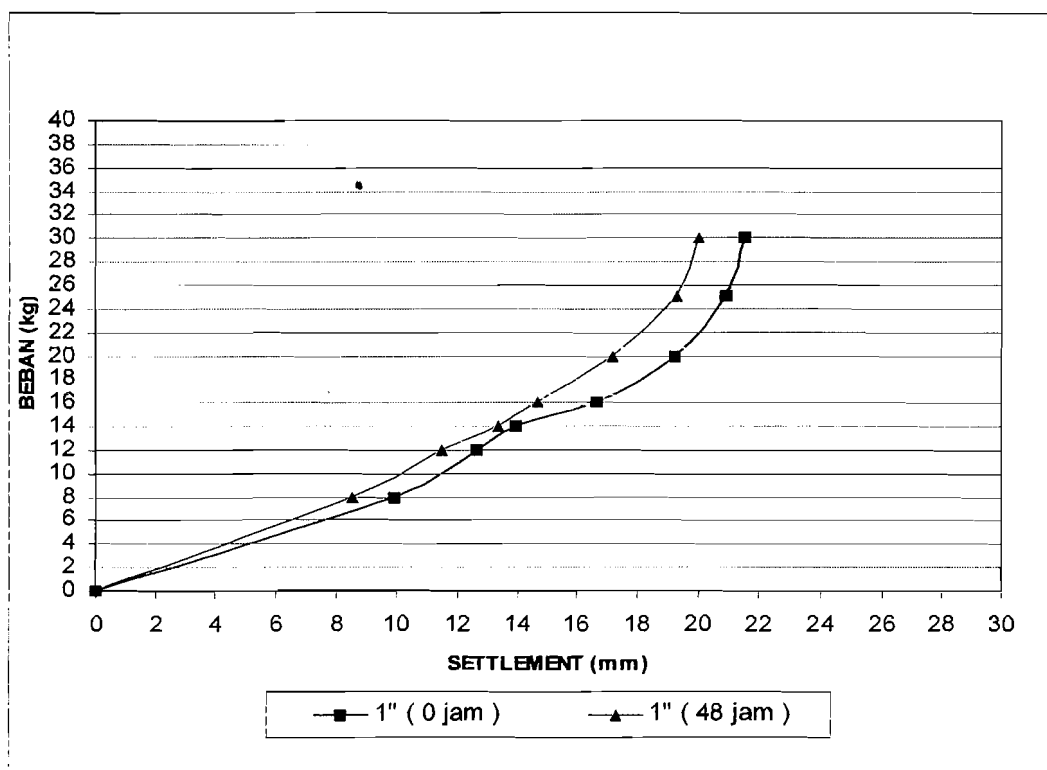
Gambar 5.4 Grafik perubahan *load displacement* pada sampel dengan diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ ", tinggi kolom pasir 33,33 cm, waktu peram 0 jam dan 48 jam.

d. Dengan kolom pasir berdiameter 1" dan tinggi kolom pasir 33,33cm

Hasil pengujian pembebanan pada benda uji dengan diameter kolom pasir 1" dan tinggi kolom pasir 33,33cm dapat dilihat pada **Tabel 5.5** dan grafik perubahan *load displacement* pada **Gambar 5.5**.

Tabel 5.5 Hasil pengujian pembebanan pada diameter kolom pasir 1" dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 33,33 cm.

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir 1"	
	Penurunan (mm) 0 jam	Penurunan (mm) 48 jam
0,00	0,00	0,00
8,00	9,89	8,56
12,00	12,68	11,50
13,99	13,98	13,36
15,97	16,65	14,67
20,00	19,26	17,17
25,00	20,92	19,30
30,00	21,49	20,03



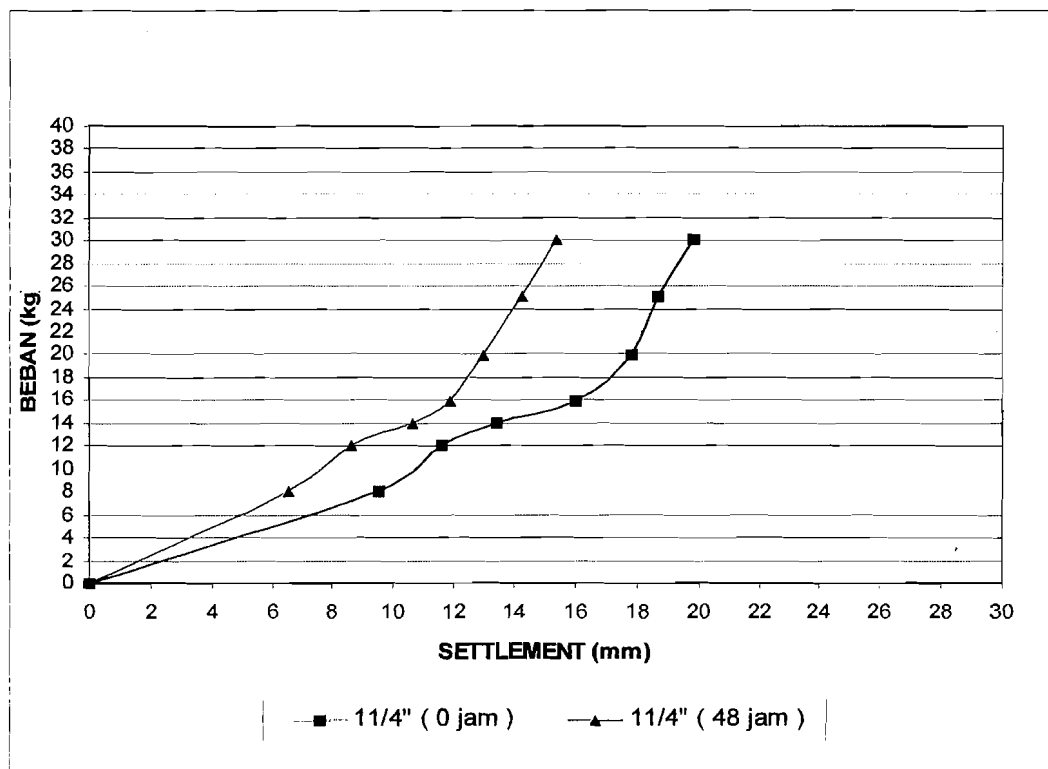
Gambar 5.5 Grafik perubahan *load displacement* pada sampel dengan diameter kolom pasir 1 inch, tinggi kolom pasir 33,33 cm, waktu peram 0 jam dan 48 jam.

e. Dengan kolom pasir berdiameter $1\frac{1}{4}$ " dan tinggi kolom pasir 33,33cm

Hasil pengujian pembebanan pada benda uji dengan diameter kolom pasir $1\frac{1}{4}$ " dan tinggi kolom pasir 33,33cm dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan grafik perubahan *load displacement* pada Gambar 5.6.

Tabel 5.6 Hasil pengujian pembebanan pada diameter kolom pasir $1\frac{1}{4}$ " dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 33,33 cm.

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir $1\frac{1}{4}$ "	
	Penurunan (mm) 0 jam	Penurunan (mm) 48 jam
0,00	0,00	0,00
8,00	9,54	6,53
12,00	11,60	8,60
13,99	13,43	10,62
15,97	16,01	11,84
20,00	17,79	12,99
25,00	18,65	14,28
30,00	19,81	15,38



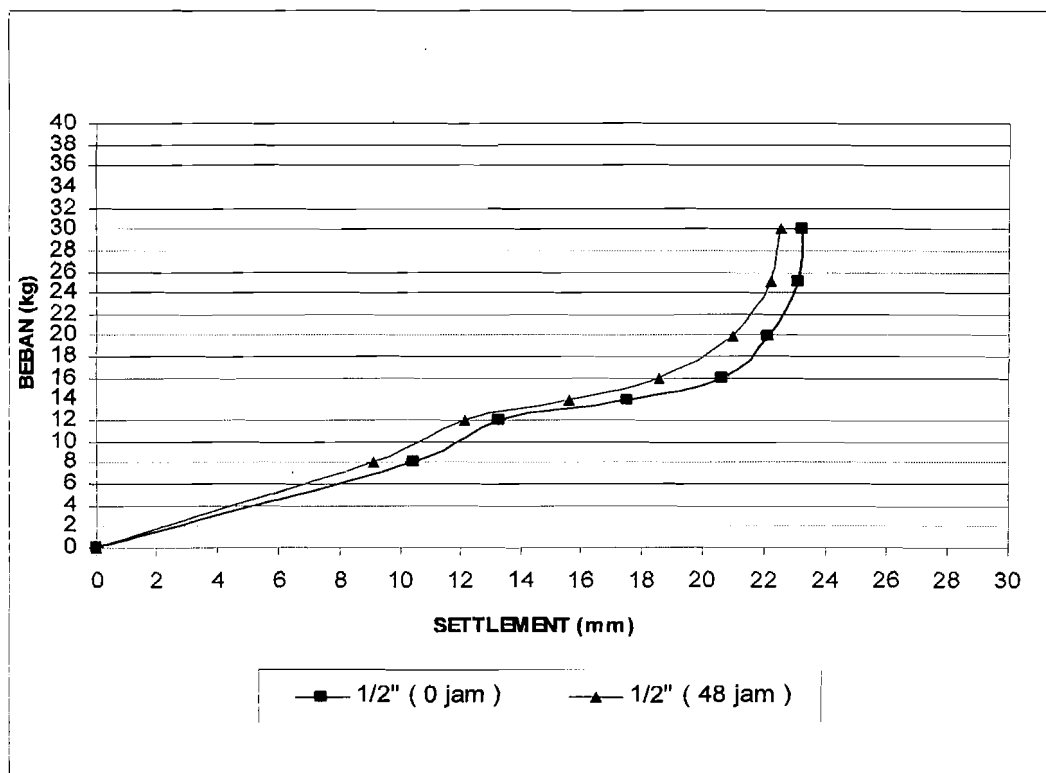
Gambar 5.6 Grafik perubahan *load displacement* pada sampel dengan diameter kolom pasir $1\frac{1}{4}$ ", tinggi kolom pasir 33,33 cm, waktu peram 0 jam dan 48 jam.

f. Dengan kolom pasir berdiameter $\frac{1}{2}$ " dan tinggi kolom pasir 50cm

Hasil pengujian pembebanan pada benda uji dengan diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ " dan tinggi kolom pasir 50cm dapat dilihat pada **Tabel 5.7** dan grafik perubahan *load displacement* pada **Gambar 5.7**.

Tabel 5.7 Hasil pengujian pembebanan pada diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ " dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 50 cm

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ "	
	Penurunan (mm) 0 jam	Penurunan (mm) 48 jam
0,00	0,00	0,00
8,00	10,48	9,10
12,00	13,32	12,17
13,99	17,52	15,58
15,97	20,63	18,55
20,00	22,08	20,97
25,00	23,05	22,20
30,00	23,23	22,48



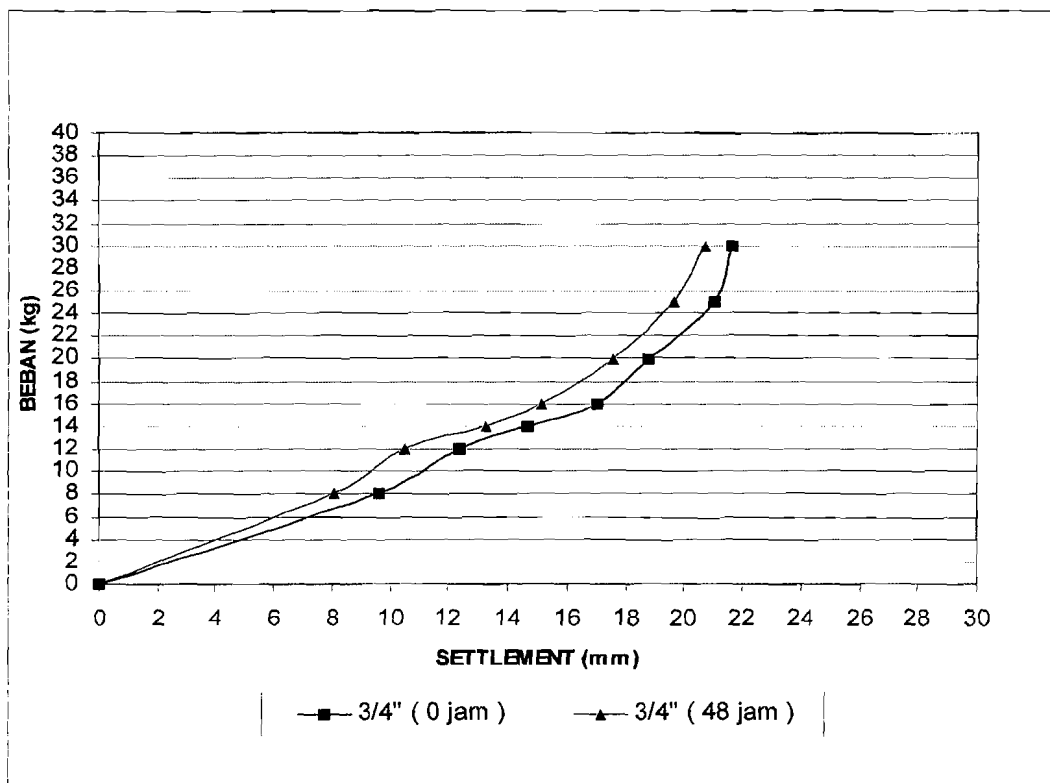
Gambar 5.7 Grafik perubahan *load displacement* pada sampel dengan diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ ", tinggi kolom pasir 50 cm, waktu peram 0 jam dan 48 jam.

g. Dengan kolom pasir berdiameter $\frac{3}{4}$ " dan tinggi kolom pasir 50cm

Hasil pengujian pembebanan pada benda uji dengan diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ " dan tinggi kolom pasir 50cm dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan grafik perubahan *load displacement* pada Gambar 5.8.

Tabel 5.8 Hasil pengujian pembebanan pada diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ " dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 50 cm

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ "	
	Penurunan (mm) 0 jam	Penurunan (mm) 48 jam
0,00	0,00	0,00
8,00	9,62	8,08
12,00	12,37	10,51
13,99	14,64	13,27
15,97	17,05	15,16
20,00	18,80	17,54
25,00	21,07	19,65
30,00	21,68	20,70



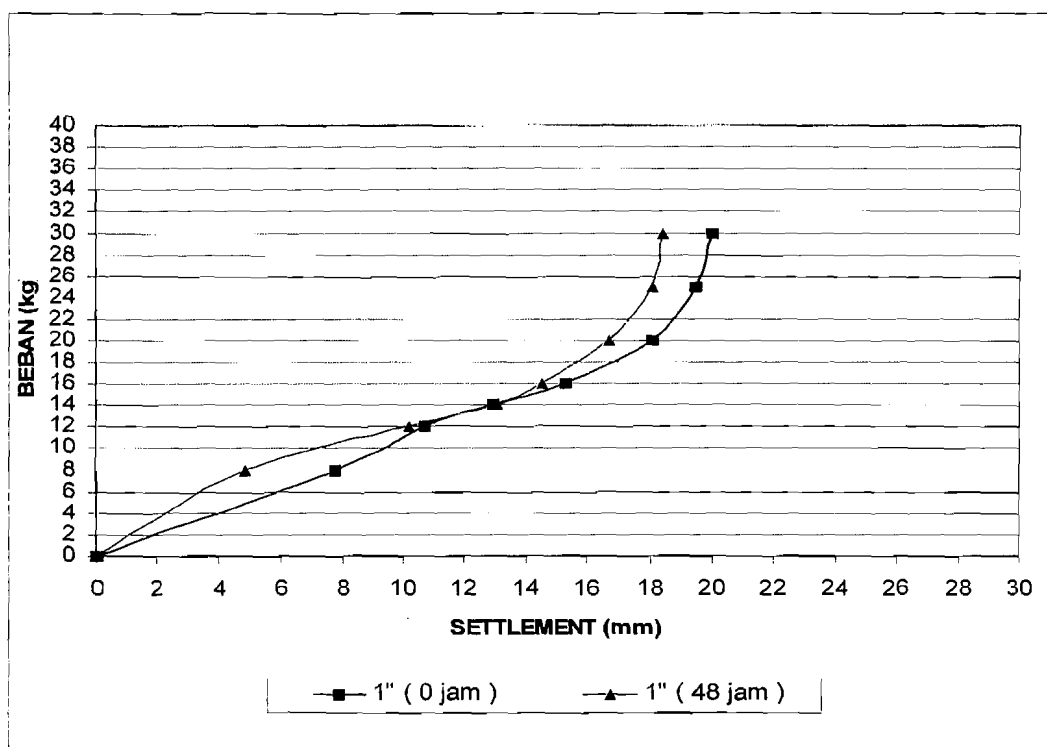
Gambar 5.8 Grafik perubahan *load displacement* pada sampel dengan diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ ", tinggi kolom pasir 50 cm, waktu peram 0 jam dan 48 jam.

h. Dengan kolom pasir berdiameter 1" dan tinggi kolom pasir 50cm

Hasil pengujian pembebanan pada benda uji dengan diameter kolom pasir 1" dan tinggi kolom pasir 50cm dapat dilihat pada **Tabel 5.9** dan grafik perubahan *load displacement* pada **Gambar 5.9**.

Tabel 5.9 Hasil pengujian pembebanan pada diameter kolom pasir 1" dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 50 cm

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir 1"	
	Penurunan (mm) 0 jam	Penurunan (mm) 48 jam
0,00	0,00	0,00
8,00	7,78	4,87
12,00	10,69	10,22
13,99	12,93	13,04
15,97	15,27	14,54
20,00	18,08	16,71
25,00	19,50	18,08
30,00	20,00	18,43



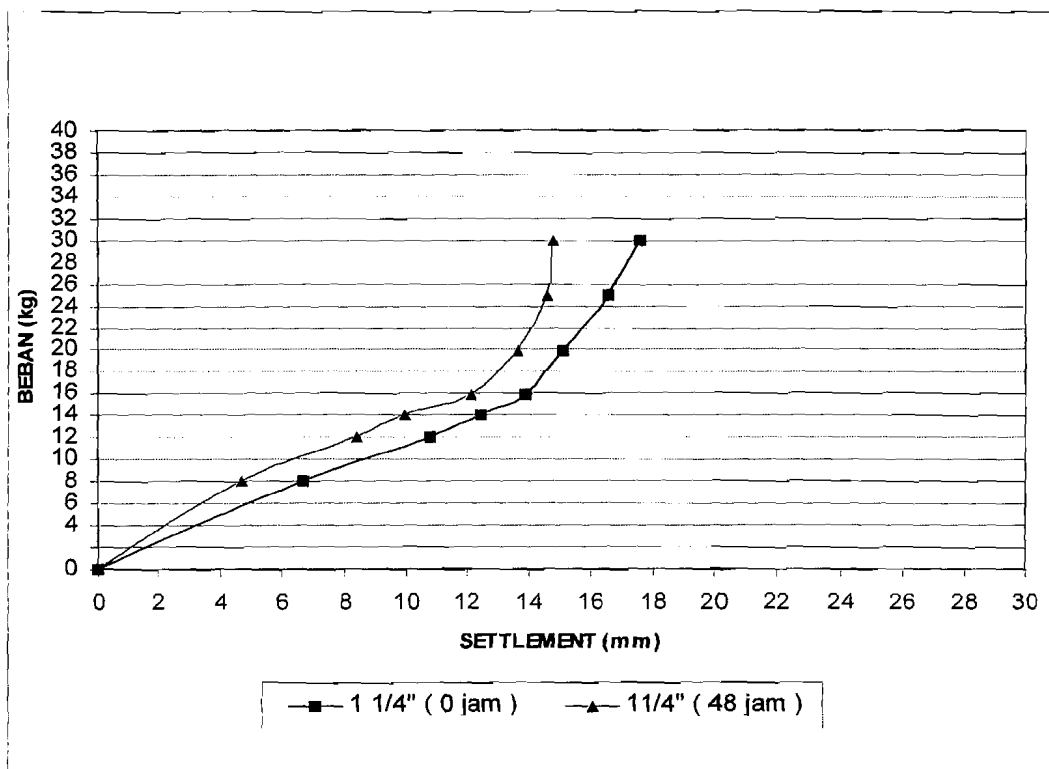
Gambar 5.9 Grafik perubahan *load displacement* pada sampel dengan diameter kolom pasir 1", tinggi kolom pasir 50 cm, waktu peram 0 jam dan 48 jam.

i. Dengan kolom pasir berdiameter $1\frac{1}{4}$ " dan tinggi kolom pasir 50cm

Hasil pengujian pembebanan pada benda uji dengan diameter kolom pasir $1\frac{1}{4}$ " dan tinggi kolom pasir 50 cm dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan grafik perubahan *load displacement* pada Gambar 5.10.

Tabel 5.10 Hasil pengujian pembebanan pada diameter kolom pasir $1\frac{1}{4}$ " dengan waktu peram 0 jam dan 48 jam H = 50 cm

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir $1\frac{1}{4}$ "	
	Penurunan (mm) 0 jam	Penurunan (mm) 48 jam
0,00	0,00	0,00
8,00	6,71	4,73
12,00	10,78	8,39
13,99	12,43	9,94
15,97	13,90	12,11
20,00	15,09	13,62
25,00	16,59	14,56
30,00	17,55	14,80



Gambar 5.10 Grafik perubahan *load displacement* pada sampel diameter kolom pasir $1\frac{1}{4}$ " tinggi kolom pasir 50 cm, waktu peram 0 jam dan 48 jam.

BAB VI

ANALISIS HASIL PENELITIAN

6.1 Pendahuluan

Bab ini akan membahas karakteristik lempung dari Salaman, Magelang, Jawa Tengah berdasarkan hasil penelitian laboratorium. Selain itu akan dibahas pengaruh tanah yang diperbaiki daya dukungnya dengan menggunakan kolom pasir (*sand column*).

6.2 Klasifikasi Lempung Asli (*undisturb*)

Klasifikasi tanah dari hasil pengujian fisik dan mekanis berdasarkan beberapa sistem yang ada yaitu :

1. Sistem *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), berdasarkan hasil uji mekanis tanah diperoleh data sebagai berikut:

- % tanah lolos ayakan no.200 > 35%,

Di tunjukan (**Lampiran7**) bahwa % butiran lempung dan lanau

$$= 73,74\% + 21,63\% = 95,37\% > 35\%$$

- Batas Cair (LL) = 55,91% (>41%) di tunjukan (**Lampiran5**)
- Batas Plastis = 24,68 % di tunjukan (**Lampiran5**)
- Indeks Plastisitas (PI) = 31,23% (>11%)
- Indeks kelompok GI = 33.935% (>20%) di tunjukan (**Lampiran5**)

Dari hasil pengujian analisis distribusi butiran maka tanah yang berasal dari Salaman, Magelang, Jawa Tengah tersebut dapat dikelompokkan dalam kelompok A-7-6. (**Lampiran 9**).

Tipikal tanah kelompok A-7-6 adalah :

- a. Memiliki butiran yang halus yang ditunjukkan dengan material yang mempunyai kandungan tanah yang lolos ayakan No.200 nilai lebih dari 35%.
 - b. Mencakup tanah dengan Indeks Plastisitas tinggi dengan ditunjukkan batas cair dari tanah sangat besar yaitu 55,91% sedangkan batas plastisnya 24,68%, dan Indeks kelompok 33.935% Sehingga Indeks Plastisitasnya 31,23% lebih dari 11%. yaitu syarat batas minimum untuk tipikal tanah dengan kelompok A-7-6 menurut AASTHO.
2. Sistem *Unified (Unified Soil Classification System)* menurut ASTM (1982), berdasarkan hasil uji mekanis tanah diperoleh data sebagai berikut:
- Batas Cair (LL) = 55,91% (sumbu x)
 - Indeks Plastisitas (PI) = 31,23% (sumbu y)

Berdasarkan data diatas, pada grafik *unified* didapat titik pertemuan yang diplotkan antara batas cair dan batas Plastis di dapat diatas garis A, yaitu pada kelompok CH (**Lampiran 11**) dengan nama umum yaitu :

CH = Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung “gemuk” (*fat clays*).

Tipikal Tanah dengan kelompok CH (USBR,1963) sebagai berikut :

- a. Penyesuaian sebagai pengisi agak stabil pada lereng yang landai, dipakai untuk inti yang tipis, selimut dan tanah tanggul.
- b. Koefisien permeabilitasnya (k) = 10^{-6} - 10^{-8} cm/detik.
- c. Karakteristik pemadatan untuk memperoleh kerapatan dapat menggunakan mesin penggilas (*sheep-foot roller*)
- d. Berat volume kering (γ_d) = $1,20 \text{ t/m}^3$ - $1,68 \text{ t/m}^3$.
- e. Penyesuaian untuk tanah pondasi daya dukungnya kurang baik.

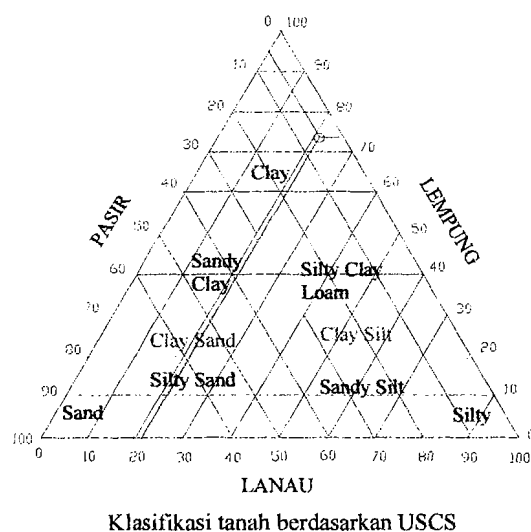
Dari analisis ukuran butiran tanah diperoleh data prosentase sebagai berikut :

% pasir = 4,63 %

% lanau = 21,63 %

% lempung = 73,74 %

Dari data prosentase butiran tanah tersebut klasifikasi berdasarkan “segitiga” USCS dapat di lihat di bawah ini.



Gambar 6.1 Klasifikasi tanah berdasarkan USCS

Dari hasil kajian diatas maka dapat di simpulkan bahwa tanah uji dari Salaman, Jawa Tengah adalah tanah yang lempung termasuk dalam kategori lempung (*clay*).

6.3 Analisis Tanah Asli atau Tanpa Kolom Pasir Terhadap Tegangan dan Penurunan pada Pengujian

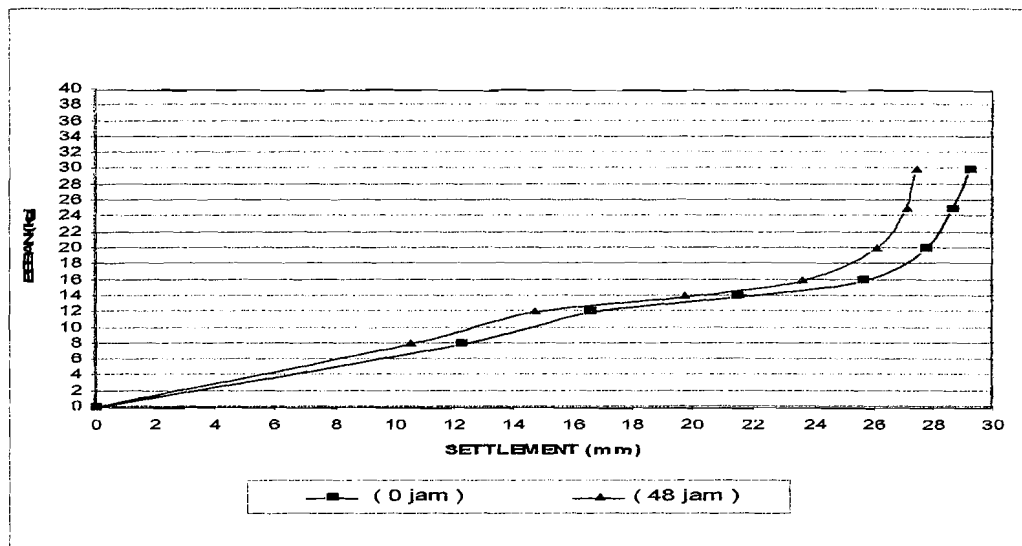
Dalam analisis ini mengkaji bagaimana pengujian penurunan tanpa kolom pasir baik untuk waktu peram 0jam dan 48 jam. Hal ini akan menunjukan perbedaan pada ke dua pengujian tersebut.

a. Analisis Pengujian Tanah Asli atau Tanpa Kolom Pasir

Hasil pengujian pembebanan tanpa kolom pasir pada waktu 0jam dan 48 jam dapat dilihat pada **Tabel 6.1** dan grafik perubahan *load displacement* pada **Gambar 6.2**.

Tabel 6.1 Hasil pengujian pembebanan tanpa kolom pasir dengan waktu peram 0 jam dan 48jam.

Beban (Kg)	Tanpa kolom pasir	
	Penurunan (mm) 0 jam	Penurunan (mm) 48 jam
0,00	0,00	0,00
8,00	12,24	10,51
12,00	16,60	14,69
13,99	21,43	19,71
15,97	25,63	23,60
20,00	27,77	26,10
25,00	28,62	27,14
30,00	29,22	27,40



Gambar 6.2 Grafik perubahan *load displacement* pada sampel tanpa kolom pasir dengan waktu peram (*curing time*) 0 jam dan 48 jam.

Dari tabel 6.1 dan gambar 6.2 dari hasil pengujian yang ada secara umum menggambarkan bahwa beban semakin besar menunjukkan kecenderungan penurunan yang semakin besar pula baik pada uji tanpa pemeraman maupun dengan tanah yang diperam selama 48jam.

Penurunan yang terjadi pada tanah yang diperam relatif lebih kecil dibandingkan dengan pemeraman yang terjadi pada tanah tanpa pemeraman,

pemeraman yang terjadi di tanah lempung memungkinkan butiran tanah akan saling berdekatan sehingga menaikkan nilai dari kohesi. Sehingga pengujian tanpa kolom pasir dengan pemeraman 48jam maka penurunan lebih besar dan pada **gambar 6.2** grafik kenderungannya lebih landai.

6.4 Analisis Panjang Kolom Pasir Sama, Diameter Kolom Pasir Berbeda.

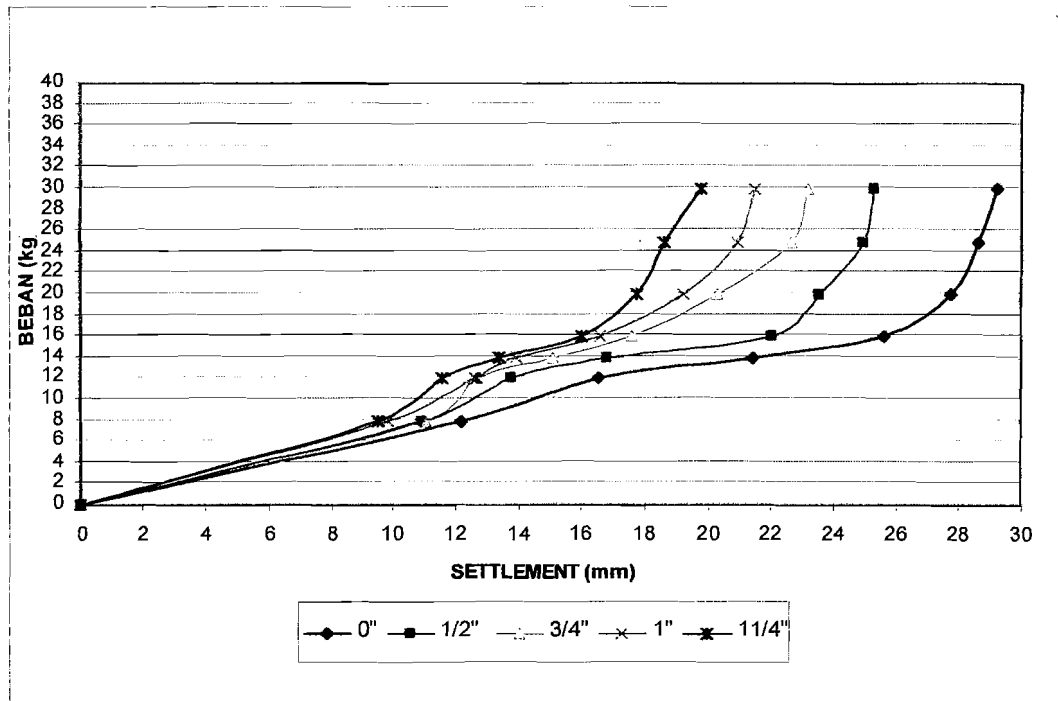
Besar kecilnya diameter kolom pasir akan berpengaruh terhadap *settlement* yang terjadi pada benda uji selama pengujian pembebanan. Hal ini berkaitan dengan luasan dari masing-masing diameter kolom pasir yang digunakan berbeda-beda.

a. Panjang kolom pasir 33,33cm.

Hasil pengujian pembebanan dengan panjang kolom pasir 33,33cm pada diameter kolom pasir yang berbeda dapat dilihat pada **Tabel 6.2** dan grafik perubahan *load displacement* pada **Gambar 6.3**.

Tabel 6.2 Hasil pengujian pembebanan pada panjang kolom pasir 33,33cm diameter kolom pasir berbeda dengan waktu peram 0 jam.

Beban (Kg)	Diameter sand kolom				
	Tanpa kolom	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"
	Penurunan (mm)	Penurunan (mm)	Penurunan (mm)	Penurunan (mm)	Penurunan (mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8,00	12,24	10,94	11,10	9,89	9,54
12,00	16,60	13,82	12,73	12,68	11,60
13,99	21,43	16,84	15,11	13,98	13,43
15,97	25,63	22,03	17,61	16,65	16,01
20,00	27,77	23,54	20,28	19,26	17,79
25,00	28,62	24,97	22,65	20,92	18,65
30,00	29,22	25,32	23,16	21,49	19,81



Gambar 6.3 Grafik perubahan *load displacement* dengan panjang kolom pasir 33,33cm waktu peram 0 jam pada setiap diameter kolom pasir berbeda.

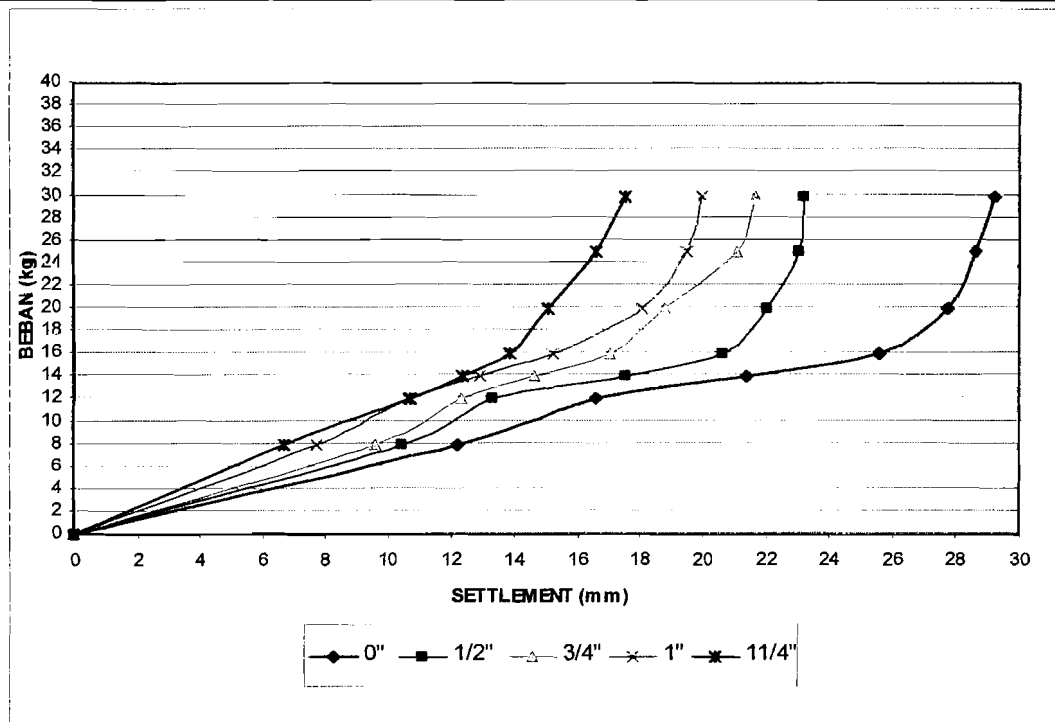
Dari **Tabel 6.2** diketahui bahwa terjadi penurunan yang berbeda-beda pada setiap benda uji dengan diameter kolom pasir masing-masing $\frac{1}{2}$ " ; $\frac{3}{4}$ " ; 1" ; $1\frac{1}{4}$ " yaitu sebesar 2,532 cm ; 2,316 cm ; 2,149 cm ; 1,981 cm. Penurunan paling besar terjadi pada benda uji dengan diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ " yaitu sebesar 2,532cm.

b. Panjang kolom pasir 50cm.

Hasil pengujian pembebanan dengan panjang kolom pasir 50cm pada diameter kolom pasir yang berbeda dapat dilihat pada **Tabel 6.2** dan grafik perubahan *load displacement* pada **Gambar 6.4**

Tabel 6.3 Hasil pengujian pembebanan pada panjang kolom pasir 50cm diameter kolom pasir berbeda dengan waktu peram 0 jam.

Beban (Kg)	Diameter sand kolom				
	Tanpa kolom	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"
	Penurunan (mm)	Penurunan (mm)	Penurunan (mm)	Penurunan (mm)	Penurunan (mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8,00	12,24	10,48	9,62	7,78	6,71
12,00	16,60	13,32	12,37	10,69	10,78
13,99	21,43	17,52	14,64	12,93	12,43
15,97	25,63	20,63	17,05	15,27	13,90
20,00	27,77	22,08	18,80	18,08	15,09
25,00	28,62	23,05	21,07	19,50	16,59
30,00	29,22	23,23	21,68	20,00	17,55



Gambar 6.4 Grafik perubahan *load displacement* dengan panjang kolom pasir 50 cm waktu peram 0 jam pada setiap diameter kolom pasir berbeda.

Dari **Tabel 6.3** diketahui bahwa terjadi penurunan yang berbeda-beda pada setiap benda uji dengan diameter kolom pasir masing-masing $\frac{1}{2}$ " ; $\frac{3}{4}$ " ; 1" ; $1\frac{1}{4}$ " yaitu sebesar 2,323 cm; 2,168 cm; 2,000 cm; 1,755 cm. Penurunan paling besar terjadi pada benda uji dengan diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ " yaitu sebesar 2,323 cm.

Gambar 6.3 dan **Gambar 6.4** menunjukkan perubahan *load displacement* pada benda uji dengan diameter kolom pasir yang berbeda. Secara umum grafik penurunan menunjukkan bahwa semakin besar beban maka penurunan juga semakin besar. Pada benda uji tanpa kolom pasir terjadi penurunan yang lebih besar dibandingkan penurunan pada benda uji yang menggunakan kolom pasir. Hal tersebut disebabkan karena pada kondisi tanpa kolom pasir beban yang bekerja langsung diterima oleh benda uji sedangkan pada benda uji yang menggunakan kolom pasir beban yang bekerja diterima oleh kolom pasir terlebih dahulu sebelum didistribusikan ke benda uji sehingga tegangan yang terjadi lebih kecil dibanding pada benda uji tanpa kolom pasir. Kemudian pengaruh diameter kolom pasir yang berbeda terhadap penurunan yang terjadi yaitu pada luas bidang gesek antara kolom pasir dengan benda uji pada kolom pasir yang berdiameter $1\frac{1}{4}$ " lebih luas dibanding diameter $\frac{1}{2}$ ". Hal ini terjadi perbedaan akibat luasan selimut kolom pasir pada diameter yang besar maka tahanan selimut pada kolom pasir juga akan bertambah. Dari **Gambar 6.3** dapat dilihat grafik penurunan dari 0 sampai 16,84mm yang terjadi pada benda uji dengan diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ " naik dengan landai hal ini menunjukkan sedang terjadi proses pemadatan tanah yang ada dibawah kolom pasir. Kemudian grafik penurunannya menanjak lebih

curam antara 16,84mm sampai 25,32mm pada saat ini tanah yang ada di bawah kolom pasir kondisinya lebih padat dari keadaan semula.

Dengan bentuk dan dimensi apapun penggunaan kolom pasir dapat mengurangi penurunan yang terjadi pada benda uji. Hal ini karena kolom pasir padat yang digunakan pada penelitian ini berfungsi juga sebagai bahan tambahan yang menggantikan sebagian dari tanah uji untuk memikul beban.

Suatu tanah yang mengalami tegangan akan mendapatkan regangan di dalam kerangka tanah tersebut. Regangan ini disebabkan oleh gulingan, geseran dan juga kehancuran partikel-partikel tanah pada titik-titik kontak serta distorsi. Intergrasi dari regangan atau deformasi persatuan panjang merupakan suatu penurunan yang terjadi pada tanah tersebut.

Dari analisis pengujian diatas diketahui bahwa semakin besar diameter kolom pasir maka makin kecil penurunan yang terjadi pada benda uji. Kalau diameter kolom pasir besar maka luas penampangnya juga besar jika pada kondisi beban yang sama maka tegangan kontak yang terjadi akan kecil sehingga penurunannya juga kecil. Hal ini dapat dilihat hubungannya pada rumus tegangan sebagai berikut :

$\sigma = P/A$, dimana :

σ = Tegangan kontak (kg/m^2)

P = Beban (kg)

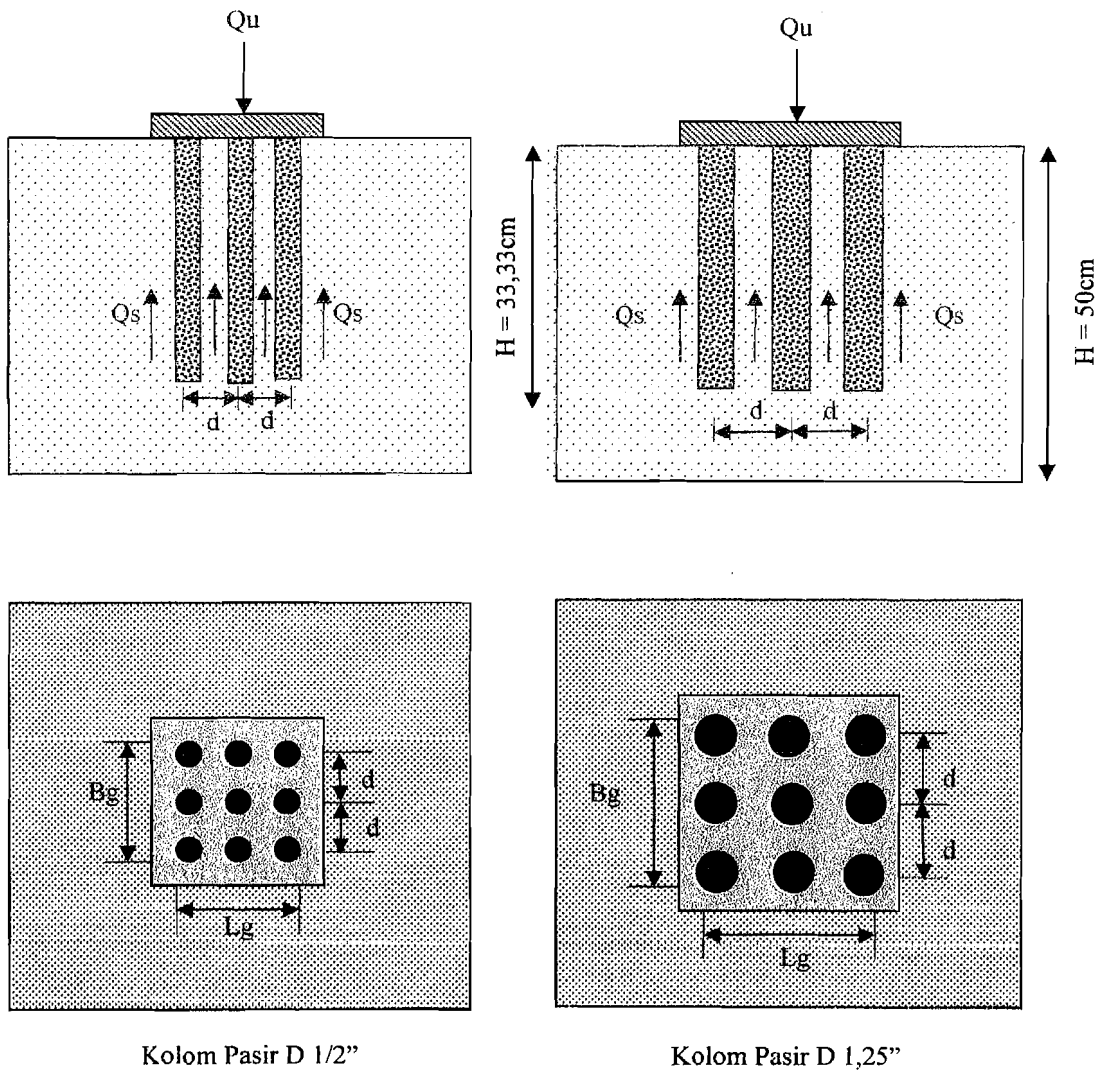
A = Luas penampang (cm^2)

Bila suatu beban dikerjakan pada setiap benda yang elastis, akan menghasilkan suatu regangan. Jumlah regangan pada panjang yang mengalami

tegangan disebut deformasi atau penurunan. Untuk tanah, regangan (deformasi satuan panjang) terutama dihasilkan oleh kombinasi dari berguling dan menggelincirnya partikel yang pindahkan dan paling tidak disebabkan oleh distorsi elastis dari partikel-partikel tanah tersebut.

Penurunan kelompok kolom pasir selalu lebih kecil daripada penurunan tanpa menggunakan kolom pasir terhadap beban yang sama, sama halnya jika memperbesar diameter kolom akan menambah jarak antar kolom yang satu dengan kolom yang lainnya dalam kelompok kolom menjadi lebih kecil, maka penurunan kelompok kolom pasir akan cenderung berkurang. Yang menyebabkan terjadinya penurunan pada kolom pasir ini ialah terjadi akibat pembebanan dari atas, besarnya penurunan yang terjadi dipengaruhi oleh adanya tahanan selimut pada kolom pasir dengan pembesaran diameter maka akan terjadi luasan untuk *friction* juga akan besar juga sehingga penurunan yang menjadi mengecil.

Perbedaan yang signifikan dari diameter dari kelompok pasir ini mempengaruhi dari penurunan, dapat di lihat dengan hasil pengujian data di laboratorium di atas. Kolom pasir dengan pengaruh diameter berbeda dapat di tunjukan dengan gambar 6.5. Pengaruh perbedaan luasan diameter kolom pasir



6.5. Pengaruh perbedaan luasan diameter kolom pasir

Dari gambar diatas dapat di simpulkan dengan diameter kolom pasir yang $1/2$ inch maka jarak antara kolom lebih besar dan luasan penampangnya juga lebih kecil. Hal ini dibandingkan dengan gambar dengan kolom pasir dengan diameter 1,25inch selain memperkecil jarak antar kolom pasir juga penampang luasan dari tiap kolom pasir lebih besar. Sehingga dapat di simpulkan penurunan yang terjadi

dengan beban yang sama dan porperts tanah yang sama maka akan lebih lebih besar dengan diameter kolom pasir yang lebih besar.

6.5 Analisis Diameter kolom Pasir Sama, Panjang Kolom Pasir Beda.

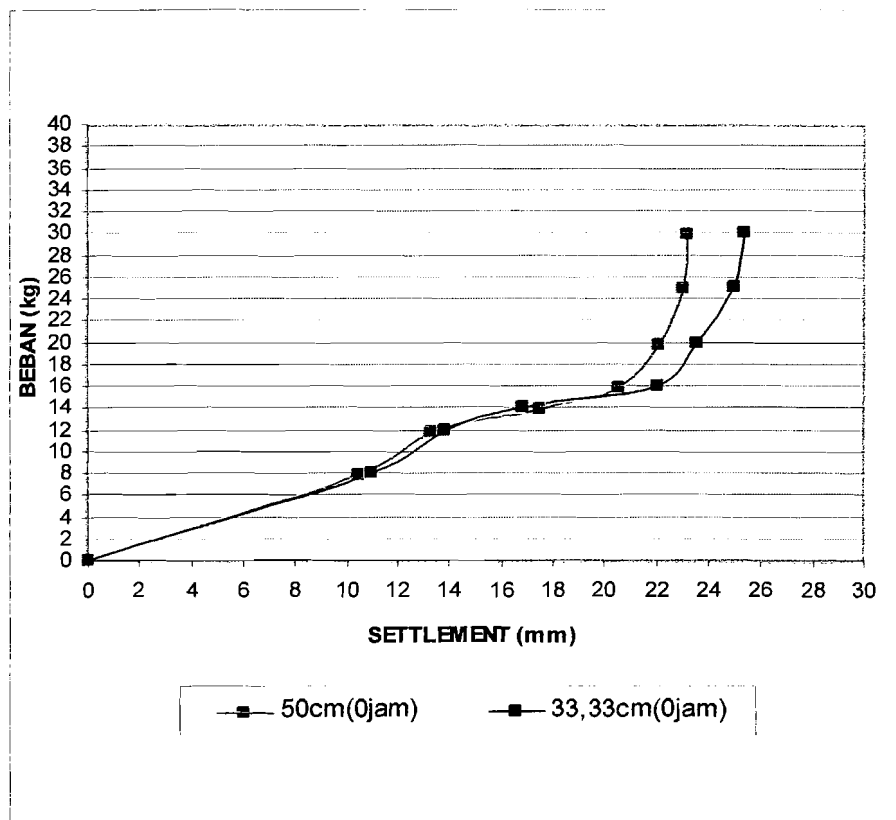
Besar kecilnya panjang kolom pasir akan berpengaruh terhadap *settlement* yang terjadi pada benda uji selama pengujian pembebanan. Hal ini berkaitan dengan luasan dari masing-masing selimut kolom pasir yang digunakan berbeda-beda.

a. Diameter ½" dengan panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm.

Hasil pengujian pembebanan dengan diameter kolom pasir ½" pada panjang kolom pasir yang berbeda dapat dilihat pada **Tabel 6.4** dan grafik perubahan *load displacement* pada **Gambar 6.6**

Tabel 6.4 Hasil pengujian pada diameter kolom pasir ½".

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir ½"	
	33,33cm(0jam)	50cm(0jam)
0,00	0,00 mm	0,00 mm
8,00	10,94 mm	10,48 mm
12,00	13,82 mm	13,32 mm
13,99	16,84 mm	17,52 mm
15,97	22,03 mm	20,63 mm
20,00	23,54 mm	22,08 mm
25,00	24,97 mm	23,05 mm
30,00	25,32 mm	23,23 mm



Gambar 6.6 Grafik perubahan *load displacement* dengan diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ " waktu peram 0 jam pada panjang kolom pasir berbeda.

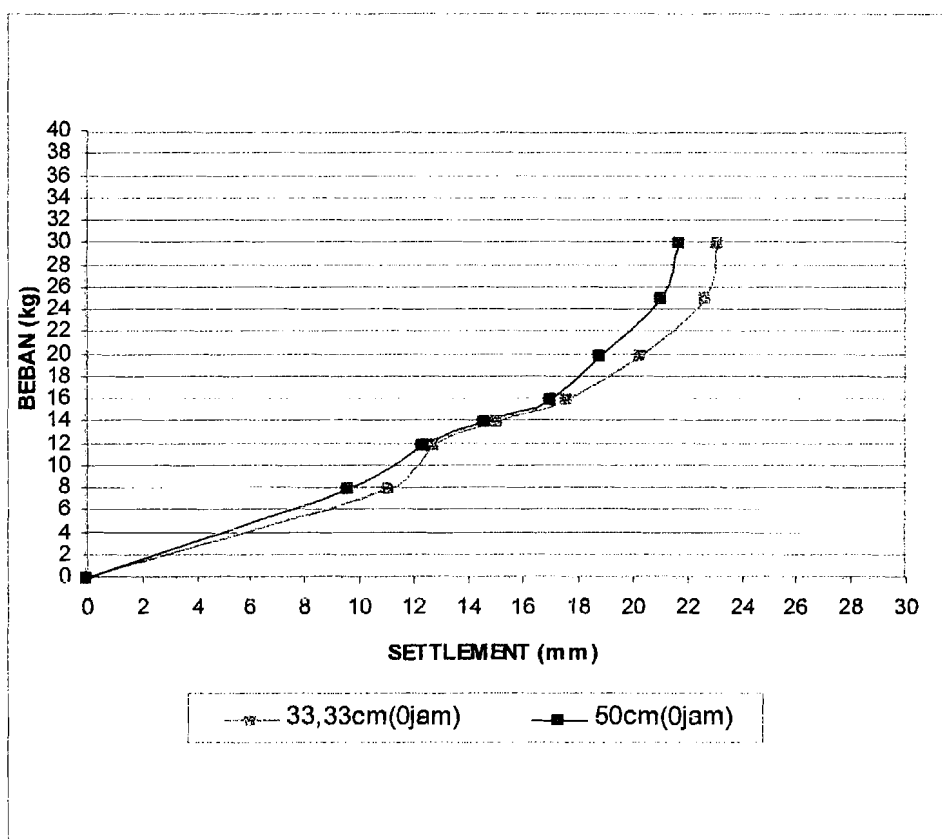
Dari **Tabel 6.4** diketahui bahwa terjadi penurunan yang berbeda-beda pada setiap benda uji dengan panjang kolom pasir masing-masing 33,33cm dan 50cm yaitu sebesar 2,532 cm; 2,323 cm. Penurunan paling besar terjadi pada benda uji dengan panjang kolom pasir 33,33cm yaitu sebesar 2,532cm dan diameter kolom pasir yang sama.

b. Diameter $\frac{3}{4}$ " dengan panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm.

Hasil pengujian pembebanan dengan diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ " pada panjang kolom pasir yang berbeda dapat dilihat pada **Tabel 6.5** dan grafik perubahan *load displacement* pada **Gambar 6.7**

Tabel 6.5 Hasil pengujian pada diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ ".

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ "	
	33,33cm(0jam)	50cm(0jam)
0,00	0,00 mm	0,00 mm
8,00	11,10 mm	9,62 mm
12,00	12,73 mm	12,37 mm
13,99	15,11 mm	14,64 mm
15,97	17,61 mm	17,05 mm
20,00	20,28 mm	18,80 mm
25,00	22,65 mm	21,07 mm
30,00	23,16 mm	21,68 mm



Gambar 6.7 Grafik perubahan *load displacement* dengan diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ " waktu peram 0 jam pada panjang kolom pasir berbeda.

Dari **Tabel 6.5** diketahui bahwa terjadi penurunan yang berbeda-beda pada setiap benda uji dengan panjang kolom pasir masing-masing 33,33cm dan 50cm yaitu sebesar 2,316 cm; 2,168 cm. Penurunan paling besar terjadi pada benda uji

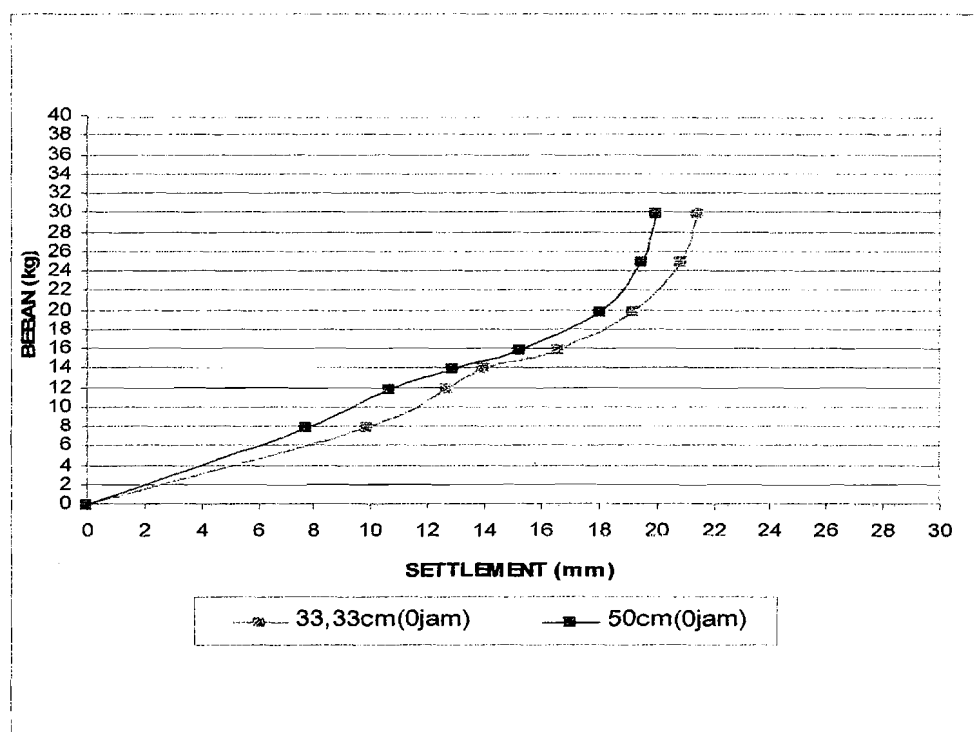
dengan panjang kolom pasir 33,33cm yaitu sebesar 2,316cm dan diameter kolom pasir yang sama.

c. Diameter 1" dengan panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm.

Hasil pengujian pembebanan dengan diameter kolom pasir 1" pada panjang kolom pasir yang berbeda dapat dilihat pada **Tabel 6.5** dan grafik perubahan *load displacement* pada **Gambar 6.8**

Tabel 6.6 Hasil pengujian pada diameter kolom pasir 1".

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir 1"	
	33,33cm(0jam)	50cm(0jam)
0,00	0,00 mm	0,00 mm
8,00	9,89 mm	7,78 mm
12,00	12,68 mm	10,69 mm
13,99	13,98 mm	12,93 mm
15,97	16,65 mm	15,27 mm
20,00	19,26 mm	18,08 mm
25,00	20,92 mm	19,50 mm
30,00	21,49 mm	20,00 mm



Gambar 6.8 Grafik perubahan *load displacement* dengan diameter kolom pasir 1" waktu peram 0 jam pada panjang kolom pasir berbeda.

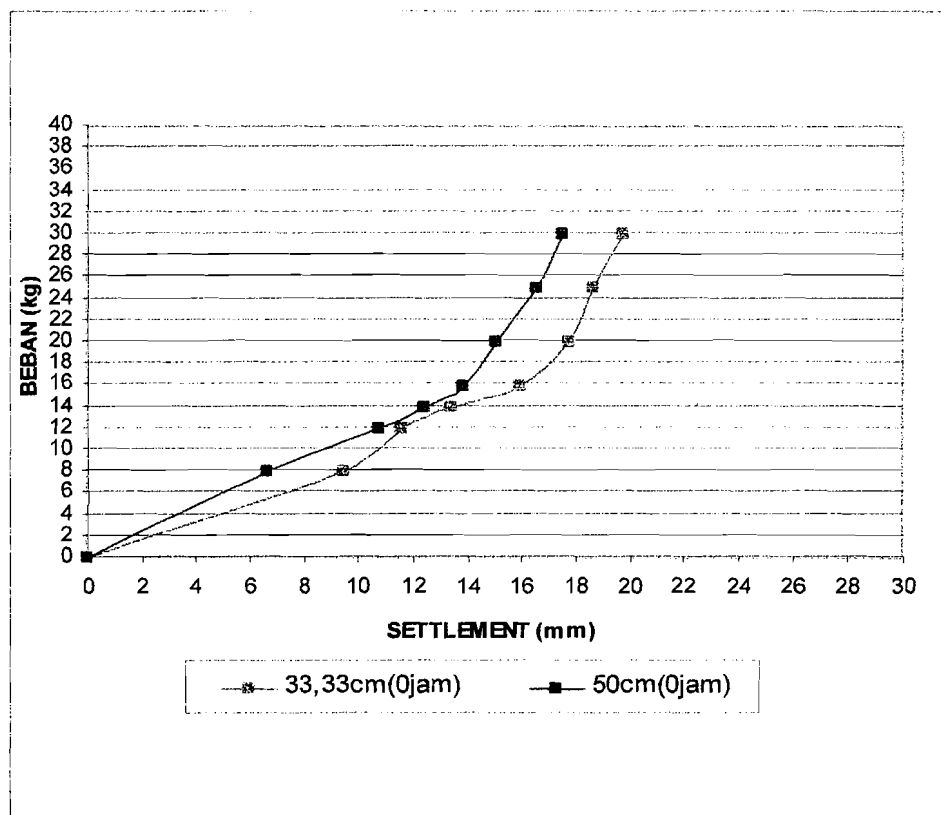
Dari **Tabel 6.6** diketahui bahwa terjadi penurunan yang berbeda-beda pada setiap benda uji dengan panjang kolom pasir masing-masing 33,33cm dan 50cm yaitu sebesar 2,149 cm; 2,000 cm. Penurunan paling besar terjadi pada benda uji dengan panjang kolom pasir 33,33cm yaitu sebesar 2,149cm dan diameter kolom pasir yang sama.

d. Diameter 1¼" dengan panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm.

Hasil pengujian pembebanan dengan diameter kolom pasir 1¼" pada panjang kolom pasir yang berbeda dapat dilihat pada **Tabel 6.7** dan grafik perubahan *load displacement* pada **Gambar 6.9**

Tabel 6.7 Hasil pengujian pada diameter kolom pasir 1¼".

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir 1¼"	
	33,33cm(0jam)	50cm(0jam)
0,00	0,00 mm	0,00 mm
8,00	9,54 mm	6,71 mm
12,00	11,60 mm	10,78 mm
13,99	13,43 mm	12,43 mm
15,97	16,01 mm	13,90 mm
20,00	17,79 mm	15,09 mm
25,00	18,65 mm	16,59 mm
30,00	19,81 mm	17,55 mm



Gambar 6.9 Grafik perubahan *load displacement* dengan diameter kolom pasir 1¼" waktu peram 0 jam pada panjang kolom pasir berbeda.

Dari **Tabel 6.7** diketahui bahwa terjadi penurunan yang berbeda-beda pada setiap benda uji dengan panjang kolom pasir masing-masing 33,33cm dan 50cm yaitu sebesar 1,981 cm; 1,755 cm. Penurunan paling besar terjadi pada benda uji

dengan panjang kolom pasir 33,33cm yaitu sebesar 1,981cm dan diameter kolom pasir yang sama.

Gambar 6.6 sampai **Gambar 6.9** menunjukkan grafik perubahan *load displacement* benda uji yang menggunakan diameter kolom pasir sama dan panjang kolom pasir berbeda. Secara umum grafik penurunan menunjukkan bahwa semakin besar beban maka penurunan juga semakin besar. Pada **Gambar 6.6** penurunan dari 0 sampai 22,03mm menunjukkan proses pemadatan tanah yang ada di bawah kolom pasir hal ini dapat dilihat secara umum grafik cenderung naik secara landai dan setelah itu pada penurunan 22,03mm sampai 25,32mm menunjukkan kondisi tanah lebih padat hal ini dapat dilihat grafik cenderung menanjak agak curam. Grafik menunjukkan bahwa perilaku hubungan beban dengan penurunan untuk panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm adalah sama. Penurunan pada kolom pasir 33,33cm pada beban yang sama menunjukkan nilai lebih besar dibandingkan dengan panjang kolom pasir 50cm. Hal tersebut bisa disebabkan oleh karena kepadatan tanah yang ada dibawah kolom pasir tersebut semakin padat. Pada kolom pasir 33,33cm memiliki ketebalan lapisan benda uji dibawah kolom pasir lebih besar (16,67cm) dibandingkan dengan ketebalan pada kolom pasir 50cm (3cm) sehingga proses pemadatan tanah dibawah kolom pasir 33,33cm akan lebih lama dibanding kolom pasir 50cm. Pengaruh panjang kolom pasir yang berbeda terhadap penurunan yang terjadi yaitu pada luas bidang gesek antara kolom pasir dengan benda uji pada panjang kolom pasir 50cm lebih luas dibanding panjang kolom pasir 33,33cm.

Sebuah tiang kolom dengan dukungan ujung mendapat seluruh daya dukungnya dari tanah di ujung tiang kolom, dan hanya sebagian kecil berasal dari tanah di atasnya. Sedangkan tiang kolom dengan dukungan gesek daya dukungnya berasal dari tanah yang mengelilingi tiang, yaitu berasal dari gesekan antara tanah dan selimut tiang. Sebagian kecil beban didukung oleh tanah disekitar ujung dari tiang.

Pada penelitian kali ini, perilaku seluruh kolom pasir dalam menerima beban diasumsikan mengalami tahanan gesek (*friction pile*). Pada kolom pasir dengan panjang 50cm memiliki luas selimut yang lebih besar dibandingkan dengan panjang kolom pasir 33,33cm dan diameter yang sama. Semakin panjang suatu kolom maka luas selimut kolom juga akan semakin luas, hal ini akan mempengaruhi besar tegangan gesek yang terjadi antara kolom pasir dengan tanah yang mengelilingi selimut kolom.

Gaya antara tiang dan tanah pada dukungan gesek (*friction pile*) bukan hanya berasal dari gesekan tapi juga berasal dari adhesi, yaitu peristiwa tarik menarik antar partikel yang berbeda, sehingga terjadi gaya tarik menarik di sepanjang permukaan selimut kolom. Dengan semakin besarnya gaya tarik menarik yang terjadi maka penurunannya akan semakin kecil.

Kesimpulan dari pengujian yang menggunakan diameter kolom pasir sama dan panjang kolom pasir berbeda adalah semakin panjang kolom pasir yang digunakan maka penurunannya semakin kecil, hal ini ditinjau dari kontribusi friksi makin besar. Tahanan selimut kolom pasir lebih besar daripada tahanan ujung kolom pasir yang cenderung lebih kecil nilainya sehingga penurunannya

kecil. Hal ini juga berkaitan dengan jenis benda uji yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu berjenis lempung lunak. Dimana akan terjadi peristiwa pelekatan antar partikel pasir dengan partikel tanah uji yang akan menyebabkan tahanan gesek lebih besar nilainya daripada tahanan ujung kolom pasir.

6.6 Analisis Waktu Peram Pada Panjang Kolom Pasir Sama dan Diameter kolom Pasir Sama.

Waktu peram (*curing time*) akan berpengaruh terhadap *settlement* yang terjadi pada benda uji selama pengujian pembebanan. Hal ini berkaitan dengan peristiwa yang terjadi selama benda uji diperam.

6.6.1. Waktu peram 0 jam dan 48 jam pada Panjang kolom sama, Diameter kolom sama.

Pengujian dilakukan pada benda uji dengan menggunakan diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ " dan panjang masing-masing kolom pasir pada setiap benda uji 33,33cm ; 50cm.

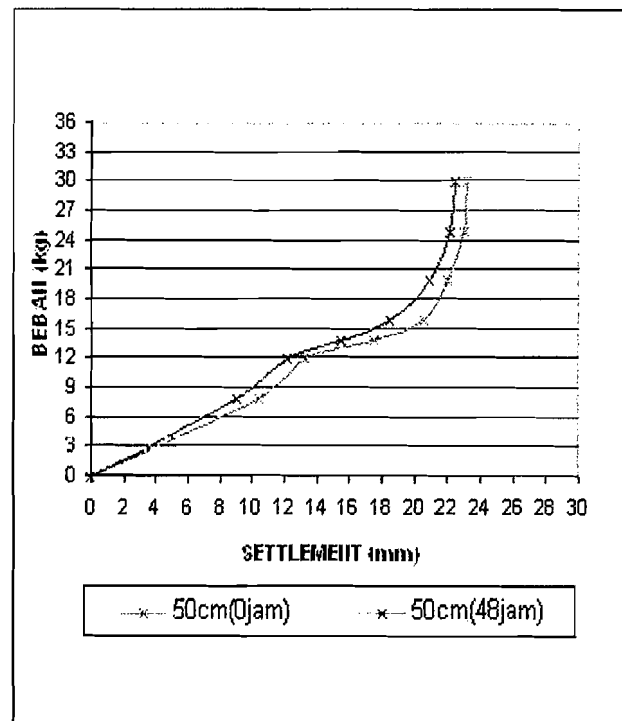
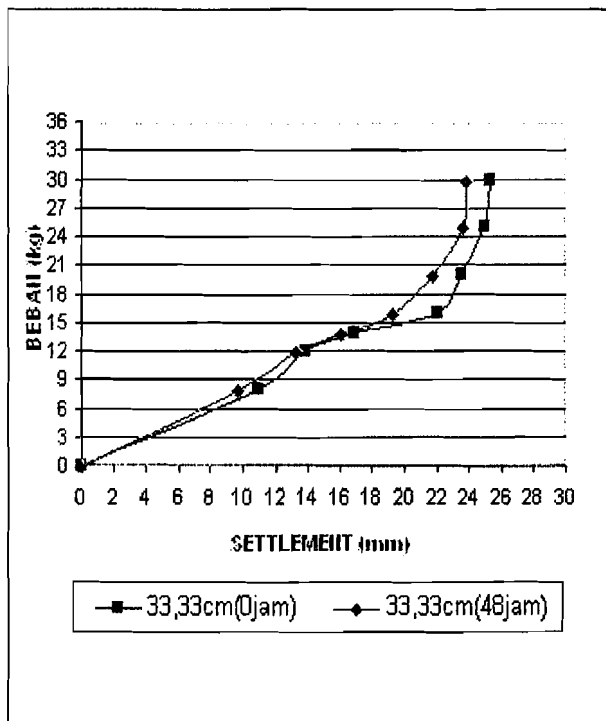
a. Diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ ", panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm.

Hasil pengujian pembebanan dengan diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ " pada panjang kolom pasir yang sama selama 0 jam dan 48 jam dapat dilihat pada **Tabel 6.8** dan grafik perubahan *load displacement* pada **Gambar 6.10**.

Tabel 6.8 Hasil pengujian benda uji dengan panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm , diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ " pada waktu peram 0 jam dan 48 jam.

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ "	
	33,33cm(0jam)	33,33cm(48jam)
0,00	0,00 mm	0,00 mm
8,00	10,94 mm	9,75 mm
12,00	13,82 mm	13,34 mm
13,99	16,84 mm	16,11 mm
15,97	22,03 mm	19,35 mm
20,00	23,54 mm	21,87 mm
25,00	24,97 mm	23,62 mm
30,00	25,32 mm	23,89 mm

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ "	
	50cm(0jam)	50cm(48jam)
0,00	0,00 mm	0,00 mm
8,00	10,48 mm	9,10 mm
12,00	13,32 mm	12,17 mm
13,99	17,52 mm	15,58 mm
15,97	20,63 mm	18,55 mm
20,00	22,08 mm	20,97 mm
25,00	23,05 mm	22,20 mm
30,00	23,23 mm	22,48 mm



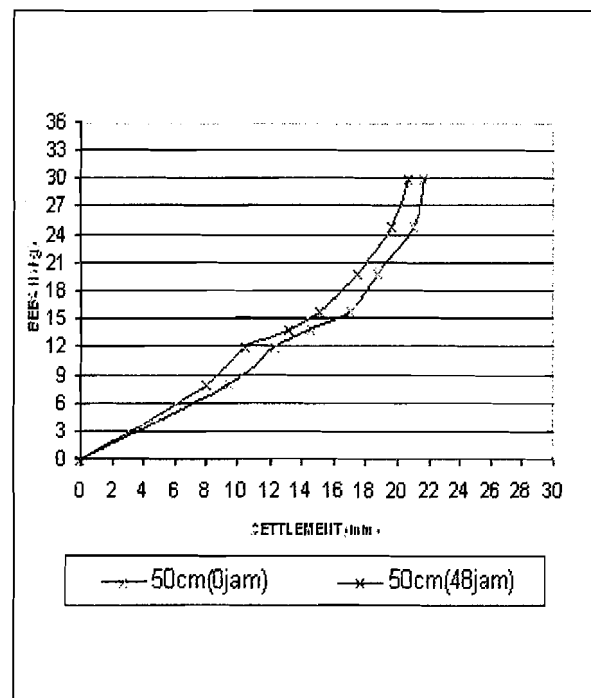
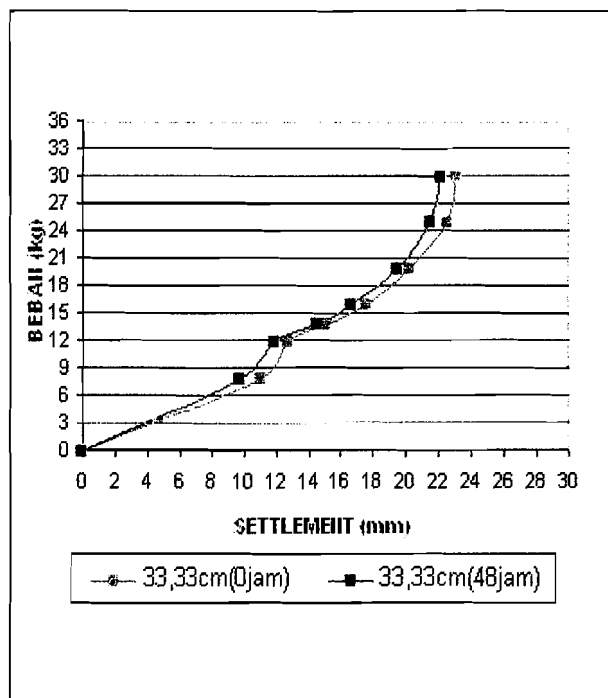
Gambar 6.10 Grafik perubahan *load displacement* dengan diameter kolom pasir $\frac{1}{2}$ " waktu peram 0 jam dan 48 jam pada panjang kolom pasir yang sama.

b. Diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ " , panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm.

Hasil pengujian pembebanan dengan diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ " pada panjang kolom pasir yang sama selama 0 jam dan 48 jam dapat dilihat pada **Tabel 6.9** dan grafik perubahan *load displacement* pada **Gambar 6.11**.

Tabel 6.9 Hasil pengujian benda uji dengan panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm , diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ " pada waktu peram 0 jam dan 48 jam.

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ "		Beban (Kg)	Diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ "	
	33,33cm(0jam)	33,33cm(48jam)		50cm(0jam)	50cm(48jam)
0,00	0,00 mm	0,00 mm	0,00	0,00 mm	0,00 mm
8,00	11,10 mm	9,79 mm	8,00	9,62 mm	8,08 mm
12,00	12,73 mm	11,92 mm	12,00	12,37 mm	10,51 mm
13,99	15,11 mm	14,56 mm	13,99	14,64 mm	13,27 mm
15,97	17,61 mm	16,68 mm	15,97	17,05 mm	15,16 mm
20,00	20,28 mm	19,56 mm	20,00	18,80 mm	17,54 mm
25,00	22,65 mm	21,59 mm	25,00	21,07 mm	19,65 mm
30,00	23,16 mm	22,19 mm	30,00	21,68 mm	20,70 mm



Gambar 6.11 Grafik perubahan *load displacement* dengan diameter kolom pasir $\frac{3}{4}$ " waktu peram 0 jam dan 48 jam pada panjang kolom pasir yang sama.

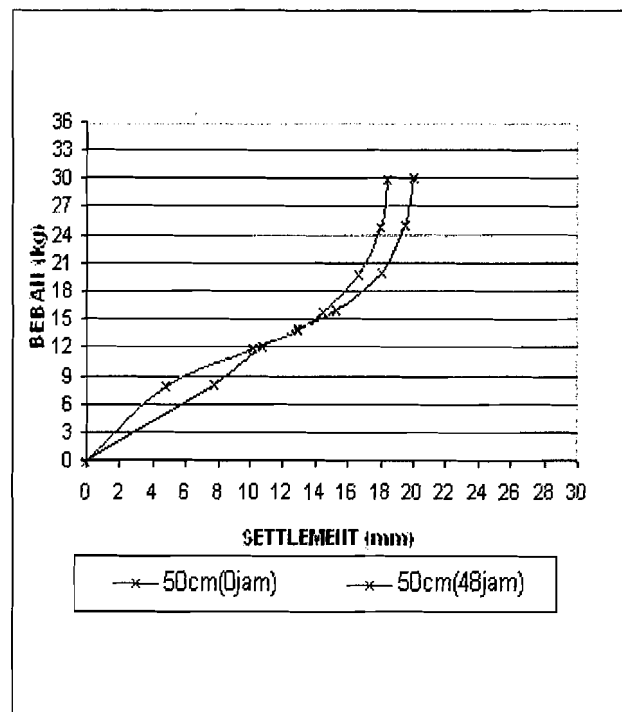
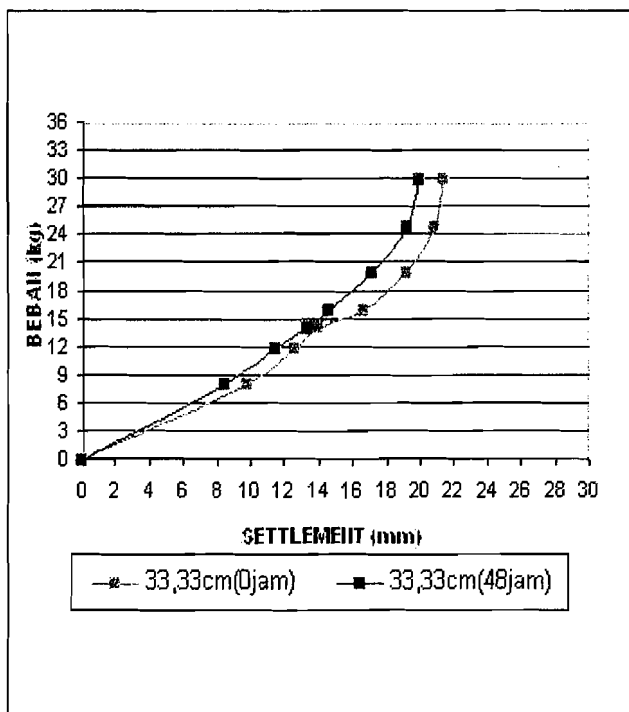
c. Diameter kolom pasir 1", panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm.

Hasil pengujian pembebanan dengan diameter kolom pasir 1" pada panjang kolom pasir yang sama selama 0 jam dan 48 jam dapat dilihat pada **Tabel 6.10** dan grafik perubahan *load displacement* pada **Gambar 6.12**.

Tabel 6.10 Hasil pengujian benda uji dengan panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm , diameter kolom pasir 1" pada waktu peram 0 jam dan 48 jam.

Beban (Kg)	Diameter sand kolom 1"	
	33,33cm(0jam)	33,33cm(48jam)
0,00	0,00	0,00
8,00	9,89	8,56
12,00	12,68	11,50
13,99	13,98	13,36
15,97	16,65	14,67
20,00	19,26	17,17
25,00	20,92	19,30
30,00	21,49	20,03

Beban (Kg)	Diameter sand kolom 1"	
	50cm(0jam)	50cm(48jam)
0,00	0,00	0,00
8,00	7,78	4,87
12,00	10,69	10,22
13,99	12,93	13,04
15,97	15,27	14,54
20,00	18,08	16,71
25,00	19,50	18,08
30,00	20,00	18,43



Gambar 6.12 Grafik perubahan *load displacement* dengan diameter kolom pasir 1" waktu peram 0 jam dan 48 jam pada panjang kolom pasir yang sama.

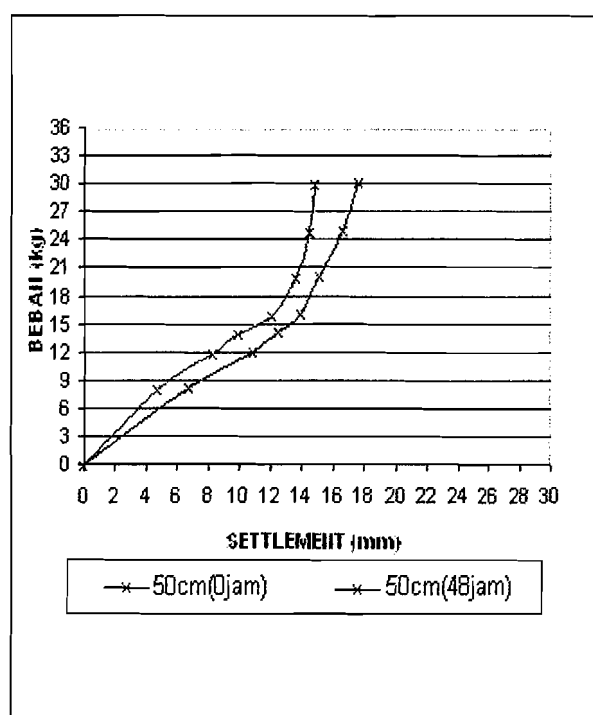
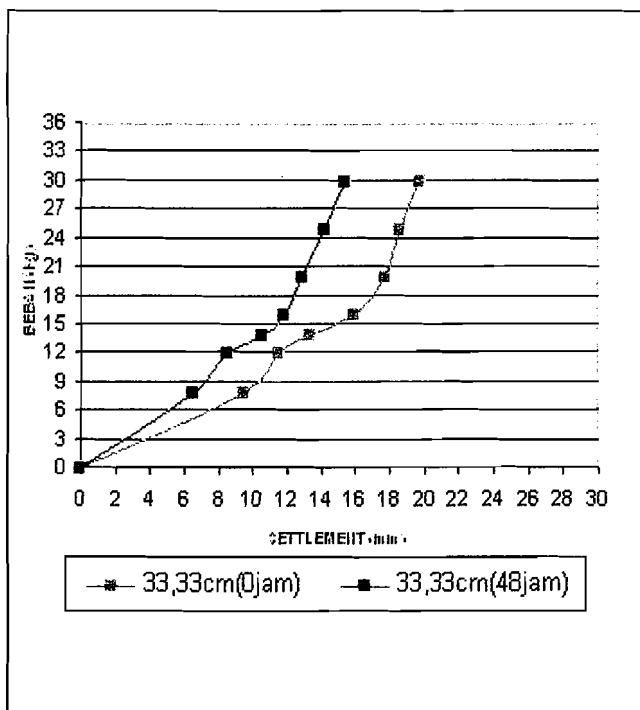
d. Diameter kolom pasir 1 $\frac{1}{4}$ " , panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm.

Hasil pengujian pembebanan dengan diameter kolom pasir 1 $\frac{1}{4}$ " pada panjang kolom pasir yang sama selama 0 jam dan 48 jam dapat dilihat pada Tabel 6.11 dan grafik perubahan *load displacement* pada Gambar 6.13.

Tabel 6.11 Hasil pengujian benda uji dengan panjang kolom pasir 33,33cm dan 50cm , diameter kolom pasir 1 $\frac{1}{4}$ " pada waktu peram 0 jam dan 48 jam.

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir 1 $\frac{1}{4}$ "	
	33,33cm(0jam)	33,33cm(48jam)
0,00	0,00	0,00
8,00	9,54	6,53
12,00	11,60	8,60
13,99	13,43	10,62
15,97	16,01	11,84
20,00	17,79	12,99
25,00	18,65	14,28
30,00	19,81	15,38

Beban (Kg)	Diameter kolom pasir 1 $\frac{1}{4}$ "	
	50cm(0jam)	50cm(48jam)
0,00	0,00	0,00
8,00	6,71	4,73
12,00	10,78	8,39
13,99	12,43	9,94
15,97	13,90	12,11
20,00	15,09	13,62
25,00	16,59	14,56
30,00	17,55	14,80



Gambar 6.13 Grafik perubahan *load displacement* dengan diameter kolom pasir 1 $\frac{1}{4}$ " waktu peram 0 jam dan 48 jam pada panjang kolom pasir yang sama.

Analisis dari waktu peram merupakan suatu proses dari hasil perubahan volume pada tanah jenuh air, akibat dari keluarnya air dari pori-pori tanah. Hal ini sesuai dengan sifat lempung yang mempunyai konsistensi. Dengan berkurangnya kadar air, lempung akan menembus batas cair menjadi kondisi plastis, kemudian keadaan semi padat sampai keras. Dan sifat aktifitas yang menunjukkan suatu gaya tarik menarik untuk menghasilkan kelengasan pada perubahan volume yang kecil dengan pengurang kadar air (*shrinking*) yang berhubungan dengan struktur kristal dan kimia.

Unsur mineral lempung yaitu kaolinit dengan aktivitas rendah, material relatif stabil dengan adanya air. Halloisit dengan aktivitas rendah sama dengan kaolinit kecuali sifatnya berubah dengan radikal akibat kering. Illit aktifitasnya di tengah-tengah antara kaolinit dan halloisit. Montmorillonit terlalu mengembang dan paling menyulitkan mineral lempung pada lereng dan di bawah pondasi.

Dari Sifat Kohesi di hasilkan ikatan yang di bentuk karena persentuhan permukaan partikel-partikel lempung, hal ini di sebabkan oleh kekuatan daya tarik elektrokimia, sehingga dapat menghasilkan suatu ikatan yang lebih menyatu. Hal ini terjadi pada tanah lempung itu sehingga dari tanah lempung yang ada sudah terjadi proses perubahan kimia yang memepengaruhi terjadinya penurunan dengan waktu yang lebih lama yaitu 24jam, dan sifat Adhesi yang mempengaruhi tanah lempung ini mempunyai daya tarik material melekat ke matrial lain, pada kolom pasir ini terjadi gesekan dan persentuhan antara tanah lempung sehingga mengakibatkan unsur kimia dari pasir dan lempung terjadi akumulasi yang

menjadikan suatu perubahan susunan partikel yang membedakan setelah terjadi pembebanan.

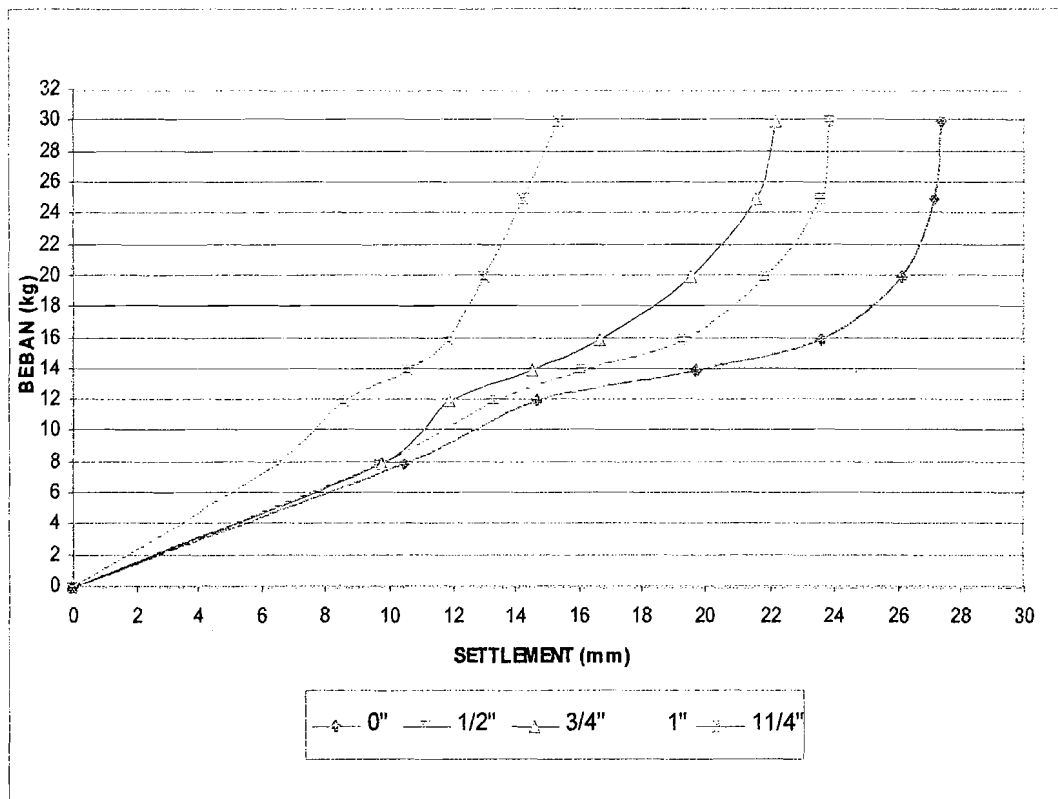
6.7 Analisis Hubungan Penambahan Beban Terhadap Perbedaan Penurunan Yang Terjadi.

Pembebanan yang bervariasi sangat menentukan perbedaan penurunan yang bervariasi juga pada setiap penambahannya, hal ini ditunjukkan pada hasil pengujian pembebanan di laboratorium.

Hasil pengujian pembebanan dari 8kg sampai 30 kg menghasilkan interval penurunan yang semakin mengecil, hal ini dapat dilihat hasilnya pada **Tabel 6.12** dan grafik perubahan *load displacement*nya pada **gambar 6.14**.

Tabel 6.12 Hasil pengujian pembebanan pada panjang kolom pasir 33,33cm dan diameter kolom pasir berbeda dengan waktu peram 48 jam.

Beban (Kg)	Diameter sand kolom				
	Tanpa kolom	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"
0,00	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm
8,00	10,51 mm	9,75 mm	9,79 mm	8,56 mm	6,53 mm
12,00	14,69 mm	13,34 mm	11,92 mm	11,5 mm	8,6 mm
13,99	19,71 mm	16,11 mm	14,56 mm	13,36 mm	10,62 mm
15,97	23,6 mm	19,35 mm	16,68 mm	14,67 mm	11,84 mm
20,00	26,1 mm	21,87 mm	19,56 mm	17,17 mm	12,99 mm
25,00	27,14 mm	23,62 mm	21,59 mm	19,3 mm	14,28 mm
30,00	27,4 mm	23,89 mm	22,19 mm	20,03 mm	15,38 mm



Gambar 6.14 Grafik perubahan *load displacement* dengan panjang kolom pasir 33,33cm waktu peram 48 jam pada setiap diameter kolom pasir berbeda.

Gambar 6.14 menunjukkan perubahan *load displacement* yang terjadi akibat penambahan beban pada benda uji yang menggunakan diameter kolom pasir berbeda dan panjang 33,33cm pada waktu peram 48 jam. Secara umum grafik penurunan yang terjadi menunjukkan perilaku yang sama, yaitu diawali dengan perlahan naik yang menandakan terjadi proses pemadatan benda uji yang ada di bawah kolom pasir hal ini dikarenakan berat volume pasir lebih besar daripada berat volume benda uji kemudian grafik menanjak naik yang menandakan benda uji tersebut sudah semakin padat sehingga penurunan yang terjadi dengan penambahan beban yang sama akan semakin kecil.

Dengan adanya penambahan beban dari mulai 8 kg sampai 30 kg diperoleh penurunan yang semakin mengecil, hal ini juga dikarenakan besarnya tegangan vertikal yang dialami butiran tanah setelah terjadi deformasi pembebanan dan akan mengalami pemampatan atau jarak antara rongga-rongga pori menjadi lebih dekat dan menyatu sehingga susunannya menjadi rapat dan padat. Pemampatan yang terjadi pada tanah akibat pembebanan akan berpengaruh kepada besarnya kepadatan relatif (dalam %).

Pada penelitian kali ini penurunan yang terjadi tidak sepenuhnya dialami oleh lempung yang berada dibawah kolom pasir sehingga dari pengamatan sesudah penelitian diketahui bahwa penurunan terjadi akibat diperpendekkan kolom pasir dan pengembangan kolom pasir hal tersebut terjadi akibat kolom pasir selama pembebanan mengalami tegangan vertikal yang mengakibatkan diperpendekkan pada kolom pasir dan tegangan horizontal yang mengakibatkan pengembangan kolom pasir.

Pemampatan tanah akibat pembebanan yang semakin bertambah akan mengurangi sedikit demi sedikit laju penurunan. Penurunan akibat dari pemampatan tanah yang dinamik sangat ditentukan oleh besarnya massa tanah, besarnya beban, dan jenis tanahnya. Tanah jenuh yang dapat di golongkan sebagai lempung berlanau dapat ditingkatkan daya dukungnya dengan cara perbaikan tanah.

6.8 Analisis Perhitungan Penurunan Secara Mekanis

Nilai penurunan dari perhitungan kali ini merupakan secara mekanis untuk membandingkan dengan nilai penurunan yang diperoleh dari pengamatan selama pengujian di Labortorium Mekanika Tanah FTSP UII.

Rumus yang digunakan untuk menghitung penurunan yang terjadi adalah (Bowles, J.E hal 407) :

$$\Delta S = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \dots \dots \dots (6.1)$$

Keterangan :

ΔS = Penurunan yang terjadi (cm)

C_c = *Compression Index*.

H = Tinggi lapisan lempung (m)

e_0 = angka pori awal

P_0 = Tegangan vertikal efektif (kg/m^2)

ΔP = Tegangan yang terjadi di tengah lapis lempung (kg/m^2)

Nilai C_c untuk lempung yang dibuat kembali (*remolded*) (Bowles, J.E hal 393)

adalah :

$$C_c = 0,007 (W_L - 7) \dots \dots \dots (6.2)$$

$W_L = 55, 91$ (batas cair) (**Lampiran 5**)

$$= 0,007 \cdot (55,71 - 7) = 0,34097$$

$\gamma_b = 1,63639 \text{ gr/cm}^3$ (**Lampiran 3**)

$$P_0 = H \cdot \gamma_b = 50 \cdot 1,63639 = 81,8195 \text{ gram/cm}^2$$

$e_0 = 0,39$ (**Lampiran14**)

1. Penurunan Tanpa kolom pasir

Perhitungan penurunan benda uji tanpa menggunakan kolom pasir pada beban maksimal dapat dihitung berdasarkan data sebagai berikut :

$$\text{Lebar cap } (B) = 9 \text{ cm}$$

$$z = 25 \text{ cm}$$

$$P = 30 \text{ kg} = 30000 \text{ gr}$$

$$\Delta p = \frac{P}{(B+z) + (L+z)} = \frac{30000}{(9+25) * (9+25)} = 25,95 \text{ gr/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta s &= \frac{Cc.H}{1+e_o} \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} = \frac{0,34097 * 50}{1+0,39} \log \frac{81,8195 + 25,95}{81,8195} \\ &= 1,467 \text{ cm} = 14,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

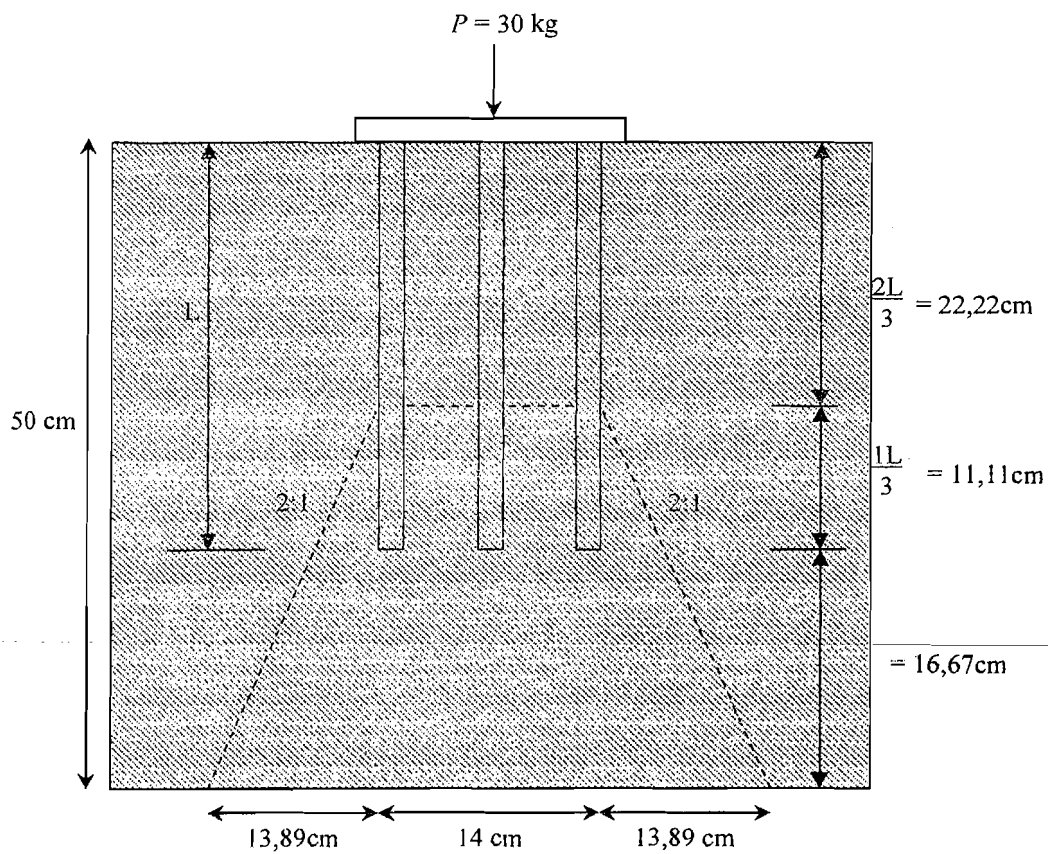
Sebagai pembanding, penurunan dari hasil pengujian pembebanan langsung (0 jam) pada benda uji tanpa kolom pasir di Laboratorium = 29,22 mm, sedangkan perhitungan secara manual = 14,67 mm sehingga terjadi selisih besar penurunan sebesar 15,55 mm.

2. Penurunan menggunakan kolom pasir dengan H 33,33cm

Perhitungan penurunan benda uji yang menggunakan kolom pasir dengan tinggi 33,33 cm dan berdiameter $\frac{3}{4}$ " pada beban maksimal dapat dihitung berdasarkan data sebagai berikut :

Lebar cap (B) = 14 cm

$z = 27,78$ cm



Gambar 6.15 Skema transfer beban pada benda uji

$$\Delta p = \frac{P}{(B+z)+(L+z)}$$

$$= \frac{30000}{(14\text{cm} + 27,78\text{cm}) * (14\text{cm} + 27,78\text{cm})} = 17,18 \text{ gr/cm}^2$$

$$\Delta s = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} = \frac{0,34097 * 50}{1 + 0,39} \log \frac{54,5408 + 17,18}{54,5408}$$

$$= 0,972 \text{ cm} = 9,72 \text{ mm}$$

Sebagai pembandingan, penurunan dari hasil pengujian pembebanan langsung (0 jam) pada benda uji yang menggunakan kolom pasir dengan tinggi 33,33cm dan berdiameter 3/4" di Laboratorium = 23,16 mm sedangkan secara manual = 9,72 mm sehingga terjadi selisih besar penurunan sebesar 13,43mm. Dan untuk mengetahui perbedaan penurunan kolom pasir dan tanpa kolom pasir dihitung secara mekanik dan uji laboratorium dapat di lihat pada **Tabel 6.13** berikut ini :

Tabel 6.13 Tabel Perhitungan Penurunan Hitungan Manual dan Uji Laboratorium

Diameter Kolom Pasir (inch)	Tinggi Kolom pasir (cm)	Penurunan Hitungan Manual (mm)	Penurunan Uji laboratorium (mm)
Tanpa Kolom Pasir	-	14,675	29,220
	-	14,675	29,220
1/2	33,33	12,115	25,320
	50	24,235	23,230
3/4	33,33	9,7263	23,160
	50	15,729	21,680
1	33,33	8,2752	21,490
	50	12,844	20,000
1 1/4	33,33	5,9761	19,810
	50	8,6262	17,550

BAB VII

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan oleh peneliti, sebagaimana yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan klasifikasi sistem AASTHO lempung Salaman termasuk tanah lempung kelompok A-7-6, menurut sistem Unified termasuk kelompok (OH) yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi, menurut diagram segitiga USCS termasuk kategori lempung (*clay*), dan menurut USDA (*United State Development of Agriculture*) juga termasuk kategori lempung (*clay*).
2. *Settlement* yang terjadi pada tanah yang menggunakan kolom pasir semakin berkurang seiring dengan bertambahnya ukuran diameter kolom pasir dan bertambahnya waktu peram (*curing time*).
3. *Sand column* dengan diameter 3,175cm serta panjang 50cm sebagai kelompok tiang mengalami peningkatan kapasitas dukung yang paling besar dan mengalami penurunan (*settlement*) yang paling kecil.
4. Tinggi *sand column* akan sangat berpengaruh terhadap penurunan yang terjadi pada tanah lempung. *Sand column* dengan tinggi 50cm mengalami

penurunan (*settlement*) lebih kecil daripada *sand column* dengan tinggi 33,33cm (2/3 benda uji).

7.2 Rekomendasi

Materi penulisan tugas akhir ini masih dapat dikupas lebih dalam lagi untuk kemajuan dan perkembangan pengetahuan tentang *sand column*, sehingga metode ini lebih dikenal bukan hanya bagi dunia praktisi teknik sipil saja, tetapi juga bagi lingkungan ilmiah Perguruan Tinggi.

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

1. Penelitian ini dalam aplikasinya dilapangan memerlukan pengawasan dan ketelitian yang cukup tinggi agar terlaksana pemasangan kolom pasir yang baik.
2. Perhitungan dengan suatu program dalam perencanaan harus ditunjang dengan ketelitian dalam perhitungan, pengetahuan mekanisme struktur, dan pengalaman dalam melaksanakan perbaikan tanah dengan menggunakan *sand column*.
3. Melakukan penelitian lanjut dengan :
 - a. Penggunaan konfigurasi pondasi tiang kelompok yang lain seperti konfigurasi bentuk segitiga, lingkaran atau segienam.
 - b. Penggunaan kolom pasir dengan kondisi pengujian di lapangan langsung
 - c. Penggunaan bahan lain baik sebagai tiang kolom atau lembaran (*layer*) untuk usaha perbaikan tanah.

- d. Menggunakan benda uji dengan ukuran yang berbeda.
- e. Menggunakan sampel tanah dengan kondisi memiliki kadar air yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- AASTHO (1990), *Standard Specification for Highway Bridges*, 14th ed., 420 Philadelphia, Pa
- ASTM (1986), *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.08, Philadelphia, Pa.
- Bowles, J.E.(1984). *Physical and Geotechnical Properties of Soils*, Second Edition, McGraw-Hill, Inc, New York
- Bowles, J.E.(1988). *Foundation Analysis and Design*, McGraw-Hill International Edition Wangsinton. New York
- Bowles, J.E.(1996). *Foundation Analysis and Design*, McGraw-Hill International Edition Wangsinton. New York
- Cernica, J.N.(1995). *Geotechnical Engineering Foundation Design*, John Wiley and Sons, Inc, New York
- Christady, H.(2002). *Teknik Pondasi I*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Christady, H.(2002). *Mekanika Tanah I*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Christady, H.(2002). *Mekanika Tanah II*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Das, B.M. (1990). *Principles Of Foundation Engineering (second edition)*, PWS-KLNT, Boston.
- Das, B.M. (1983). *Advanced Soil Mechanics*, McGraw-Hill International Edition, Wangsinton. New York.
- Dunn, I.S., L.R. Anderson and F.W.Kiefer.(1980). *Fundamentals of Geotechnical Analysis*, John Wiley and Sons, Inc, New York, 414 pages
- Hasan, L. (2004). *Diktat Kuliah Pondasi Dalam*, Jurusan Teknik Sipil, FTSP, UII, Yogyakarta.
- Konferensi Geoteknik Indonesia-VI dan Pertemuan Ilmiah Tahunan -VII. (2003). *Perkembangan Permasalahan Geoteknik dan Pemecahannya di Millennium Baru*, HATTI, Jakarta.
- Purwanto, E. (2004). *Diktat Kuliah Mekanika Tanah*, Jurusan Teknik Sipil, FTSP, UII, Yogyakarta.

- Perloff, W.H.,(1975). *Pressure Distribution and Settlement*,New York, Chichester.
- Perloff, W.H and Baron.W (1976). *Soil Mechanics Principles and Applications*, New York, Chichester.
- Penataran Dosen Perguruan Tinggi Swasta Bidang Teknik Sipil Angkatan II. (1997). *Mekanika Tanah II*, Cisarua.
- Ralph, B.Peck. (1973). *Teknik Pondasi* ,Gadjah Mada University Press.
- Sosrodarsono, S. dan Nakazawa, K.(1994). *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*. P.T. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Terzaghi, K., and Peck, R.B. (1976). *Soil Mechanics in Engineering Practice*, Wiler, New York.
- U.S Departement of the Interior, Bureau of Reclamation.(1963). *Earth Manual*. 1st.ed revised, Denver,Colorado

Lampiran

PENGUJIAN BERAT JENIS AGREGAT

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Salaman, Magelang.
 Kode sampel : Tanah asli

GREGAT KASAR (tertahan # 10)

	Berat benda uji kering oven		
	Berat benda uji kering permukaan jenuh		
	Berat benda uji dalam air		
*	Berat jenis kering oven (SG)		
*	Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)		
*	Berat jenis semu (Apperen)		
*	Penyerapan (Absorsi)		

GREGAT HALUS (lolos #10)

1	No pengujian	1	2
2	Berat Picknometer (W1)	21,8	22,10
3	Berat Picknometer +tanah kering (W2)	36,12	36,08
4	Berat Picknometer + tanah + air (W3)	79,35	79,82
5	Berat Picknometer + air (W4)	70,58	71,26
6	Temperatur (t°)	24,00	24,00
7	Bj pada temperatur (t°)	0,997330	0,997330
8	Bj pada temperatur (27,5 ° C)	0,996410	0,996410
7	Berat tanah kering (Wt)	14,32	13,98
8	A = Wt + W4	84,90	85,24
9	I = A - W3	5,55	5,42
10	Berat Jenis tanah, Gs = Wt / I	2,58	2,58
11	Berat Jenis = Gs. (Bj t° / Bj t 27,5 ° C)	2,5826	2,5817
12	Berat jenis rata-rata	2,58	

PENGUJIAN BERAT JENIS AGREGAT

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Krasak
 Kode sampel : Pasir

AGREGAT KASAR (tertahan # 10)

	Berat benda uji kering oven		
	Berat benda uji kering permukaan jenuh		
	Berat benda uji dalam air		
*	Berat jenis kering oven (SG)		
*	Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)		
*	Berat jenis semu (Apperen)		
*	Penyerapan (Absorsi)		

AGREGAT HALUS (lolos #10)

1	No pengujian	1	2
2	Berat Picknometer (W1)	21,8	22,05
3	Berat Picknometer +tanah kering (W2)	35,8	34,86
4	Berat Picknometer + tanah + air (W3)	79,02	79,61
5	Berat Picknometer + air (W4)	70,11	71,46
6	Temperatur (t°)	24,00	24,00
7	Bj pada temperatur (t°)	0,997330	0,997330
8	Bj pada temperatur (27,5 °C)	0,996410	0,996410
7	Berat tanah kering (Wt)	14,00	12,81
8	A = Wt + W4	84,11	84,27
9	I = A - W3	5,09	4,66
10	Berat Jenis tanah, Gs = Wt / I	2,75	2,75
11	Berat Jenis = Gs. (Bj t° / Bj t 27,5 °C)	2,7530	2,7515
12	Berat jenis rata-rata	2,75	



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

UNCONFINED COMPRESSION TEST

Project : Tugas Akhir
 Location : Salaman, Magelang, Jawa tengah
 Boring No. : Ts1.(2,00 M)

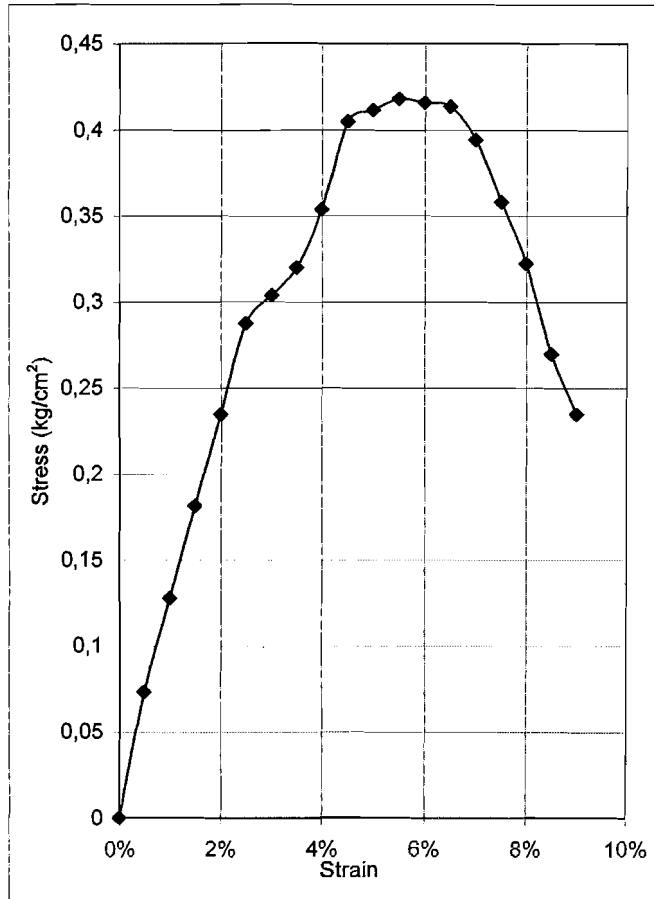
Date : 27 Maret 2004
 Tested by : Yuma + Tikno

Sample data	
Height (cm)	6,8
Area (cm ²)	36,3168
Lo (cm)	14
Volume (cm ³)	508,435
Wt (gr)	832
Unit wt (gr/cm ³)	1,63639
Unit wt (gr/cm ³)	1,0843

Water Content		
Wt Container (cup), gr	8,75	9,08
Wt of Cup + Wet soil, gr	29,830	34,45
Wt of Cup + Dry soil, gr	22,71	25,90
Water Content %	51,00	50,83
Average water content %	50,92	

LRC = 0,6692 kg/div

Load dial reading (x 10 ⁻²)	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo),	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm ²)
0	0	0,00%	0	0
70	4	0,50%	2,6768	0,073338
140	7	1,00%	4,6844	0,127697
210	10	1,50%	6,692	0,181503
280	13	2,00%	8,6996	0,234757
350	16	2,50%	10,7072	0,287457
420	17	3,00%	11,3764	0,303857
490	18	3,50%	12,0456	0,320072
560	20	4,00%	13,384	0,353793
630	23	4,50%	15,3916	0,404743
700	23,5	5,00%	15,7262	0,411377
770	24	5,50%	16,0608	0,417918
840	24	6,00%	16,0608	0,415707
910	24	6,50%	16,0608	0,413496
980	23	7,00%	15,3916	0,394148
1050	21	7,50%	14,0532	0,357939
1120	19	8,00%	12,7148	0,322099
1190	16	8,50%	10,7072	0,269767
1260	14	9,00%	9,3688	0,234757
1330				
1400				
1470				
1540				
1610				
1680				
1750				
1820				
1890				
1960				



qu = 0,41792 kg/cm²
 α = 53°
 Angle Of Internal friction, φ = 16°
 Cohesion = 0,157 kg/cm²



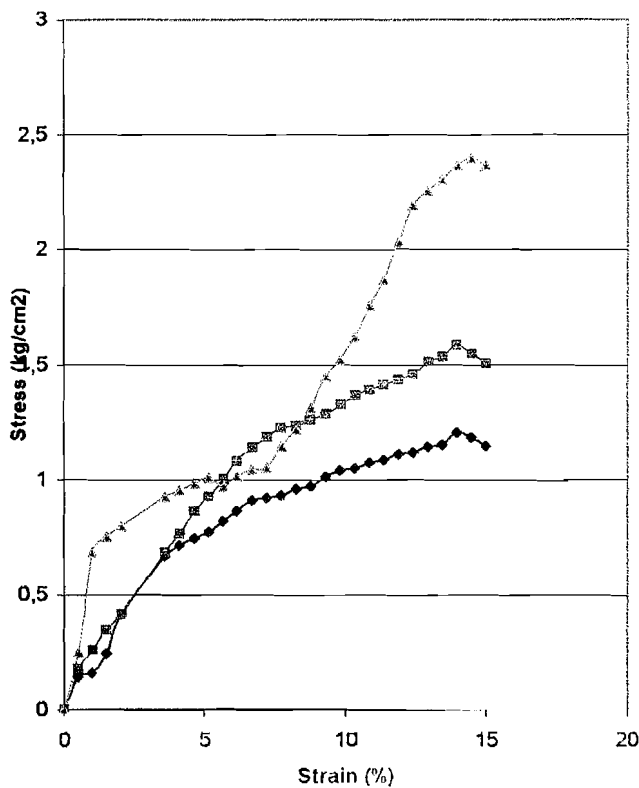
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584.

TRIAXIAL COMPRESSION TEST RESULT
UNCONSOLIDATED UNDRAINED (TXUU)

Project : Tugas Akhir
 Location : Salaman, Magelang, Jawa Tengah
 Description of soil : Clay

Sample No. : Undisturbed
 Date : 27 Maret 2004
 Tested by : Rutin dan Yuma

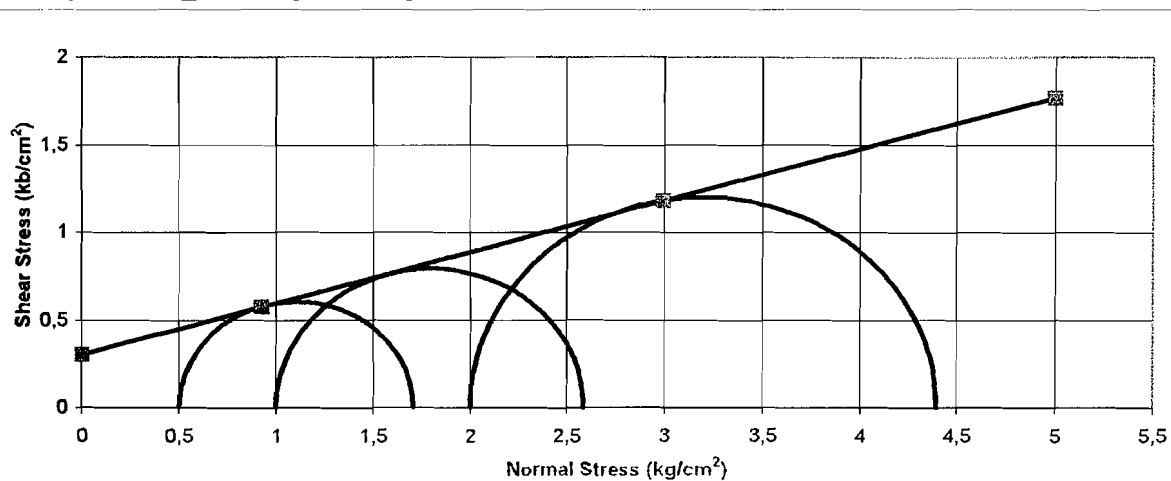


Piece No :	1	2	3
H cm	7,74	7,7	7,645
D cm	3,835	3,83	3,79
A cm ²	11,55	11,52	11,28
V cm ³	89,40	88,71	86,25
Wt gram	152,65	153,30	148,61

Water Content		
Wt Container (cup), gr	8,75	9,08
Wt of Cup + Wet soil, gr	29,83	34,45
Wt of Cup + Dry soil, gr	22,71	25,90
Water Content %	51,00	50,83
Average water content %	50,92	

γ _d gram/cm ³	1,7073998	1,7280806	1,7230673
γ _d gram/cm ³	1,1313457	1,1450491	1,1417272

σ ₃	0,5	1	2
Δσ = P/A	1,2058178	1,5874057	2,3971514
σ ₁ = Δσ + σ ₃	1,7058178	2,5874057	4,3971514
(σ ₁ + σ ₂)/2	1,1029089	1,7937029	3,1985757
(σ ₁ - σ ₂)/2	0,6029089	0,7937029	1,1985757
Angle of shearing resistance (φ)	16,307717		
Apperen cohesion (kg/cm ²)	0,305462		





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707, Fax (0274) 895330. Jogjakarta.

PENGUJIAN BATAS CAIR

PROYEK : Tugas Akhir
 LOKASI : salaman, magelang, jawa tengah

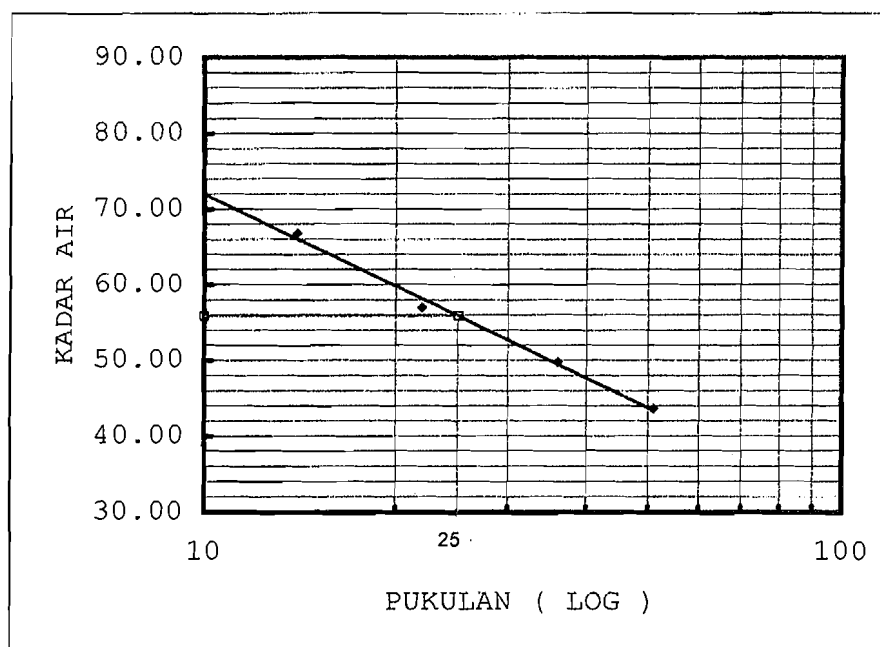
Tanggal 24 juli 2004
 Dikerjakan tikno + yuma

NO	NO. PENGUJIAN	I		II		III		IV	
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	NO CAWAN								
2	Berat cawan kosong	22.40	21.82	22.30	21.40	22.40	21.80	22.00	21.70
3	Berat cawan + tanah basah (gr)	54.14	54.11	53.14	55.17	53.41	53.76	52.17	53.87
4	Berat cawan + tanah kering (gr)	41.55	41.07	42.56	42.28	43.12	43.12	44.12	43.02
5	Berat air (3) - (4)	12.59	13.04	10.58	12.89	10.29	10.64	8.05	10.85
6	Berat tanah kering (4) - (2)	19.15	19.25	20.26	20.88	20.72	21.32	22.12	21.32
7	(5) KADAR AIR = $\frac{\text{---}}{\text{(6)}} \times 100\% =$	65.74	67.74	52.22	61.73	49.66	49.91	36.39	50.89
8	KADAR AIR RATA-RATA =		66.742		56.98		49.78		43.64
9	PUKULAN		14		22		36		50

PENGUJIAN BATAS PLASTIS

NO			
		1	2
1	NO CAWAN		
2	BERAT CAWAN KOSONG	22.30	22.03
3	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	54.46	53.47
4	BERAT CAWAN + TANAH KERING	48.03	47.31
5	BERAT AIR (3)-(4)	6.43	6.16
6	BERAT TANAH KERING (4)-(2)	25.73	25.28
7	(5) KADAR AIR = $\frac{\text{---}}{\text{(6)}} \times 100\% =$	24.99	24.37
8	KADAR AIR RATA-RATA =	24.68	

KESIMPULAN	
FLOW INDEX	: 17.683
BATAS CAIR	: 55.91
BATAS PLASTIS	: 24.68
INDEX PLASTISITAS	: 31.23
INDEX KELOMPOK	: 33.935





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

PENGUJIAN BATAS SUSUT TANAH

NAMA : Tugas Akhir
 Lokasi Sampel : Salaman, Magelang, Jawa tengah
 No Sampel : 1

DIKERJAKAN : Tikno + Yuma
 TANGGAL : 14 Juni 2004

Pengujian (kode sampel)		1		2		3	
Tipe jenis tanah		2,63		2,65		2,68	
berat Cawan Susut	W1 (gr)	41,35	41,35	38,55	38,55	38,30	38,30
berat cawan susut + tanah basah	W2 (gr)	65,25	65,25	63,40	63,40	64,35	64,35
berat cawan susut + tanah kering	W3 (gr)	54,58	54,58	52,72	52,72	53,65	53,65
berat air	Wa (gr) = (W2-W3)	10,67	10,67	10,68	10,68	10,70	10,70
berat tanah Kering	Wo (gr) = (W3-W1)	13,23	13,23	14,17	14,17	15,35	15,35
berat air raksa yang terdesak tanah kering							
berat gelas ukur	Wr (gr)	160,31	160,31	167,34	167,34	175,24	175,24
berat gelas ukur	W4 (gr)	33,90	33,90	33,90	33,90	33,90	33,90
volume tanah kering	Vo (Cm ³) = (Wr-W4)/13,6	9,29	9,29	9,81	9,81	10,39	10,39
batas Susut Tanah	SL (%) = ((Vo/Wo)-(1/Gs)) x 100%	32,23	32,23	31,51	31,51	30,39	30,39
batas susut tanah rata-rata	SL (%)	32,23		31,51		30,39	

GRAIN SIZE ANALYSIS

Object : Tugas Akhir Tested : Yuma Tikno
 Sample no. : Date : 24 Juli 2004
 Depth : Location : Pasir Krasak, Magelang, Jawa Tengah

Soil sample (disturbed/undisturbed)

Specific Gravity : 2,78

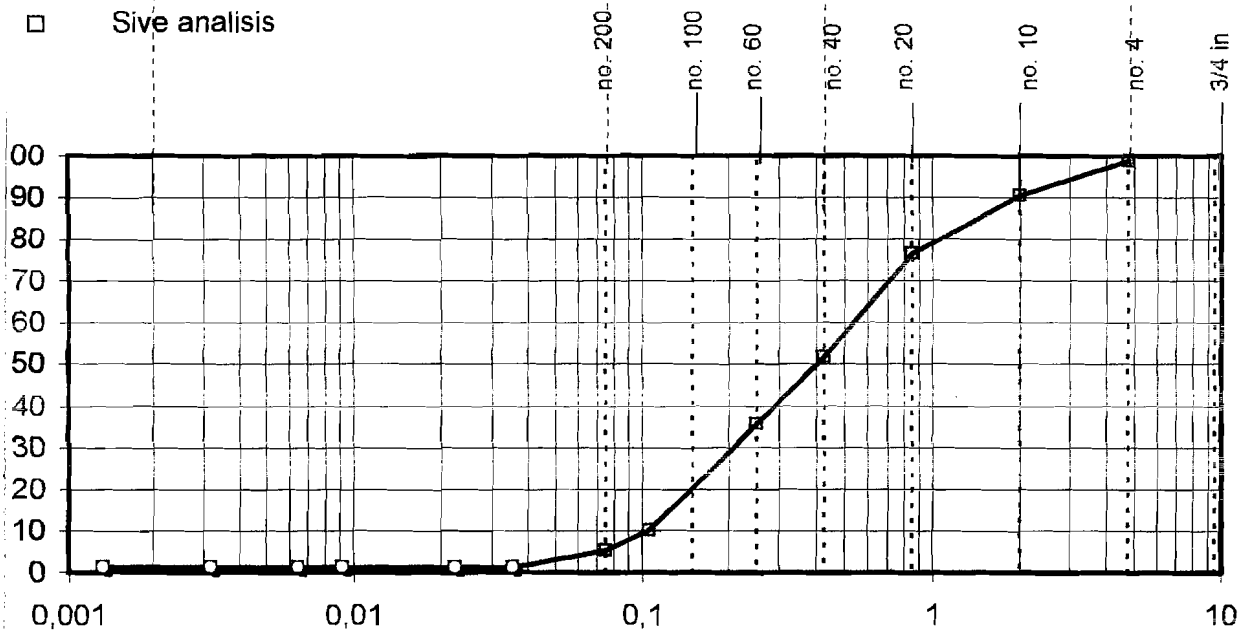
Description of soil : _____

Clay	Silt	Sand		Gravel
		Fine	Coarse to medium	

U.S. Standard Sieve Size

Hydrometer analysis

Sieve analysis



Finer # 200 :	5,2 %	D10 (mm)	
		D30 (mm)	
Gravel :	1,20 %	D60 (mm)	
Sand :	93,60 %	$C_u = D_{60}/D_{10}$	
Silt :	3,94 %	$C_c = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$	
Clay :	1,26 %		

SOIL MECHANICS LABORATORY
 CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
 SLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA

**Klasifikasi Tanah berdasarkan sistem *American Association of State Highway and Transportation Officials*
(AASHTO)**

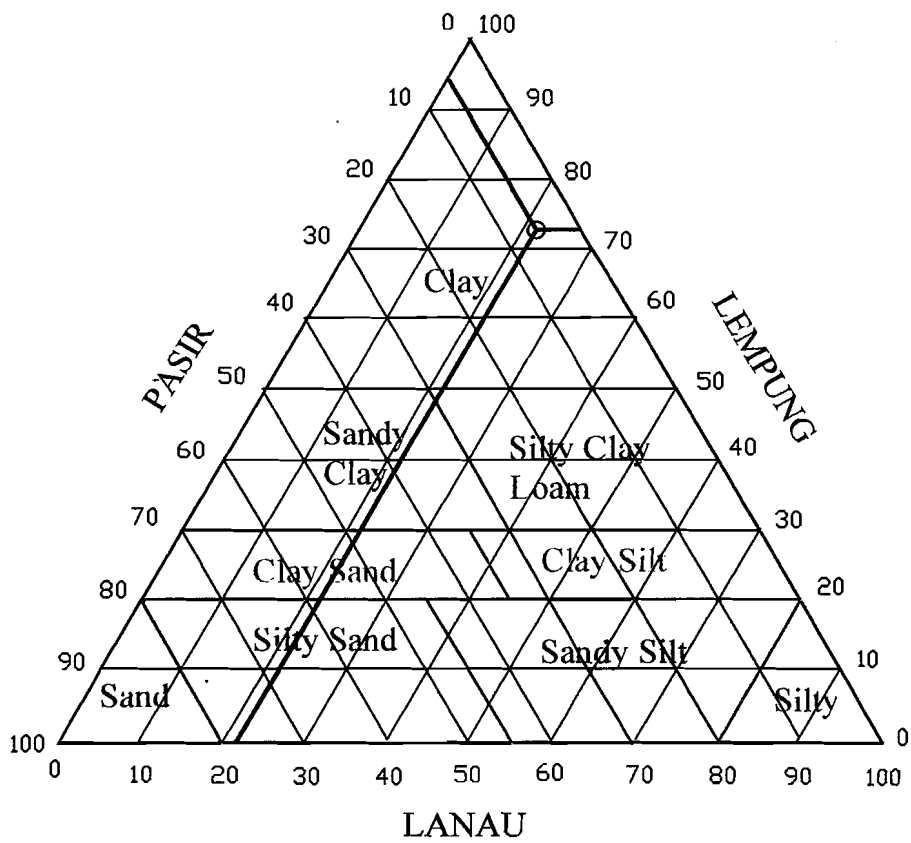
Klasifikasi umum	Material granuler (<35% lolos saringan no.200)						Tanah-tanah lanau – lempung (>35% lolos saringan no.200)			
	A-1		A-3	A-2		A-4	A-5	A-6	A-7	
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5				A-2-6	A-2-7
Analisis saringan (% lolos)										
2,00 mm (no.10)	50 maks									
0,425 mm (no.40)	30 maks 50 maks		51 min							
0,075 mm (no.200)	15 maks 25 maks		10 maks	35 maks 35 maks	35 maks 35 maks		3 min	36 min	36 min	
Sifat fraksi lolos saringan no.40										
Batas cair (LL)	-			40 maks 41 min	40 maks 41 min	40 maks	4 min	40 maks	41 min	
Indeks plastis (PI)	6 maks		np	10 maks 10 maks	11 min 11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min	
Indeks kelompok (GI)	0		0	0	4 maks	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks	
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau bertempung dan pasir		Tanah berlanau		Tanah bertempung		
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik						Sedang sampai buruk			

Klasifikasi tanah berdasarkan sistem Unified (*Unified Soil Classification*)

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis		Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus; kurang dari 50% lolos saringan no. 200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200: GM, GC, SM, SC. 5% -12% lolos saringan no. 200: Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol doble	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$; $Cu = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3		
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW		
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau		Batas - batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 4$	Bila batas Atterberg berada didaerah arsir dari diagram	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lanau		Batas - batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	plstasistitas, maka dipakai doble simbol	
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no.4 (4,75 mm)	Pasir bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW		Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$; $Cu = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
			SP		Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
		Pasir banyak kandungan butiran halus	SM		Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterbegr berada didaerah arsir dari diagram plastisitas,
			SC		Pasir berlanau, campuran pasir-lempung	Batas-batas Atterberg diatas garis A atau $PI > 7$	maka dipakai doble simbol

Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	<p style="text-align: center;">PLASTICITY CHART - USCS</p> <p style="text-align: center;"> Diagram plastisitas : Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan 2 simbol. </p> <p style="text-align: center;"> Garis A : $PI = 0,73 (LL - 20)$ </p>
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ('clean clays')	
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatome, lanau elastis.	
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi	PT	Gambut ('peat'), dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	

Lampiran 12



Klasifikasi tanah berdasarkan USCS



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

PEMADATAN TANAH

Proctor test

PROYEK : Tugas Akhir
 Asal Sampel : Salaman, Magelang, Jawa Tengah.
 NO Sampel : 1

DIKERJAKAN : Rutin dan Yuma
 TANGGAL : 24 Juli 2004

DATA SILINDER	
1	Diameter (ϕ) cm : 10,16
2	Tinggi (H) cm : 11,65
3	Volume (V) cm ³ : 944,50
4	Berat gram : 1761

DATA PENUMBUK	
Berat (kg)	2,505
Jumlah lapis	3
Jumlah tumbukan /lapis	25
Tinggi jatuh	30,48

Berat jenis Gs : 2,59

PENAMBAHAN AIR

1	Berat tanah absah gram	2000	2000	2000	2000	2000
2	Kadar air mula-mula %	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74
3	Penambahan air %	20	26,25	27,5	30	35
4	Penambahan air ml	400	525	550	600	700

PENGUJIAN PEMADATAN SILINDER

1	Nomor pengujian	1	2	3	4	5
2	Berat silinder + tanah padat gram	3200	3345	3375	3333	3240
3	Berat tanah padat gram	1439	1584	1614	1572	1479
4	Berat volume tanah gr/cm ³	1,524	1,677	1,709	1,664	1,566

PENGUJIAN KADAR AIR

1	NOMOR PERCOBAAN	1	2	3	4	5					
2	Nomor cawan	a	b	a	b	a	b				
3	Berat cawan kosong gram	14,75	14,75	15,00	15,00	21,50	21,50	15,50	15,50	13,70	13,70
4	Berat cawan + tanah basah gram	32,70	32,70	43,20	43,20	50,90	50,90	40,30	40,30	40,30	40,30
5	Berat cawan + tanah kering gram	27,90	27,90	34,90	34,90	42,00	42,00	32,10	32,10	31,25	31,25
8	Kadar air = w %	36,50	36,50	41,71	41,71	43,41	43,41	49,40	49,40	51,57	51,57
9	Kadar air rata-rata	36,50		41,71		43,41		49,40		51,57	
10	Berat volume tanah kering gr/cm ³	1,116		1,183		1,192		1,114		1,033	

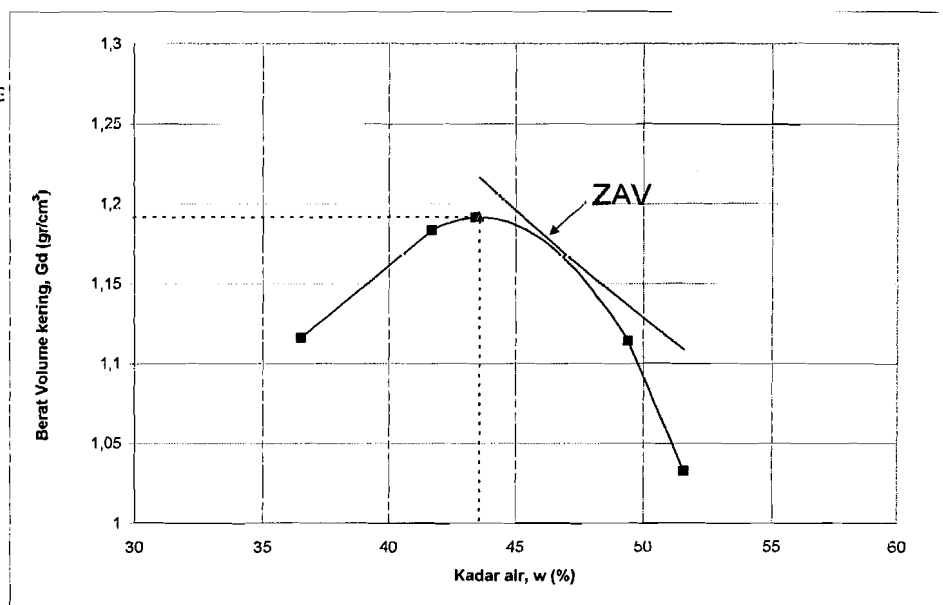
BERAT VOLUME KERING
 MAKSIMUM (gr/cm³)

1,19161

KADAR AIR OPTIMUM (%)

43,59

Diperiksa :





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang Km 14,4 Telp (0274) 895042

PEMERIKSAAN KOEFISIEN PERMEABILITAS TANAH

Tempat : Salaman, Magelang.
 No : 1
 Panjang : 1 meter
 Jenis tanah : Lempung lunak

Proyek : Tugas Akhir
 Tanggal : 16 Maret 2005

Detail tanah

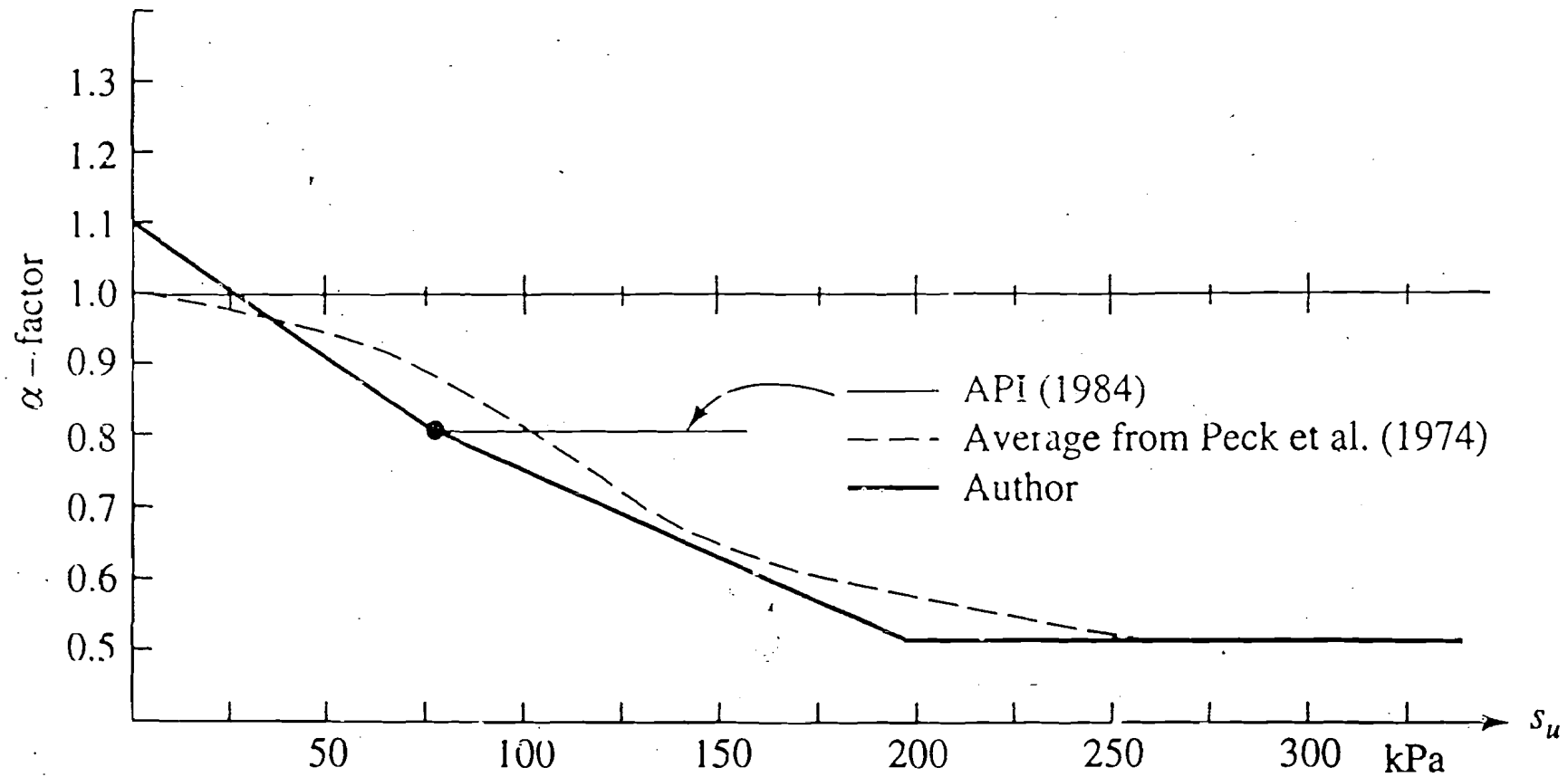
diameter pipa gelas	d, (cm)	0,56	0,30	0,56
diameter contoh tanah	D,(cm)	2,83	2,83	2,83
tinggi contoh tanah	h, (cm)	3,80	3,80	3,80
volume contoh tanah	V, (cm ³)	18,36	18,36	18,36
berat contoh tanah	W, (gram)	30,00	30,00	30,00
berat volume tanah $\gamma = W / V$	γ , (gr/cm ³)	1,63	1,63	1,63
kadar air tanah	w, (%)	49,85	49,85	49,85
berat jenis tanah	Gs	2,58	2,58	2,58
angka pori $e = \frac{Gs \cdot (1+w) - \gamma}{\gamma} - 1$	e	0,37	0,37	0,37
suhu air	t, (°)	26,0	26,0	26,0

PENGAMATAN

Waktu pengamatan (jam)	To	T1	T2	t3
	0	1	2	48
Tinggi muka air (cm)	Ho	H1	H2	H3
	20	20	20	18,9
$k = \frac{d^2 \cdot h}{D^2 \cdot t} \ln \frac{H_0}{H_t}$ cm/det		0,000000000	0,000000000	0,000000049
koefisien permeabilitas rata-rata, k (cm/det)	0,000000049			
koefisien permeabilitas pada suhu 20°, = k.	$\frac{Vt}{V_{20^\circ}}$	4,87115E-08	cm/det	
$\mu =$ Viskositas air pada suhu t =	0,0123000			
$\mu_{20^\circ} =$ Viskositas air pada suhu 20° =	0,0123000			

Yogyakarta,
 Penguji

(.....)



Relationship between the adhesion factor α and undrained shear strength s_u . (From sources noted.)