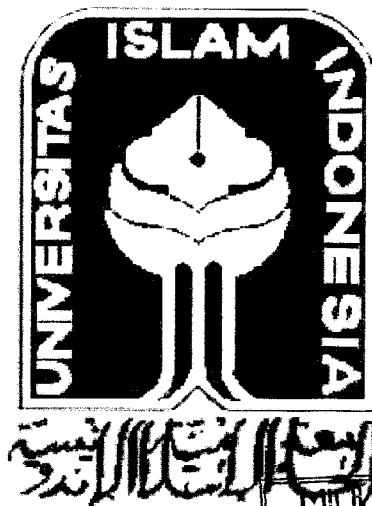


<b>PERPUSTAKAAN FTSP UII</b>	
<b>HADIAH/BELI</b>	
TGL. TERIMA :	04-08-2003
NO. JUDUL :	000570
NO. INV. :	5120000570001
NO. INDUK :	

**TUGAS AKHIR**

**STUDI EKSPERIMENTAL**

**KONSISTENSI DAN DAYA DUKUNG LEMPUNG KALIWIRO  
YANG DISTABILISASI DENGAN LIMBAH GIPSUM  
SEBAGAI TANAH DASAR FONDASI DANGKAL**



MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

Disusun oleh:

**Nama : DIAH SARI DAMAYANTI**  
**No. Mhs. : 97 511 251**  
**N.I.R.M. : 970051013114120202**

**Nama : YASIN WIDODO**  
**No. Mhs. : 97 511 337**  
**N.I.R.M. : 970051013114120272**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2003**



**TUGAS AKHIR**

**STUDI EKSPERIMENTAL**

**KONSISTENSI DAN DAYA DUKUNG LEMPUNG KALIWIRO**

**YANG DISTABILISASI DENGAN LIMBAH GIPSUM**

**SEBAGAI TANAH DASAR FONDASI DANGKAL**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia**  
**untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat**  
**Sarjana Teknik Sipil**

Disusun oleh:

Nama : DIAH SARI DAMAYANTI

No. Mhs. : 97 511 251

N.I.R.M. : 970051013114120202

Nama : YASIN WIDODO

No. Mhs. : 97 511 337

N.I.R.M. : 970051013114120272

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2003**

**TUGAS AKHIR**

**STUDI EKSPERIMENTAL  
KONSISTENSI DAN DAYA DUKUNG LEMPUNG KALIWIRO  
YANG DISTABILISASI DENGAN LIMBAH GIPSUM  
SEBAGAI TANAH DASAR FONDASI DANGKAL**

Disusun oleh:

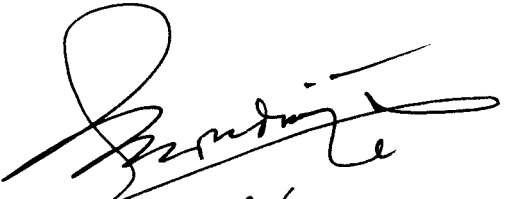
Nama : DIAH SARI DAMAYANTI  
No. Mhs. : 97 511 251  
N.I.R.M. : 970051013114120202

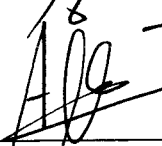
Nama : YASIN WIDODO  
No. Mhs. : 97 511 337  
N.I.R.M. : 970051013114120272

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

**Ir. H. IBNU SUDARMADJI, MS**  
Dosen Pembimbing I

**Ir. AKHMAD MARZUKO, MT**  
Dosen Pembimbing II

  
Tanggal: 5/6/03

  
Tanggal: 5.6.03



*Sebuah Mahakarya yang dengan  
bangga kami persembahkan kepada....*

.....Allah SWT....

Cukup bagi kami ilmu sebagai milik  
Biarkan kami berlimpah ilmu  
Biarkan yang awam bergelimang harta  
Harta akan luluh dalam sekejap  
Sedang ilmu tiada 'kan fana

...Ilmu Pengetahuan...

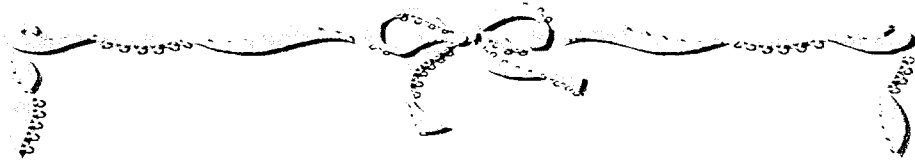
*The more formulation of a problem is far more often essential than  
its solution, which may be merely a matter of mathematical or  
experimental skill. To raise new question, new possibilities, to  
regard old problems from a new angle requires creative  
imagination and marks real advancens in science.*

Albert Einstein

*Everething should be made as simple as possible, but no simpler.*

Albert Einstein

Kasih orangtua itu seperti lingkaran, tak berawal dan tak berakhir.  
Kasih orang tua selalu berputar dan senantiasa meluas,  
menyentuh orang yang ditemuinya.  
Melingkupinya seperti kabut pagi, menghangatkan seperti mentari siang,  
dan menyelimutinya seperti bintang malam.  
Kasih orang tua itu seperti lingkaran, tak berawal dan tak berakhir.



.....Ayahanda dan ibunda kami tercinta...

**MUDJIJONO DAN SRI PURWANTI,**  
Kelapa Gading, Jakarta Utara

**SUKARDJI DAN SUTIRAH,**  
Klampok, Banjarnegara

**Mas Agung dan Mbak Wien...**

**Reno, Recky, Rara**

Keluarga kecilku yang tersayang.

**Mas Tio dan Mbak Rien...**

**Rio dan Dito**

Thanks to teach me how to be a winner.

**Mas Diek...**

You are my luv brother.

**Mas Agung dan Mbak Sury...**

**Serta bidadari mungil mereka, Yasmine.**

I love you and your sweet angel!!

**Mas Aswar dan Mbak Dini...**

You are really my inspiration.

**Mas Bronto dan Mbak Dewi...**

Thanks for your spirit, support, and motivation.

**Yusuf Widiasmoro...**

I wish U for a success.

**Mustika Hardi...**

My little brother that I love much!!

**Balqis dan Rahil...**

Kalian memang malaikat-malaikat kecil yang cantik.



Sering aku merenung,  
Tahukah keluargaku betapa berartinya mereka  
bagiku?  
Yah..aku memang jarang bilang I        you pada  
mereka.  
Suatu hari nanti, aku harus menjadi orang yang  
mandiri-menentukan jalan sendiri.  
Namun, ada yang tak akan berubah:

**Family means a lot for me**

# Thanks for all my **FRIENDS**

Betty Niken Ratna Yudhani  
Perjuangan dan pengorbanan kita tidak sia-sia, kawan...

Aris Triyono  
Makasih ya buat komputer dan printernya...sukses deh buat job barunya.

Temen-temen kelas C Sipil '97  
Kebersamaan kita adalah sepenggal kisah manis yang tak akan terlupakan.

Temen-temen Riccia Inn:  
Okta, Ahmad, Ipan, Yayan, Ronny, Denny, Arest, Andi, Ryan, Indra, Rusbi,  
Koko, Adit,  
yang sudah berbagi sedih, tangis, tawa, gembira ...

Temen-temen Alpen Rose :  
Fitra, Tika, Siska, Pipit, Icha, Evi, Mbak Hana, Mbak Bibit, Eida, Venti, Vira,  
Dhilla, Melly, Menik, Mira.  
Kalian sudah membuat Jogja tersenyum dengan canda...makasih ya.

Temen-temen Banteng Perkasa 21:  
Yosika, Betty, Susi, Meina, Miko, Mbak Lully, Mbak Rini.  
Meskipun singkat tapi kalian membuat semangat mengerjakan skripsi ini.

Keluarga H. Amir Aswad:  
Bapak, ibu, Mbak Yosi dan Mas Yanto, Yendi, Manda  
Makasih buat 'Keluarga Jogja'

Our best friend: Marlina  
Sori ya liburan ke Yogya-nya jadi bantuin ngerjain skripsi, tapi don't worry... tetap kita ajak around the Jogja kok.

Temen-temen yang udah bantuin tapi belum disebut,  
Keep smiling deh !!!

## KATA PENGANTAR

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, shalawat dan salam kepada Rasulullah SAW, pembawa cahaya kehidupan hingga akhir zaman.

Laporan penelitian laboratorium dengan judul **Studi Eksperimental Konsistensi Dan Daya Dukung Lempung Kaliwiro Yang Distabilisasi Dengan Limbah Gypsum Sebagai Tanah Dasar Fondasi Dangkal** ini merupakan tugas akhir, yang merupakan syarat dalam menempuh program Strata Satu di Jurusan Teknik Sipil, fakultas teknik sipil dan perencanaan, universitas islam Indonesia.

Selama tugas akhir penyusun mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, pengarahan, dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini kami sampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Luthfi Hasan, M.Sc., selaku Rektor Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. H. Ibnu Sudarmadji, MS, selaku dosen Pembimbing Tugas Akhir,
4. Bapak Ir. Akhmad Marzuko, MT, selaku dosen Pembimbing Tugas Akhir,
5. Bapak Dr. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA, selaku dosen Penguji Tugas Akhir,
6. Sdr. Yudi Palal dan Sugiyana, laboran Lab Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
7. *Emerald Gypsum* yang telah memberikan bantuan untuk pengambilan sampel limbah gypsum,
8. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan serta berbagai pihak yang telah membantu pelaksanaan Tugas Akhir yang mungkin tidak disebutkan.



Akhir kata penyusun berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan studi ketekniksipilan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 30 Maret 2003

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
INTISARI	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Lingkup Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Lokasi Penelitian	4
1.7 <i>Time Schedule</i> Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Partikel Tanah	5
2.2 Ukuran Butiran Tanah	5
2.2.1 Sistem Klasifikasi <i>AASHTO</i>	6
2.2.2 Sistem Klasifikasi <i>USCS</i>	7
2.3 Mineral Lempung	11
2.3.1 Mineralogi Tanah Lempung	11
2.3.2 Struktur Mineral Lempung	12
2.3.3 Sifat-Sifat Umum Mineral Lempung	16
2.4 Stabilisasi Tanah	20
2.4.1 Jenis Stabilisasi Tanah	20

2.4.2	Stabilisasi Tanah Lempung	21
2.4.3	Penelitian Terdahulu Mengenai Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Bahan Aditif	22
2.5	Gypsum	23
2.5.1	Gypsum Alam	23
2.5.2	Gypsum Sintetis	24
2.5.3	Limbah Gypsum	25
BAB III	LANDASAN TEORI	26
3.1	Sifat-sifat Partikel Tanah	26
3.1.1	Hubungan Antar Partikel	26
3.1.2	Klasifikasi Tanah	28
3.1.3	Konsistensi Tanah	31
3.2	Sifat-sifat Mekanika dan Hidraulika Tanah	33
3.2.1	Kuat Geser Tanah	33
3.2.2	Tegangan Efektif Tanah	34
3.2.3	Daya Resap Tanah (Permeabilitas)	35
3.2.4	Kemampumampatan Tanah (Kompresibilitas)	35
3.2.5	Kemampuan Kembarig Susut Tanah	36
3.3	Pemadatan Tanah	36
3.4	Pengujian Sifat Mekanis Tanah	38
3.4.1	Pengujian Tekan Bebas ( <i>Unconfined Compression Test, UCT</i> )	38
3.4.2	Pengujian Triaksial Tipe <i>UU (Triaxial Test Type UU)</i>	39
3.5	Daya Dukung Tanah Untuk Pondasi Dangkal	41
BAB IV	METODE PENELITIAN	44
4.1	Bahan Penelitian	44
4.2	Spesifikasi Pengujian	44
4.3	Prosedur Pencampuran Tanah Rekayasa	45
4.4	Prosedur Pengujian di Laboratorium	47
4.5	<i>Flow Chart</i> Penelitian	54
BAB V	HASIL PENELITIAN	55
5.1	Pengujian Sifat Tanah Asli	55

5.2	Pengujian Pemadatan Tanah	56
5.3	Pengujian Sifat Tanah Rekayasa	56
BAB VI	PEMBAHASAN	72
6.1	Sifat Tanah Asli	72
6.2	Pengaruh Limbah Gypsum Terhadap Sifat Lempung Kaliwiro	73
6.3	Daya Dukung Tanah Lempung Kaliwiro	81
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN	87
6.1	Kesimpulan	87
6.2	Saran	88
	DAFTAR PUSTAKA	89
	LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	<i>Time Schedule</i> Penelitian	4
Tabel 2.1	Batasan-Batasan Ukuran Golongan Tanah	6
Tabel 2.2	Klasifikasi Tanah Sistem <i>AASHTO</i>	8
Tabel 2.3	Klasifikasi Tanah Sistem <i>USCS</i>	9
Tabel 3.1	Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah	32
Tabel 3.2	Nilai Kuat Geser dan Tekan Bebas ( $q_u$ )	33
Tabel 3.3	Nilai-nilai Faktor Daya Dukung Terzaghi	42
Tabel 3.4	Koefisien $\alpha$ dan $\beta$	42
Tabel 4.1	Campuran Untuk Pengujian Proktor Standar	46
Tabel 4.2	Campuran Untuk Pengujian Tekan Bebas	46
Tabel 4.3	Campuran Untuk Pengujian Triaksial Tipe <i>UU</i>	46
Tabel 5.1	Sifat Tanah Asli Lempung Kaliwiro	55
Tabel 5.2	Distribusi Butiran Pada Analisa Saringan dan Analisa Hidrometer	56
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Pemadatan Proktor Standar	58
Tabel 5.4	Berat jenis Tanah Asli, Limbah gipsum, dan Tanah Rekayasa	59
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Batas-batas <i>Atterberg</i> Pada tanah Asli dan Tanah Rekayasa	59
Tabel 5.6	Kuat Tekan Tanah Asli Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas	60
Tabel 5.7	Kuat Tekan Tanah Rekayasa Tanpa Pemeraman ( <i>Curing Time 0</i> ) Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas	60
Tabel 5.8	Kuat Tekan Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar limbah Gipsum) Dengan Pemeraman Berdasarkan Pengujian Tekan bebas	60
Tabel 5.9	Parameter Geser Tanah asli Berdasarkan Pengujian tekan Bebas	60

Tabel 5.10	Parameter Geser tanah Rekayasa Tanpa Pemeraman ( <i>Curing Time 0</i> ) Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas	60
Tabel 5.11	Parameter Geser Pada Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Dengan Pemeraman Berdasarkan Pengujian Tekan bebas	61
Tabel 5.12	Parameter Geser tanah Asli Berdasarkan Pengujian Triaksial Tipe <i>UU</i>	61
Tabel 5.13	Parameter Geser Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Dengan Pemeraman Berdasarkan Pengujian Triaksial tipe <i>UU</i>	61
Tabel 6.1	Pengaruh Kadar Limbah Gypsum Terhadap Indeks Plastisitas Tanah Rekayasa	73
Tabel 6.2	Pengaruh Kadar Limbah Gypsum Terhadap Batas Susut Tanah Rekayasa	74
Tabel 6.3	Pengaruh Kadar Limbah Gypsum Terhadap Berat Jenis Tanah Rekayasa	74
Tabel 6.4	Pengaruh Kadar Limbah Gypsum Terhadap Berat Volume Kering Maksimum Tanah Rekayasa	75
Tabel 6.5	Pengaruh Kadar Limbah Gypsum Terhadap Kadar Air Optimum Tanah Rekayasa	75
Tabel 6.6	Peningkatan Kuat Tekan Pada Tanah Rekayasa Tanpa Pemeraman ( <i>Curing Time 0</i> ) Berdasarkan Hasil Pengujian Tekan Bebas	76
Tabel 6.7	Peningkatan Kuat Tekan Pada Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Dengan Pemeraman ( <i>Curing Time</i> ) Berdasarkan Hasil Pengujian Tekan Bebas	76
Tabel 6.8	Beda Nilai Parameter Geser Tanah Asli Tak Terganggu ( <i>Undisturbed</i> ) Berdasarkan Hasil Pengujian Tekan Bebas Dan Pengujian Triaksial Tipe <i>UU</i>	77

Tabel 6.9	Peningkatan Parameter Geser Pada Tanah Rekayasa Tanpa Pemeraman ( <i>Curing Time 0</i> ) Berdasarkan Hasil Pengujian Tekan Bebas	77
Tabel 6.10	Peningkatan Parameter Geser Pada Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Dengan Pemeraman Berdasarkan Pengujian Tekan bebas	78
Tabel 6.11	Peningkatan Parameter Geser Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Dengan Pemeraman ( <i>Curing Time</i> ) Berdasarkan Pengujian Triaksial tipe <i>UU</i>	79
Tabel 6.12	Perbedaan Nilai Kohesi Pada Tanah Rekayasa Optimum (Tanah asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Dengan Pemeraman ( <i>Curing Time</i> ) Berdasarkan Hasil Pengujian Tekan Bebas dan Pengujian Triaksial Tipe <i>UU</i>	79
Tabel 6.13	Perbedaan Nilai Sudut Gesek Dalam Pada Tanah Rekayasa Optimum (Tanah asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Dengan Pemeraman ( <i>Curing Time</i> ) Berdasarkan Hasil Pengujian Tekan Bebas dan Pengujian Triaksial Tipe <i>UU</i>	79
Tabel 6.14	Daya Dukung Tanah Lempung Kaliwiro (Tanah Asli dan Tanah Rekayasa) Untuk Kondisi Keruntuhan Geser Menyeluruh ( <i>General Shear Failure</i> )	85
Tabel 6.15	Daya Dukung Tanah Lempung Kaliwiro (Tanah Asli dan Tanah Rekayasa) Untuk Kondisi Keruntuhan Geser Setempat ( <i>Local Shear Failure</i> )	86

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rentang ( <i>Range</i> ) Dari Batas Cair ( <i>LL</i> ) Dan Indeks Plastisitas ( <i>PI</i> ) Untuk Tanah Dalam Kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, Dan A-7	7
Gambar 2.2.a	Silika Tetrahedra	12
Gambar 2.2.b	Diagram Skematik Lembaran Silika	12
Gambar 2.2.c	Lembaran Silika	12
Gambar 2.3.a	Alumunium Oktahedra	13
Gambar 2.3.b	Diagram Skematik Lembaran Alumina	13
Gambar 2.3.c	Lembaran Alumina	13
Gambar 2.4.a	Diagram Skematik <i>Kaolinite</i>	14
Gambar 2.4.b	Struktur Atom <i>Kaolinite</i>	14
Gambar 2.5	Diagram Skematik <i>Illite</i>	14
Gambar 2.6.a.	Diagram Skematik <i>Montmorillonite</i>	16
Gambar 2.6.b.	Struktur Atom <i>Montmorillonite</i>	16
Gambar 2.7	Tarik-Menarik Molekul-Molekul Dipolar Air Pada Lapisan Ganda Terdifusi	17
Gambar 2.8.a.	Struktur Lempung Terdispersi	18
Gambar 2.8.b.	Struktur Lempung Terflokulasi	18
Gambar 2.9	Struktur Tanah Berbutir Halus	19
Gambar 3.1	Diagram Fase Tanah	26
Gambar 3.2	Bagan Alir Klasifikasi Tanah Sistem <i>USCS</i>	30
Gambar 3.3	Batas-Batas <i>Atterberg</i>	31
Gambar 3.4	Garis Keruntuhan <i>Mohr-Coulomb</i>	34
Gambar 3.5	Bentuk Umum Kurva Pemadatan Berbagai Jenis Tanah	37
Gambar 3.6	Faktor-faktor Daya Dukung Pada Keruntuhan Geser Menyeluruh ( <i>General Shear Failure</i> )	43
Gambar 3.7	Faktor-faktor Daya Dukung Pada Keruntuhan Geser Lokal ( <i>Local Shear Failure</i> )	43



Gambar 4.1	Cara Penumbukan Pengujian Pemadatan Tanah	53
Gambar 4.2	<i>Flow Chart</i> Penelitian	54
Gambar 5.1	Grafik Distribusi Ukuran Pada Analisa Saringan dan Analisa Hidrometer	57
Gambar 5.2	Grafik Pemadatan Proktor Standar	58
Gambar 5.3	Grafik Hubungan Indeks Plastisitas dan Kadar Limbah Gypsum Pada Tanah Rekayasa	62
Gambar 5.4	Grafik Hubungan Batas Susut dan Kadar Limbah Gypsum Pada Tanah Rekayasa	62
Gambar 5.5	Diagram Berat Jenis Tanah Asli dengan Limbah Gypsum	63
Gambar 5.6	Grafik Hubungan Berat Jenis dan Kadar Limbah Gypsum Pada Tanah Rekayasa	63
Gambar 5.7	Grafik Hubungan Kadar Air Optimum ( $w_{opt}$ ) dan Kadar Limbah Gypsum Pada Tanah Rekayasa	64
Gambar 5.8	Grafik Hubungan Berat Volume Kering Maksimum ( $\gamma_{k,max}$ ) dengan Kadar Limbah Gypsum Pada Tanah Rekayasa	64
Gambar 5.9	Diagram Kuat Tekan Pada Tanah Asli	65
Gambar 5.10	Grafik Hubungan Kuat Tekan ( $q_u$ ) dan Kadar Limbah Gypsum Pada Tanah Rekayasa Tanpa Pemeraman	65
Gambar 5.11	Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Waktu Pemeraman Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas	66
Gambar 5.12	Diagram Kohesi ( $c$ ) Pada Tanah Asli berdasarkan Pengujian Tekan Bebas	66
Gambar 5.13	Grafik Hubungan Kohesi ( $c$ ) dan Kadar Limbah Gypsum Pada Tanah Rekayasa Tanpa Pemeraman Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas	67
Gambar 5.14	Grafik Hubungan Kohesi ( $c$ ) dan Pemeraman Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas	67
Gambar 5.15	Diagram Kohesi ( $c$ ) Tanah Asli Berdasarkan Pengujian Triaksial Tipe <i>UU</i>	68

Gambar 5.16	Grafik Hubungan Kohesi ( $c$ ) dan Waktu Pemeraman Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Berdasarkan Pengujian Triaksial Tipe $UU$	68
Gambar 5.17	Diagram Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ ) Pada Tanah Asli Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas	69
Gambar 5.18	Grafik Hubungan Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ ) dan Kadar Limbah Gypsum Pada Tanah Rekayasa Tanpa Pemeraman Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas	69
Gambar 5.19	Grafik Hubungan Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ ) dan Waktu Pemeraman Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas	70
Gambar 5.20	Diagram Sudut Geser dalam ( $\phi$ ) Pada Tanah Asli Berdasarkan Pengujian Triaksial Tipe $UU$	70
Gambar 5.21	Grafik Hubungan Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ ) dan Waktu Pemeraman Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Berdasarkan Pengujian Triaksial Tipe $UU$	71
Gambar 6.1	Letak Lempung Kaliwiro Menurut Sistem $USCS$	73
Gambar 6.2	Grafik Perbedaan Nilai Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ ) Pada Tanah Rekayasa yang Memiliki Karakteristik Campuran Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Pada Pengujian Tekan Bebas dan Pengujian Triaksial Tipe $UU$	80
Gambar 6.3	Grafik Perbedaan Nilai Kohesi ( $C$ ) Pada Tanah Rekayasa yang Memiliki Karakteristik Campuran Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Pada Pengujian Tekan Bebas dan Pengujian Triaksial Tipe $UU$	80
Gambar 6.4	Sketsa Penampang Profil Lempung Kaliwiro Pada Kondisi Asli	82
Gambar 6.5	Sketsa Penampang Profil Lempung Kaliwiro Yang Telah Distabilisasi Dengan Limbah Gypsum	82

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1 Pengujian Berat Jenis dan Kadar Air
- Lampiran 2 Pengujian Analisa Ukuran Butiran
- Lampiran 3 Pengujian Batas Susut
- Lampiran 4 Pengujian Batas Cair
- Lampiran 5 Pengujian Pemadatan Tanah
- Lampiran 6 Pengujian Kuat Tekan Bebas (Tanah Asli dan Tanah Rekayasa Tanpa Pemeraman)
- Lampiran 7 Pengujian Kuat Tekan Bebas (Tanah Rekayasa Yang Mempunyai Karakteristik Optimum Dengan Pemeraman)
- Lampiran 8 Pengujian Triaksial Tipe UU (Tanah Asli dan Tanah Rekayasa Yang Mempunyai Karakteristik Optimum Dengan Pemeraman)

## DAFTAR NOTASI

A	= luas sampel tanah ( $\text{cm}^2$ )
B	= lebar pondasi (m)
c	= kohesi tanah ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
c'	= kohesi efektif ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
Cu	= kuat geser <i>undrained</i> tanah hasil uji tekan bebas ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
D	= diameter sampel tanah (cm)
Df	= kedalaman pondasi (m)
e	= angka pori (%)
FS	= angka keamanan
Gs	= <i>specific gravity</i> (berat jenis)
I <sub>C</sub>	= indeks konsistensi (%)
I <sub>L</sub>	= indeks kecairan (%)
I <sub>p</sub>	= indeks plastisitas (%)
k	= koefisien permeabilitas (cm/detik)
L	= panjang sample tanah (cm)
N <sub>qr</sub> , N <sub>c</sub> , N <sub>γ</sub>	= faktor-faktor daya dukung kondisi <i>general shear failure</i>
N' <sub>qr</sub> , N' <sub>c</sub> , N' <sub>γ</sub>	= faktor-faktor daya dukung kondisi <i>local shear failure</i>
n	= porositas (%)
P	= beban (kg)
q	= beban terbagi merata diatas pondasi ( $\text{t}/\text{m}^2$ )
q <sub>u</sub>	= kekuatan tekan bebas ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
q <sub>ult</sub>	= unit daya dukung ultimit ( $\text{t}/\text{m}^2$ )
q <sub>all</sub>	= unit daya dukung ijin ( $\text{t}/\text{m}^2$ )
q <sub>net</sub>	= unit daya dukung ijin neto ( $\text{t}/\text{m}^2$ )
Q <sub>ult</sub>	= daya dukung ultimit (ton)
Q <sub>all</sub>	= daya dukung ijin (ton)
Q <sub>net</sub>	= daya dukung ijin neto (ton)

$S$	= derajat kejenuhan (%)
$V$	= volume tanah ( $\text{cm}^3$ )
$V_a$	= volume udara ( $\text{cm}^3$ )
$V_w$	= volume air ( $\text{cm}^3$ )
$V_s$	= volume butiran tanah ( $\text{cm}^3$ )
$W$	= berat tanah (gr)
$W_a$	= berat udara (=0)
$W_w$	= berat air (gr)
$W_s$	= berat butiran tanah (gr)
$w$	= kadar air (%)
$w_{\text{opt}}$	= kadar air optimum (%)
$w_p$	= batas plastis (%)
$w_L$	= batas cair (%)
$w_N$	= kadar air <i>natural</i> (tanah asli <i>undisturbed</i> )
$\alpha$	= sudut pecah benda uji kuat tekan bebas ( $^\circ$ )
$\gamma$	= berat volume ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$\gamma_w$	= berat volume air ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$\gamma_b$	= berat volume tanah basah ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$\gamma_k$	= berat volume tanah kering ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$\gamma_s$	= berat volume butiran tanah ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$\phi$	= sudut gesek dalam ( $^\circ$ )
$\tau$	= kuat geser tanah ( $\text{gr}/\text{cm}^2$ )
$\sigma$	= tegangan normal pada bidang runtuh ( $\text{gr}/\text{cm}^2$ )

## INTISARI

*Lempung Kaliwiro merupakan lempung sedang, anorganik, dan berplastisitas tinggi dengan indeks plastisitas sebesar 25,45 persen dan batas cair sebesar 52,07 persen serta nilai kuat tekan tanah asli sebesar 0,684875 kg/cm<sup>2</sup>. Eksperimen penambahan aditif yang berupa limbah gipsum sebagai stabiliator diharapkan dapat mempengaruhi konsistensi dan daya dukung lempung Kaliwiro sebagai tanah dasar pondasi dangkal.*

*Hasil uji pada pemadatan proktor standar (standard proctor test) menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan lempung Kaliwiro sebesar 138,953 persen terhadap nilai kuat tekan tanah asli di lapangan. Penambahan bahan aditif limbah gipsum sebesar 3, 6, 9, 12, dan 15 persen pada kondisi pemadatan proktor standar dapat meningkatkan kuat tekan hingga 48,756 persen pada tanah rekayasa dengan campuran kadar limbah gipsum 9 persen dan memperbaiki konsistensinya dengan menurunkan indeks plastisitas sebesar 7,77 persen pada tanah rekayasa dengan campuran kadar limbah gipsum 15 persen serta meningkatkan batas susut sebesar 27,57 persen pada tanah rekayasa dengan kadar campuran 15 persen.*

*Masa pemeraman (curing time) yang diuji cobakan pada sampel tanah rekayasa yang memiliki karakteristik optimum menunjukkan peningkatan nilai kuat tekannya. Besarnya perubahan nilai kuat tekan yang terjadi tergantung dengan lamanya masa pemeraman, semakin lama masa pemeraman maka nilai kuat tekan akan mengalami peningkatan. Peningkatan nilai kuat tekan tanah rekayasa yang memiliki karakteristik optimum pada masa pemeraman 3, 7, 14, dan 21 hari masing-masing sebesar 11,215, 42,608, 68,809, dan 79,543 persen.*

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Dalam rekayasa teknik sipil, tanah mempunyai peranan yang penting. Kenyataannya di lapangan, kondisi tanah yang dijumpai tidak selalu memenuhi kualitas persyaratan fisik maupun teknis. Karena itu perlu dilakukan usaha perbaikan sifat-sifat tanah untuk memenuhi persyaratan yang ditentukan. Usaha perbaikan sifat-sifat tanah ini disebut stabilisasi tanah.

Lempung Kaliwiro merupakan tanah kohesif yang secara fisik dan teknis kurang memenuhi persyaratan untuk pekerjaan bangunan. Lempung ini memiliki potensi yang dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan di atasnya. Kerusakan bangunan pada umumnya berupa penurunan yang tidak merata dan retak-retak akibat kembang-susut (*swelling-shrinkage*) yang besar.

Stabilisasi tanah dapat dilakukan secara mekanis maupun menggunakan bahan-bahan aditif (zat kimia). Secara mekanis stabilisasi tanah dilakukan dengan mengatur gradasi butiran tanah kemudian dilakukan proses pemadatan, sedangkan stabilisasi tanah yang menggunakan bahan aditif dapat dilakukan dengan menambahkan bahan aditif kemudian dilakukan pemadatan, atau dengan melakukan penyuntikan (*grouting*) dengan bahan kimiawi. Bahan aditif yang efektif untuk stabilisasi tanah kohesif adalah bahan yang mengandung CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, dan unsur-unsur lain yang mengandung atom-atom bermuatan positif. Unsur-unsur tersebut jika tercampur air membentuk kation-kation yang dapat mengikat partikel lempung sehingga memberikan pengaruh yang menguntungkan.

Bahan aditif yang umum digunakan pada stabilisasi tanah adalah semen dan kapur. Penelitian terdahulu telah meneliti pemakaian bahan-bahan aditif ini, termasuk kemungkinan pemanfaatan limbah-limbah industri yang mengandung bahan aditif untuk stabilisasi tanah.

Berangkat dari pengertian diatas, sangat besar artinya penelitian stabilisasi tanah lempung menggunakan bahan-bahan aditif (zat kimia), baik pada kondisi aslinya yang ditujukan sebagai bahan aditif seperti semen, kapur, dan geosta ataupun limbah-limbah industri yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan stabilisasi tanah seperti limbah batubara, limbah gas karbit, dan lain-lain. Untuk itu perlu dicoba mengangkat topik dalam penelitian tugas akhir dengan judul:

**"Studi Eksperimental Konsistensi dan Daya Dukung Lempung Kaliwiro yang Distabilisasi dengan Limbah Gypsum Sebagai Tanah Dasar Pondasi Dangkal".**

Limbah gipsum sangat mudah diperoleh karena pada saat ini sudah banyak bahan-bahan interior, list pada tembok bangunan, cetakan untuk kerajinan keramik atau untuk berbagai keperluan lainnya yang menggunakan material gipsum. Khususnya di Yogyakarta, banyak *home industry* yang menggunakan material gipsum ini untuk memproduksi berbagai keperluan di atas, sehingga untuk mendapatkan limbahnya tidak mengalami kesulitan. Gipsum mempunyai nama kimia sebagai Kalsium Sulfat Hidrat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$ ) sehingga material ini sangat dimungkinkan sebagai bahan stabilisator pada tanah lempung.

### **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya pengaruh bahan aditif limbah gipsum sebagai bahan stabilisasi lempung Kaliwiro terhadap sifat fisik dan mekanis berupa perbaikan konsistensi dan peningkatan daya dukung.

### **1.3 Lingkup Penelitian**

Mengingat kemampuan, biaya, dan waktu yang tersedia, penelitian ini hanya ditujukan untuk mengetahui konsistensi dan daya dukung lempung Kaliwiro yang distabilisasi dengan limbah gipsum sebagai tanah dasar pondasi dangkal.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh yang ditimbulkan oleh penambahan bahan aditif limbah gipsum pada sifat fisik dan mekanik lempung Kaliwiro.



2. Hasil penelitian dapat dipakai sebagai acuan bagi pelaksanaan stabilisasi lempung Kaliwiro di lapangan dengan menggunakan bahan aditif limbah gipsum.
3. Hasil penelitian diharapkan dapat memperluas wawasan dunia rekayasa sipil mengenai stabilisasi tanah.

### 1.5 Batasan Masalah

Untuk memperjelas permasalahan dan mempermudah dalam penelitian maka dibuat batasan sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan benda uji tanah lempung Kaliwiro, Wonosobo, pada kondisi tanah terganggu (*disturbed soil*) dan tanah tak terganggu (*undisturbed soil*),
2. Limbah gipsum yang digunakan adalah limbah yang dihasilkan pabrik/*home industry* list, papan berserat, dan hiasan interior yang berbahan dasar gipsum yang diperoleh dari *Emerald Gypsum* Jl. Monumen Jogja Kembali No. 42 Yogyakarta,
3. Penelitian hanya berdasarkan pada pengujian sifat fisik dan mekanis Lempung Kaliwiro (distribusi ukuran butiran,  $w$ ,  $\gamma$ ,  $G_s$ , batas-batas *Atterberg*,  $c$ ,  $\phi$ ),
4. Penelitian tidak menganalisa unsur kimia dan reaksinya pada tanah lempung asli dan tanah lempung rekayasa (tanah asli + % kadar limbah gipsum),
5. Perbandingan prosentase untuk campuran berdasarkan berat kering tanah dan berat kering limbah gipsum, dengan variasi campuran limbah gipsum 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15%,
6. Uji *curing time* dilakukan pada sampel campuran tanah lempung dengan kadar optimum limbah gipsum untuk umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 21 hari,
7. Perhitungan daya dukung lempung Kaliwiro sebagai tanah dasar pondasi hanya pada perhitungan daya dukung pondasi dangkal.
8. Kedalaman muka air tanah jauh dari permukaan tanah (7 meter).

## 1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil sampel tanah dari Desa Kaliwiro, Wonosobo. Daerah ini termasuk kawasan tanah berlempung yang sering disebut sebagai lempung Kaliwiro. Adapun sampel limbah gipsium adalah limbah yang dihasilkan pabrik/*home industry* list, papan berserat, dan hiasan interior yang berbahan dasar gipsium yang diambil dari *Emerald Gypsum* Jl. Monumen Jogja Kembali No. 42 Yogyakarta. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Indonesia di jalan Kaliurang KM 14,4 Yogyakarta.

## 1.7 Time Schedule Penelitian

Pelaksanaan penelitian pada tugas akhir ini mengikuti ketentuan waktu (*time schedule*) yang ditentukan Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII untuk pelaksanaan tugas akhir periode I (September – Februari) tahun 2002/2003. *Time schedule* penelitian ditunjukkan pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 *Time Schedule* Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan ke:					
		Sept.	Okt.	Nop.	Des.	Jan.	Feb.
01.	Pendaftaran						
02.	Penantuan Dosen Pembimbing						
03.	Pembuatan Proposal Tugas Akhir						
04.	Seminar Proposal Tugas Akhir						
05.	Konsultasi Penyusunan Tugas Akhir						
06.	Sidang-Sidang						
07.	Pendadaran.						

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Partikel Tanah**

Tanah dapat didefinisikan sebagai material yang terdiri atas butiran mineral-mineral padat yang relatif lepas dan bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai zat cair dan gas sebagai pengisi rongga di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah dapat terbentuk dari hasil pelapukan batuan dan dari hasil pelapukan bahan organis.

Karakteristik tanah ditentukan oleh ukuran butiran dan jenis material penyusunnya. Dilihat dari ukuran butirannya, pada tanah dapat digunakan istilah lempung, pasir, lanau, dan kerikil. Sedangkan dari segi mineral penyusunnya, tanah dapat juga disebut sebagai tanah bukan lempung (*non-clay soils*) meskipun dari segi ukuran partikel tersebut masih dapat digolongkan sebagai partikel lempung.

#### **2.2 Ukuran Butiran Tanah**

Istilah kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*) tergantung dari ukuran partikel paling dominan pada tanah tersebut. Untuk menggambarkan tanah berdasarkan ukuran partikel penyusunnya, beberapa lembaga telah mengembangkan batasan-batasan ukuran jenis tanah seperti ditunjukkan pada tabel 2.1.

Jenis-jenis tanah diklasifikasikan menurut sifat yang serupa ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi yang umum digunakan dalam rekayasa teknik sipil adalah sistem klasifikasi *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)* dan sistem klasifikasi *Unified Soil Classification Systems (USCS)*. Kedua sistem tersebut didasarkan atas analisa butiran dan keplastisan tanah.

Tabel 2.1. Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah  
(Sumber : Braja M. Das,1994)

Nama Golongan	Ukuran butiran, mm			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
<i>American Society for Testing Material (ASTM)</i>	75 – 4,75	4,75 – 0,075	0,075- 0,005	0,005 –0,001
<i>Massachusetts Institut of Technology (MIT)</i>	> 2	2 – 0,06	0,006.- 0,002	< 0,002
<i>US Departemen of Agriculture (USDA)</i>	> 2	2 – 0,005	0,005 – 0,002	< 0,002
<i>American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)</i>	76,2 – 2	2 – 0,075	0,075 – 0,002	< 0,002
<i>Unified Soils Classification System (USCS)</i>	76,2 – 4,75	4,75 –0,075	Halus (Lanau dan Lempung) 0,0075	

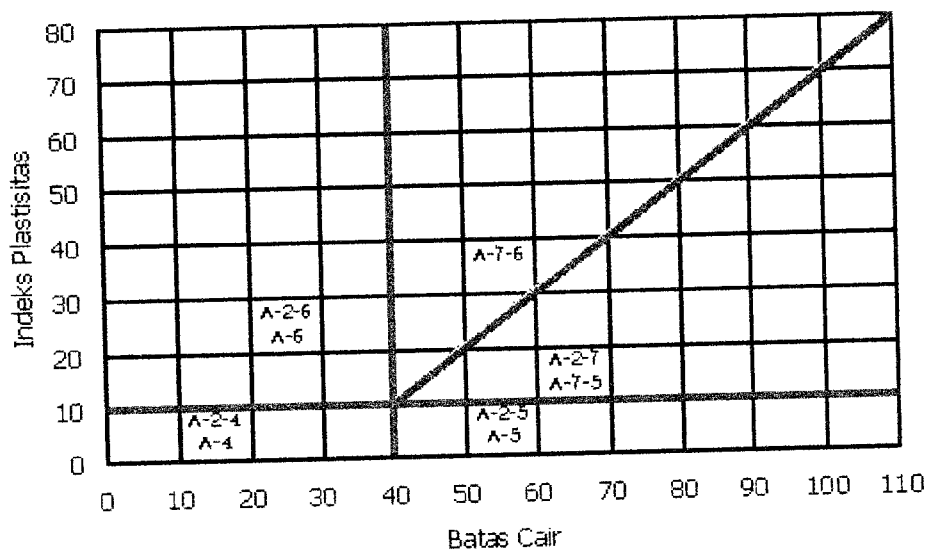
### 2.2.1 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi *AASHTO* yang diperlihatkan dalam tabel 2.2 dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini telah mengalami beberapa kali revisi. Versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh *Committee on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* pada tahun 1945 (Standar ASTM D-3282, Metode *AASHTO* M145). Sistem ini didasarkan pada kriteria berikut ini (Braja M. Das,1994):

- a. Ukuran butiran, dibagi menjadi kerikil, pasir, lanau, dan lempung.
  - Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm dan tertahan pada ayakan diameter 2 mm.
  - Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan diameter 2 mm dan tertahan pada ayakan diameter 0,075 mm
  - Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos ayakan diameter 0,075 mm.
- b. Plastisitas, nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai Indeks Plastisitas (IP) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai Indeks Plastisitas sebesar 11 atau lebih.

- c. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan dalam contoh tanah yang akan diuji maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi prosentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Data dari hasil uji kemudian dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan pada tabel 2.2 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai. Gambar 2.1 menunjukkan suatu gambar dari jenjang batas cair (*Liquid Limit, LL*) dan Indeks Plastisitas (*Plasticity Index, PI*) untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7.



Gambar 2.1. Rentang (*Range*) Dari Batas Cair (*LL*) Dan Indeks Plastisitas (*PI*) Untuk Tanah Dalam Kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7  
Sumber : Braja M. Das, 1994

### 2.2.2 Sistem Klasifikasi *USCS*

Sistem ini diperkenalkan oleh *Cassagrande* pada tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engineers*, kemudian disempurnakan lagi tahun 1952 atas kerja sama *United States Bureau of Reclamation*. Saat ini sistem *USCS* banyak dipakai oleh para ahli rekayasa sipil.

Sistem *USCS* membagi tanah dalam dua kelompok besar (tabel 2.3), yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus.

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO  
(Sumber : Braja M. Das, 1994)

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)				Tanah lanau-lempung ( 35% < lolos ayakan No.200)					
	A-1		A-2	A-3	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	A-4	A-5	A-6	A-7-5* A-7-6#
Analisis ayakan (% lolos)										
No. 10	Maks 50	Maks 50								
No. 40	Maks 30	Maks 50	Min 51							
No.200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan										
No. 40										
Batas Cair LL)										
Indeks Plastisitas (IP)										
Type material paling dominan	Maks 6		NP	Min 41 Maks 40	Maks 40 Min 11	Min 41 Maks 11	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Batu pecah, kerikil, dan pasir		Pasir halus			Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
			Baik sekali sampai baik							Biasa sampai jelek
* Untuk A-7-5, $PI \leq LL-30$										
# Untuk A-7-6, $PI > LL-30$										

Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah Sistem *USCS* (Menurut ASTM, 1982)  
(Sumber: Braja M. Das, 1994)

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Umum		
Tanah berbutir kasar Lebih dari 50% butiran tertahan Pada saringan no. 200	Pasir Lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.	
		Kerikil dengan butiran halus	GP	Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.	
			GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil – pasir – lanau.	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil – pasir – lempung.		
	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan pada saringan no. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.	
			SP	Pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.	
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir – lanau.	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir - lempung	
		Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200	Lanau dan lempung Batas cair 50% atau Kurang	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung.
				CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" ( <i>lean clays</i> ).
OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah.				
Lanau dan lempung Batas cair lebih dari 50%	MH		Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis.		
	CH		Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clays</i> ).		
	OH		Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi.		
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi.		

Tabel 1.3 Klasifikasi Tanah Sistem USCS (lanjutan)  
(Sumber: Braja M. Das, 1994)

	<b>Kriteria Klasifikasi</b>	
<p style="text-align: center;"><b>Klasifikasi berdasarkan presentase butir halus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurang dari 5% lolos saringan no. 100 untuk GW, GP, SW, SP</li> <li>• Lebih dari 11% lolos saringan no. 100 untuk GM, GC, SM, SC</li> <li>• 5% sampai 11% lolos saringan no. 100 merupakan klasifikasi perbatasan yang memerlukan penggunaan dua simbol.</li> </ul>	$C_u = D_{60} / D_{10}$ Lebih besar dari 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$ Antara 1 dan 3	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda.
	Batas-batas Atterberg di atas garis A dengan $PI > 7$	
	$C_u = D_{60} / D_{10}$ Lebih besar dari 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$ Antara 1 dan 3	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda	
Batas-batas Atterberg di atas garis A dengan $PI > 7$		
<b>Bagan Plastisitas</b>		
Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat dalam ASTM Designation D-1488		



- a. Tanah berbutir kasar (*coarse grained-soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No. 200. Simbol kelompok ini adalah G untuk tanah berkerikil (*gravel*) dan S untuk tanah berpasir (*sand*). Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W untuk tanah bergradasi baik (*well graded*) dan P untuk tanah bergradasi buruk (*poor graded*).
- b. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat contoh tanahnya lolos saringan no. 200. Simbol kelompok ini adalah M untuk lanau (*silt*) organik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, O untuk lanau organik dan lempung organik. Plastisitas dinyatakan dengan L untuk plastisitas rendah (*low plasticity*) dan H untuk plastisitas tinggi (*high plasticity*).

## 2.3 Mineral Lempung

Dalam pembentukan tanah proses penghancuran dari batuan terjadi secara fisis atau kimiawi. Pelapukan tanah akibat proses kimiawi menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter  $< 0,002$  mm, yang dikenal sebagai mineral lempung (*clay mineral*). Hampir semua mineral lempung berbentuk lempengan yang mempunyai permukaan spesifik (perbandingan antara luas permukaan dengan massa) yang tinggi, sehingga sifat partikel ini sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan (R.F Craig, 1991).

### 2.3.1 Mineralogi Tanah Lempung

Sumber utama mineral lempung adalah batuan yang mengandung felspar ortoklas  $[K(Al)Si_3O_8]$ , felspar plagioklas  $[Na(Al) Si_3O_8]$ , dan mika  $[K(Al_2)Si_3Al(O_{10})(OH)_4]$  yang semuanya dapat disebut silikat aluminium kompleks. Mineral lempung juga dapat terbentuk dari hampir setiap batuan selama terdapat cukup banyak alkali dan tanah alkalin untuk dapat membentuk reaksi kimia (Bowles, 1993).

Bentuk fisik mineral lempung dilihat dari mikroskop elektron adalah kristal yang berbentuk lempengan dan lembaran yang tersusun dalam suatu pola geometrik tertentu. Dilihat dari difraksi sinar-X, mineral-mineral lempung berupa lembaran kristal dengan struktur yang bertulang.

### 2.3.2 Struktur Mineral Lempung

Struktur mineral lempung adalah variasi kombinasi dari dua unit kristalin dasar lempung yang membentuk senyawa aluminium silikat yang kompleks. Silikon dan aluminium dapat digantikan secara parsial oleh unsur lain dalam kesatuannya, yang keadaan ini dikenal sebagai substitusi isomorfis.

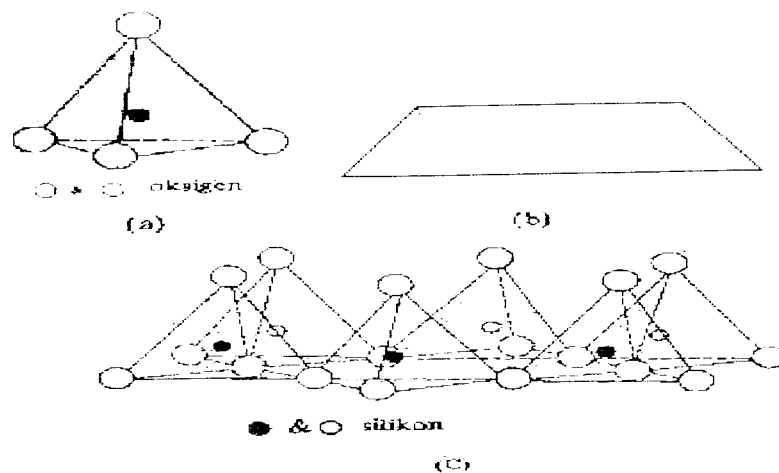
Dua unit kristalin dasar lempung yang akan membentuk struktur lembaran tersebut adalah (Braja M. Das, 1994):

#### a. Silika Tetrahedra

Terdiri atas sebuah atom silikon (Si) dikelilingi oleh empat atom oksigen membentuk puncak tetrahedra yang menghasilkan suatu satuan setinggi  $4,6 \text{ \AA}$  (gambar 2.1.a). Kombinasi dari unit-unit silika tetrahedral tersebut membentuk lembaran silika. Pada sebuah lembaran silika, setiap atom silikon yang bermuatan positif dan bervalensi empat dihubungkan dengan empat atom oksigen yang bermuatan negatif dan bervalensi total delapan (gambar 2.2.b dan 2.2.c).

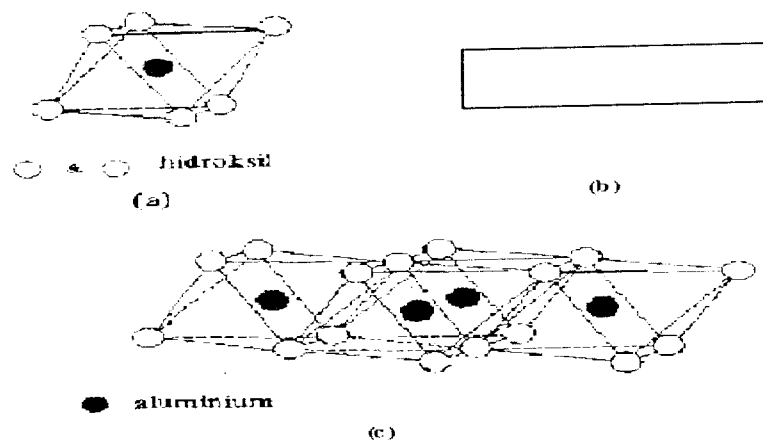
#### b. Aluminium Oktahedra

Unit-unit oktahedra terdiri atas sebuah atom aluminium (Al) atau Magnesium (Mg) yang dikelilingi oleh enam gugus ion oksigen atau *hydroxil* (OH) yang membentuk konfigurasi oktahedron dengan tinggi  $5,05 \text{ \AA}$  (gambar 2.3.a). Kombinasi dari unit-unit hidroksi aluminium berbentuk oktahedra itu membentuk lembaran alumina (gambar 2.3.b dan 2.3.c)



Gambar 2.2

(a) Silika Tetrahedra ; (b) Diagram Skematik Lembaran Silika; (c) Lembaran Silika  
Sumber : Braja M. Das,1994



Gambar 2.3 (a) Aluminium Oktahedra; (b) Diagram Skematik Lembaran Alumina;  
(c) Lembaran Alumina  
Sumber : Braja M. Das, 1994

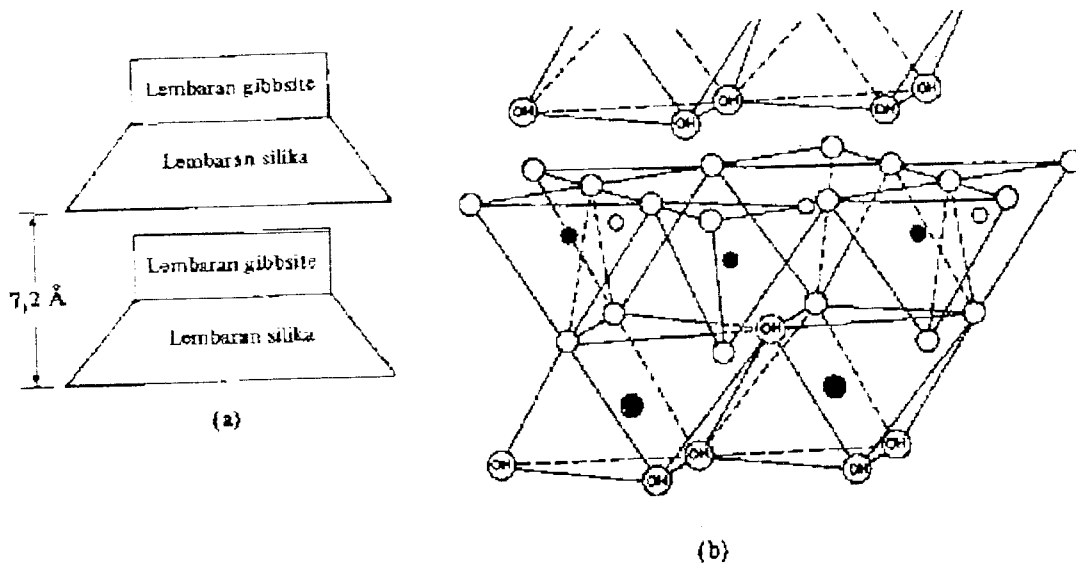
Dari variasi kombinasi dua lembaran kristalin lempung terbentuk mineral-mineral lempung yang penting, yaitu :

a. *Kaolinite*

*Kaolinite* merupakan mineral dari kelompok *kaolin* yang terdiri dari lapisan dasar satu lempeng silika dan satu lempeng alumina dengan tebal  $7,2\text{\AA}$  ( $1\text{\AA} = 10^{-10}\text{m}$ ). Partikel *kaolinite* berwujud seperti lempengan-lempengan tipis, masing-masing dengan diameter  $1000\text{\AA}$  sampai  $20.000\text{\AA}$  dan ketebalan dari  $100\text{\AA}$  sampai  $1000\text{\AA}$ . Luas permukaan partikel *kaolinite* per unit massa (*specific surface*) adalah  $15\text{ m}^2/\text{gram}$ .

Mineral *kaolinite* sering disebut mineral 1:1 karena terbentuk dari dua lempeng dasar yang tersusun secara berulang (gambar 2.4.a). Kedua unit lempeng dasar ini terikat kuat oleh ikatan hidrogen satu sama lainnya sehingga ujung dari lembaran silika dan satu lapisan lembaran oktahedra membentuk suatu lapisan tunggal (gambar 2.4.b).

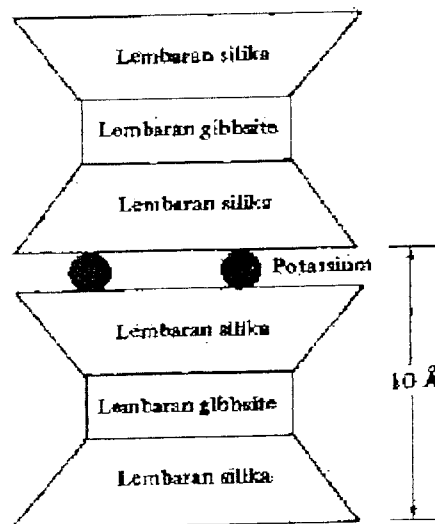
Partikel *kaolinite* mungkin lebih dari seratus tumpukan yang sukar dipisahkan. Karena itu mineral ini stabil dan air tidak dapat masuk diantaranya sehingga pengembangan dan penyusutan mineral ini relatif kecil. *Kaolinite* dihasilkan oleh pelapukan beberapa mineral lempung yang lebih aktif atau dapat juga terbentuk dari produk sampingan pelapukan batuan.



Gambar 2.4 (a) Diagram skematik *Kaolinite*; (b) Struktur atom *Kaolinite*  
 Sumber : Braja M. Das, 1994

b. *Illite*

*Illite* merupakan mineral dari kelompok *illite* yang mempunyai struktur dasar sebuah lembaran alumina yang terikat diantara dua lembaran silika dengan tebal 10Å (gambar 2.5). Partikel-partikel *illite* berbentuk lempengan-lempengan tipis dengan dimensi mendatar antara 1000Å sampai 5000Å dan ketebalan 50Å sampai 500Å. Luas spesifik (*specific surface*) dari partikel ini adalah 80 m<sup>2</sup>/gram.



Gambar 2.5 Diagram Skematik *Illite*  
 Sumber : Braja M. Das, 1994

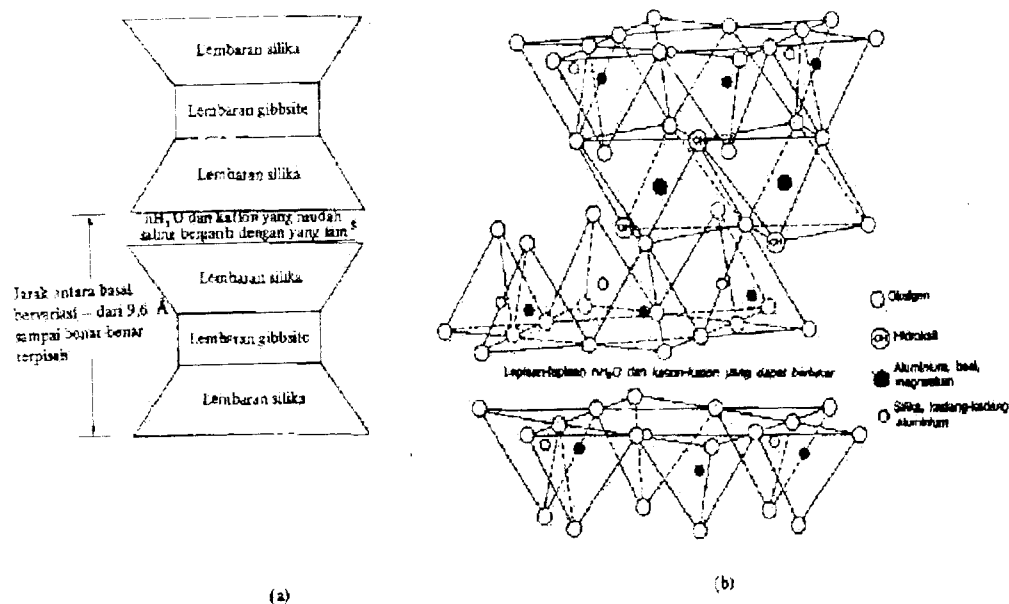
Mineral *illite* ini sering disebut mika lempung atau mineral 2:1 karena dua lempeng silika mengapit satu lempeng alumina. Lapisan *illite* satu sama lainnya terikat oleh ion-ion Kalium (ion-ion *Pottasium*=K). Muatan negatif yang diperlukan untuk mengikat ion-ion kalium tersebut didapat dengan adanya substitusi isomorf sebagian atom silikon pada lembaran tetrahedral oleh atom-atom alumunium. Ikatan tersebut menghasilkan kondisi yang kurang stabil dibanding *kaolinite* sehingga *illite* lebih mudah mengembang dan menyusut.

### c. *Montmorillonite*

Struktur mineral *montmorillonite* sama dengan *illite*, yaitu merupakan lapisan berulang yang terdiri dari dua lempeng silika mengapit satu lempeng alumina dengan tebal  $7,9 \text{ \AA}$  (gambar 2.6.a). Lembaran oktahedra terletak di antara dua lembaran silika dengan ujung tetrahedral tercampur dengan hidroksil dari lembaran oktahedra untuk membentuk satu lapisan alumunium dan magnesium (gambar 2.6.b). Partikel *montmorillonite* mempunyai dimensi mendatar dari  $1000 \text{ \AA}$  sampai  $5000 \text{ \AA}$  dan ketebalan  $10 \text{ \AA}$  sampai  $50 \text{ \AA}$ . Luasan spesifik partikel ini adalah sekitar  $800 \text{ m}^2/\text{gram}$ .

Mineral *montmorillonite* sering disebut *smectit* atau mineral 2:1. Diantara lembaran silika terdapat lapisan  $n\text{H}_2\text{O}$  dan kation yang dapat bertukar dengan ketebalan  $1,7-4,0 \text{ \AA}$ . Rekatan antar lapisan disebabkan oleh gaya *Van der Waals* sehingga sangat lemah dibandingkan dengan ikatan hidrogen atau ikatan ion.

Pada *montmorillonite* terjadi substitusi isomorf antara atom-atom magnesium dan besi menggantikan sebagian atom-atom kalium. Penggantian-penggantian ini mengakibatkan terjadinya muatan negatif neto yang tidak seimbang pada mineral *montmorillonite* sehingga kapasitas tarikan terhadap  $\text{H}^+$  sangat besar. Hal ini membuat *montmorillonite* bersifat sangat mengembang jika bercampur air.



Gambar 2.6. (a) Diagram Skematik *Montmorillonite*, (b) Struktur Atom *Montmorillonite*  
 Sumber : Braja M. Das, 1994

#### d. *Halloysite*

*Halloysite* adalah mineral 1:1 yang lembaran-lembarannya tertumpuk secara acak sehingga satu molekul air dapat masuk di antara lembaran mineralnya. Berbeda dari *kaolinite* yang berbentuk pipih memanjang, elemen-elemen *halloysite* tergulung membentuk silinder.

#### e. *Vermikulite*

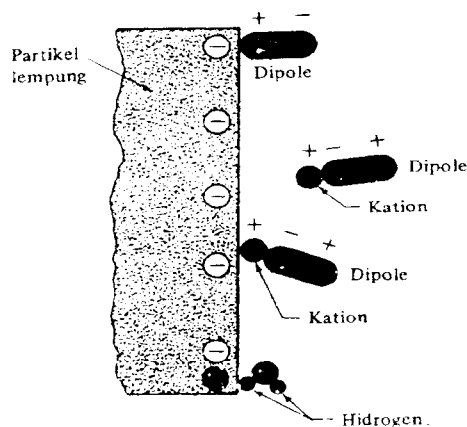
*Vermikulite* termasuk mineral 2:1 yang strukturnya mirip dengan *illite*. Perbedaannya terletak pada adanya 2 (dua) lapisan air yang diselingi ion-ion magnesium atau kalsium, dengan substitusi oleh *brucite* pada lapisan oktahedra.

### 2.3.3 Sifat-sifat Umum Mineral Lempung

#### a. Hidrasi

Akibat adanya substitusi isomorf dan kontinuitas perpecahan susunannya maka pada umumnya partikel-partikel mineral lempung mempunyai muatan negatif pada permukaannya. Untuk mengimbangi muatan negatif itu, partikel lempung menarik kation dari garam yang ada di dalam air pori sehingga kation-kation tersebut menempel pada permukaan partikel lempung. Keadaan seperti ini disebut lapisan

ganda terdifusi (*diffuse double layer*). Molekul dipolar air tertarik oleh permukaan partikel lempung yang bermuatan negatif dan oleh adanya lapisan ganda terdifusi tersebut. Karena ikatan hidrogen, sebagian dari kation-kation yang terhidrasi (di dalam air pori) juga tertarik untuk melekat pada permukaan partikel lempung. Kation-kation ini kemudian juga menarik molekul-molekul dipolar air yang lain (gambar 2.7).



Gambar 2.7 Tarik Menarik Molekul-Molekul Dipolar Air Pada Lapisan Ganda Terdifusi  
Sumber : Braja M. Das, 1994

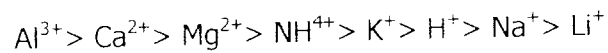
Semua air yang terikat pada permukaan partikel-partikel tanah lempung akibat gaya tarik menarik ini disebut sebagai air lapisan ganda (*double layer water*). Sifat plastis tanah lempung adalah akibat eksistensi dari lapisan ganda. Bagian yang paling dalam dari air lapisan ganda tersebut yang terikat dengan kuatnya pada permukaan partikel disebut air terserap (*adsorbed water*). Pertalian hubungan mineral-mineral lempung dengan air serapan memberikan bentuk dasar dari susunan tanah.

#### b. Aktivitas

Pada mineral lempung, muatan negatif di permukaan partikel dinetralkan oleh adanya pertukaran ion yang mengelilingi partikel lempung tersebut dan terikat pada partikel oleh gaya tarik menarik elektrostatik. Besarnya gaya menarik kation pada partikel lempung ini disebut aktivitas lempung.

Aktivitas lempung ini sangat berpengaruh pada daya pengembangan lempung. Dengan menambah bahan yang mengandung kation maka aktivitas lempung dapat

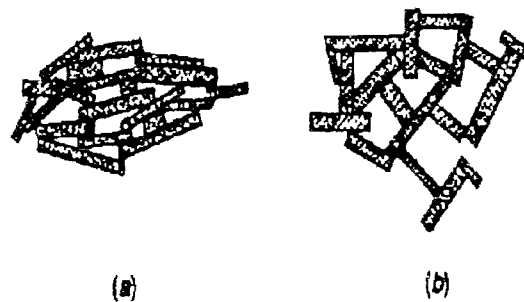
diturunkan sehingga potensi pengembangannya berkurang. Kation-kation ini dapat disusun dalam urutan daya tarik menariknya seperti pada skema berikut:



Urutan tersebut mempunyai arti bahwa ion  $\text{Al}^{3+}$  dapat mengganti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  dapat menggantikan  $\text{Na}^+$ , dan seterusnya.

#### c. Dispersi dan Flokulasi

Pada partikel-partikel lempung yang berdekatan terjadi gaya tarik menarik dan tolak menolak. Tolak menolak terjadi antara muatan-muatan yang sejenis pada lapisan ganda terdifusi. Kenaikan valensi kation atau konsentrasinya akan mengakibatkan berkurangnya gaya tolak-menolak. Gaya-gaya netto antar partikel mempengaruhi bentuk struktural partikel. Jika terdapat gaya tolak menolak neto, partikel-partikel cenderung diasumsikan berorientasi sisi ke sisi, yang disebut struktur terdispersi. Sedangkan bila terdapat tarik menarik neto, partikel-partikel cenderung mengarah ke ujung sisi atau ujung-ujung yang disebut struktur terflokulasi. Struktur-struktur ini melibatkan interaksi antara partikel-partikel mineral lempung tunggal, seperti pada gambar 2.8.a dan b.



Gambar 2.8 Struktur Lempung: (a) terdispersi ; (b) terflokulasi  
Sumber : HC Hardiyatmo, 2002

#### d. Pengaruh Zat Cair Pada Tanah Lempung

Air selain berpengaruh pada konsistensi mineral lempung juga berpengaruh pada sifat kohesi dan kekuatannya. Pada keadaan kering ( $S=0$ ) lempung berbentuk padat dengan kekuatan yang sangat tinggi. Lempung kering yang dihaluskan menjadi butiran-butiran kecil tidak bersifat kohesif, namun bila kontak dengan air akan berubah menjadi plastis dan kohesif. Bila lempung basah tersebut dikeringkan kembali maka akan terbentuk bongkahan padat yang keras dan kuat. Fenomena hanya terjadi pada air yang molekulnya dipolar dan tidak terjadi pada cairan yang



tidak bersifat dipolar seperti karbon tetraklorida ( $\text{CCl}_4$ ), yang jika dicampur lempung tidak akan menimbulkan pengaruh apapun.

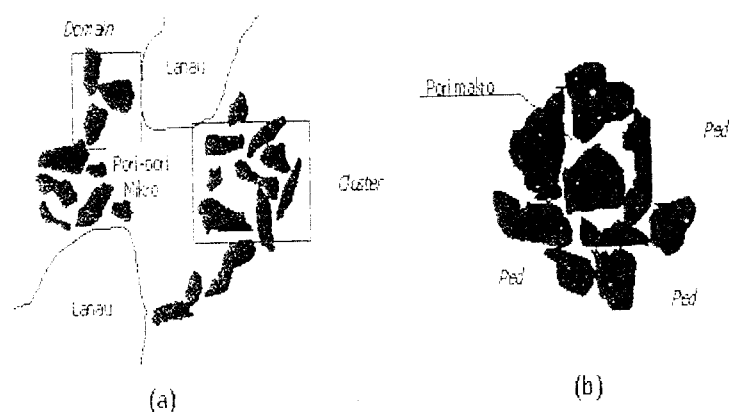
#### e. Struktur Tanah Berlempung

Struktur tanah adalah pengaturan geometri partikel-partikel (*fabric*) tanah beserta pengaruh yang ditimbulkan oleh adanya gaya interpartikel yang bekerja di antara partikel.

Susunan geometri (*fabric*) tanah berlempung selalu berkelompok (*aggregate*) atau menggumpal (*flocculated*) bersama dalam unit *submicroscopic fabric* yang disebut *domain*. *Domain-domain* tersebut berkumpul membentuk *cluster* yang dapat dilihat dengan mikroskop menggunakan cahaya terang. *Cluster-cluster* berkumpul membentuk *ped* atau kumpulan *ped* yang berukuran besar dan dapat dilihat tanpa mikroskop. *Ped* bersama dengan sambungan dan retakan membentuk sistem *macrofabric* (gambar 2.9)

Untuk tanah berbutir halus disamping masalah *fabric* tanah, juga tidak boleh diabaikan masalah struktur tanah yang dikenal dengan adanya *microstructure* dan *macrostructure*.

*Microstructure* dapat mengungkap secara lengkap sejarah geologi dari deposit suatu lempung, termasuk perubahan tegangan dan kondisi lingkungan selama pengendapan. Dari segi rekayasa *microstructure* dapat dipakai untuk memahami perilaku tanah secara umum.



Gambar 2.9 Struktur Tanah Berbutir Halus  
Sumber : Braja M. Das, 1994

*Macrostructure* lebih mempunyai pengaruh penting terhadap sifat-sifat tanah untuk pemakaian dalam bidang rekayasa. Karena adanya retakan, sambungan, urat (*fissure*), lubang akar, lapisan-lapisan tipis, dan diskontinuitas lainnya, akan sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat tanah sebagai bahan konstruksi. Oleh karena itu dalam masalah rekayasa geoteknis seperti stabilitas, penurunan dan drainase harus ditinjau secara cermat *macrostructure* dari tanah lempung tersebut.

## 2.4 Stabilisasi Tanah

Jenis dan sifat tanah yang bervariasi memberikan suatu masalah tersendiri dalam pelaksanaan pembangunan. Masalah tersebut akan dihadapi apabila pada jenis dan sifat tanah pada daerah yang akan dibangun tidak memenuhi kualitas persyaratan daya dukung yang baik. Masalah tersebut dapat diatasi dengan melakukan perbaikan tanah dengan menggunakan metode stabilisasi tanah.

Usaha stabilisasi tanah bertujuan untuk :

1. meningkatkan kuat dukung tanah dengan peningkatan kepadatan (*density*) tanah,
2. menurunkan tingkat permeabilitas pada tanah,
3. memperbaiki tanah yang buruk,
4. mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas) tanah,
5. mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air,
6. mengurangi besarnya penurunan tanah yang tidak diinginkan.

### 2.4.1 Jenis Stabilisasi Tanah

Ingels dan Metcalf (1977) memberikan beberapa metode pelaksanaan stabilisasi tanah, yaitu :

#### a. Stabilisasi Mekanik

Stabilisasi mekanik merupakan upaya untuk mendapatkan kepadatan tanah yang maksimum yang dilakukan dengan menggunakan peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan (*pounce*), ledakan (*eksplosif*), tekanan statis, tekstur, dan sebagainya.

Stabilisasi Mekanis dilakukan tanpa perubahan material baru. Metode ini meningkatkan kekuatan tanah, mengurangi kompresibilitas dan permeabilitas.

#### b. Stabilisasi Fisik

Stabilisasi fisik adalah suatu cara untuk mengubah sifat-sifat tanah dengan memanfaatkan reaksi-reaksi tanah, misalnya pemanasan (*heating*), pendinginan (*cooling*), dan menggunakan arus listrik. Salah satu jenis stabilisasi fisik yang sering dipakai adalah pemanasan.

#### c. Stabilisasi Kimia/aditif

Stabilisasi kimia adalah stabilisasi dengan memberi bahan kimia pada tanah sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan sifat-sifat dari tanah tersebut. Pencampuran kimia sering dilakukan dengan cara

1. Pertukaran ion, yaitu menukar reaksi ion butiran tanah,
2. Pengendapan, yaitu dengan mencampur dua macam campuran sehingga terbentuk zat baru yang dapat menimbulkan stabilisasi tanah,
3. Polimerisasi, yaitu kondisi-kondisi tertentu pencampuran beberapa zat sederhana sehingga akan membentuk zat baru yang memiliki molekul lebih besar dan menimbulkan pengaruh stabilisasi.

### 2.4.2 Stabilisasi Tanah Lempung

Bowles JE (1984) berpendapat bahwa pemuaihan yang terjadi pada tanah lempung dikarenakan kadar air bertambah dari nilai referensinya. Namun tanah lempung tersebut menyusut jika kadar air berkurang dari nilai referensinya hingga batas susut. Tanah lempung akan mempunyai perubahan volume yang besar (*expansive*) apabila Indeks Plastisitas (IP)  $\geq 20$ . Terdapat beberapa prosedur untuk menstabilkan jenis tanah lempung ini, yaitu :

1. Penambahan bahan stabilisator seperti kapur, semen, aspal, dan sebagainya.
2. Memadatkan tanah pada keadaan yang lebih basah dari optimum agar menjamin terdapatnya struktur lempung terdispersi dan menghasilkan kerapatan kering yang rendah. Oleh karena itu kerapatan kering dari tanah lempung merupakan parameter yang penting.
3. Mengontrol perubahan kadar air dari nilai referensinya.

### 2.4.3 Penelitian Terdahulu Mengenai Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Bahan Aditif

Pada tanah berbutir halus khususnya lempung, hampir selalu terhidrasi, yaitu dilapisi oleh lapisan-lapisan molekul air yang disebut air teradsorpsi. Lapisan air ini dapat hilang pada temperatur 60°-100° dan akan mengurangi plastisitas alamiah (sekitar 6% - 10%) dari tanah. Sebagian dari air ini dapat hilang cukup dengan pengeringan udara saja, sifat plastisnya dapat dikembalikan dengan mencampur air dalam jumlah yang cukup, namun apabila dehidrasi terjadi pada suhu yang lebih tinggi, sifat plastisnya akan turun dan berkurang selamanya. Oleh karena itu pada tanah berbutir halus atau lempung, daya dukungnya menjadi kurang baik. Maka sangat diperlukan perbaikan atau lebih dikenal dengan istilah stabilisasi tanah agar jenis tanah ini dapat dijadikan sebagai bahan tanah urugan yang mampu menahan beban di atasnya (Wahyudi Antoni, dkk., 1999).

Stabilisasi tanah menggunakan *clean set cement* akan menurunkan kadar air tanah, indeks plastisitas mengecil, sehingga tanah dapat diolah dengan baik, hal ini disebabkan karena *clean set cement* mampu mengikat molekul air hingga dapat meningkatkan atau menambah daya dukung tanah. Stabilisasi atau perbaikan tanah menggunakan *clean set cement* akan menambah nilai kohesi dan menaikkan nilai sudut gesek tanah (Wahyudi Antoni, dkk., 1999).

Tanah lempung yang dicampur dengan kapur karbit dalam prosentase tertentu, juga dilakukan pemeraman supaya didapat kondisi dimana sifat-sifat fisik tanah dan mekanisnya lebih baik dari kondisi tanah aslinya. Besar perubahan sifat tanah sesuai dengan kadar karbit yang ditambahkan. Dari hasil penelitian terlihat kapur karbit akan mengubah berat jenis, batas cair, batas plastis, batas susut, dan indeks plastisitas tanah (Rifki Fauzi, dkk., 1999).

Penggunaan abu batubara sebagai bahan tambah meskipun kurang memberi peningkatan kekuatan tetapi dapat memperbaiki performansi dari bahan bangunan tersebut, seperti mengurangi retak, menambah kepadatan, meningkatkan workabilitas, menambah ketahanan terhadap sulfat dan lain sebagainya (Budi Utomo, dkk., 1997).

Pada umumnya stabilisasi tanah lempung memakai kombinasi stabilisasi mekanis dan stabilisasi menggunakan bahan aditif. Pertama lempung dicampur

dengan bahan aditif pada kadar optimum kemudian dipadatkan pada kadar air optimum tanah asli (A. Halim Hasmar, 1995).

## 2.5 Gypsum

Gypsum (*gypsum*) merupakan material yang sering kita jumpai sebagai hiasan interior, list profil pada tembok bangunan, papan dinding (*wall board*), bahan dasar pembuat semen, bahan dasar pembuat cetakan kerajinan keramik, pengisi (*filler*) cat, bahan pembuat pupuk (*fertilizer*), dan berbagai macam keperluan lainnya. Dalam ilmu kimia gypsum disebut sebagai Kalsium Sulfat Hidrat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1(\text{H}_2\text{O})$ ), yaitu suatu material yang termasuk ke dalam kelas mineral Sulfat ([www.mineral.galleries.com](http://www.mineral.galleries.com), opened at Nov 05, 1001).

Menurut proses terjadinya gypsum dibedakan menjadi gypsum alam dan gypsum sintesis.

### 2.5.1 Gypsum Alam

Gypsum adalah salah satu dari mineral yang terjadi karena proses sedimentasi. Gypsum merupakan batuan utama dasar lapisan mineral yang sangat luas (*massive beds*), yang umumnya terjadi karena proses presipitasi air yang berkadar garam sangat tinggi. Karena itu gypsum dapat tercampur dengan bahan mineral lainnya, bahkan dapat mengikat gelembung udara atau gelembung air.

Selain kegunaannya yang telah disebutkan di atas mineral gypsum dapat juga digunakan sebagai ornamen pada perhiasan. Oleh karena itu gypsum memiliki beberapa variasi nama yang umum digunakan di pasaran, yaitu: ([www.mineral.galleries.com](http://www.mineral.galleries.com), opened at Nov 05, 1001):

#### a Selenit (*selenite*)

Merupakan nama gypsum yang tidak berwarna dan transparan yang akan terlihat seperti mutiara yang berkilauan jika terkena cahaya. Kata selenit berasal dari bahasa Yunani yang berarti bulan bercahaya.

#### b Satin spar

Merupakan nama gypsum yang berupa agregat berserat yang sangat kompak, mineral ini akan terlihat seperti kain satin jika kristal berserat tersebut terkena cahaya.

c Batu pualam putih (*alabaster*)

Merupakan gipsum yang berupa material yang sangat luas (*massive material*) yang mempunyai jaringan halus. Gipsum jenis ini sering dipakai sebagai ornamen perhiasan yang telah digunakan selama berabad-abad bahkan beribu-ribu tahun.

Karakteristik fisik mineral ini yang biasa dijumpai adalah berwarna putih, akan tetapi gipsum juga bisa tidak berwarna (transparan) atau kelabu, kemerah-merahan, coklat, dan kuning. Mineral ini dengan mudah dapat bercampur dengan *halite*, kalsit (*calcite*), belerang (*sulfur*), *pyrite*, *borax*, dan mineral lainnya. Karakteristik lain, gipsum bisa berupa kristal yang fleksibel tetapi tidak elastis, pada beberapa contoh yang lain gipsum memiliki sifat *fluorescent* (berpijar) dan gipsum merupakan mineral yang mempunyai daya hantar termal yang rendah.

Gipsum alam ini banyak ditemukan antara lain di Naika, Meksiko, Utah dan Kolorado (AS), dan di berbagai belahan dunia, sedangkan di Indonesia gipsum alam dapat ditemukan antara lain di kawah Gunung Ijen, Jawa Timur.

### 2.5.2 Gipsum Sintetis

Gipsum sintetis ini merupakan produk yang dihasilkan polutan pada proses pembakaran batubara. Gipsum jenis ini ditemukan berawal dari pemikiran untuk memperbaiki efisiensi pada sistem pembakaran batubara untuk mencegah meningkatnya krisis ekologi. Untuk itu dikembangkan suatu sistem peralatan berteknologi tinggi yang mampu memisahkan gas-gas polutan seperti SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub> dari gas buangan pembakaran batubara. Teknik *flue-gas desulfurization (FGD)* merupakan salah satu metode untuk memisahkan polutan SO<sub>x</sub> pada pembakaran batubara.

Pemisahan polutan dapat dilakukan menggunakan penyerap batu kapur atau Ca(OH)<sub>2</sub>. Gas buang dari cerobong dimasukkan kedalam fasilitas *FGD*. Ke dalam alat ini disemprotkan udara sehingga SO<sub>2</sub> dalam gas buang teroksidasi oleh oksigen menjadi SO<sub>3</sub>. Gas buang selanjutnya "didinginkan" dengan air, sehingga SO<sub>3</sub> bereaksi dengan air (H<sub>2</sub>O) membentuk asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Asam sulfat selanjutnya direaksikan dengan Ca(OH)<sub>2</sub> sehingga diperoleh hasil pemisahan berupa gipsum (*gypsum*). Gas buang yang keluar dari sistem *FGD* sudah terbebas dari

oksida sulfur. Hasil samping proses *FGD* disebut gipsum sintesis karena memiliki senyawa yang sama dengan gipsum alam. Selain dapat mengurangi sumber polutan penyebab hujan asam, gipsum yang dihasilkan melalui proses *FGD* ternyata juga memiliki nilai ekonomi karena dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, misal untuk bahan bangunan. Sebagai bahan bangunan, gipsum tampil dalam bentuk papan gipsum (*gypsum board*) yang umumnya dipakai sebagai plafon atau langit-langit rumah (*ceiling boards*), dinding penyekat atau pemisah ruangan (*partition boards*) dan pelapis dinding (*wall boards*). Amerika Serikat merupakan negara perintis dalam memproduksi gipsum sintesis ini. Pabrik *wall boards* dan gipsum sintesis yang pertama di AS didirikan oleh *Standard Gypsum UC* mulai November 1997 lalu. Lokasi pabriknya berdekatan dengan stasiun pembangkit listrik *Tennessee Valley Authority (TVA)* di Cumberland yang berkapasitas 1600 MegaWatt.

Produksi gipsum sintesis merupakan terobosan yang mampu mengubah bahan buangan yang mencemari lingkungan menjadi suatu produk baru yang bernilai ekonomi. Sebagai bahan *wall boards*, gipsum sintesis yang diproduksi secara benar ternyata memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan gipsum yang diperoleh dari penambangan. Gipsum hasil proses *FGD* ini memiliki ukuran butiran yang seragam (Mukhlis Akhadi, 1000. [www.elektroindonesia.com](http://www.elektroindonesia.com), opened at Nov 06, 1001).

### **2.5.3 Limbah Gipsum**

Mengingat manfaat dan kegunaannya yang sangat besar baik sebagai bahan bangunan ataupun sebagai bahan keperluan lainnya, suatu proses pembuatan gipsum tersebut selalu menyisakan limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal. Di Yogyakarta pemakaian gipsum ini sudah sangat umum sehingga untuk mendapatkan material ini tidaklah sulit karena banyak pabrik maupun *home industry* yang memproduksinya. Selama ini limbah gipsum hanya dibuang begitu saja dan hanya sebagian kecil yang memanfaatkannya sebagai material urug tanah.

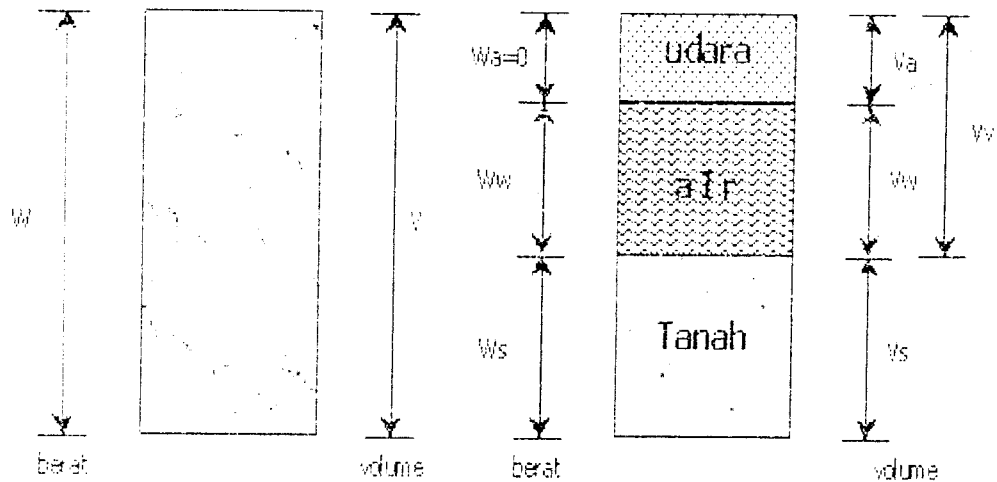
Limbah gipsum bisa berupa sisa-sisa produksi, barang cacat produksi, dan potongan-potongan sisa pemakaian di beberapa proyek bangunan. Pada studi eksperimental ini sampel limbah gipsum yang digunakan adalah limbah dari *Emerald Gypsum* yang memproduksi list profil dan hiasan interior yang terletak di Jalan Monumen Jogja Kembali No. 41 Yogyakarta.

### BAB III LANDASAN TEORI

#### 3.1 Sifat-Sifat Partikel Tanah

##### 3.1.1 Hubungan Antar Partikel

Secara sederhana tanah disusun atas tiga bagian yang terdiri dari butiran tanah, rongga tanah (pori-pori), dan air dalam pori. Komposisi dari ketiga bagian tersebut diperlihatkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Fase Tanah  
(Sumber: HC Hardiyatmo, 2002)

Ketiga bagian tanah tersebut memberikan beberapa pengertian penting yang menggambarkan sifat-sifat tanah sebagai berikut ini.

a. Kadar air (*Water Content, w*)

Kadar air yaitu perbandingan berat air dan berat butiran padat, dinyatakan dalam persen atau desimal.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \quad (3.1)$$



b. Berat Volume (*Weight of Volume,  $\gamma$* )

Berat volume basah ( $\gamma_b$ ) adalah perbandingan antara berat total tanah dengan volume total tanah.

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \quad (3.2)$$

Berat volume kering ( $\gamma_k$ ) adalah perbandingan berat volume padat dengan volume total tanah.

$$\gamma_k = \frac{W_s}{V} \quad (3.3)$$

Berat Volume butiran padat ( $\gamma_s$ ) adalah perbandingan berat butiran padat dengan volume butiran padat.

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \quad (3.4)$$

Bila tanah jenuh air, yaitu ruang pori terisi penuh oleh air sehingga mempunyai volume=1 maka,

$$\gamma_{sat} = [(1-n)G_s + n]\gamma_w = \frac{(G_s + e)\gamma_w}{1 + e} \quad (3.5)$$

dengan  $\gamma_{sat}$  = berat volume jenuh air

$$\gamma_w = \text{berat volume air} = 1 \text{ t/m}^3 \text{ atau } 9,81 \text{ kN/m}^3$$

Bila tanah terendam air maka berat volume apung atau berat volume efektif dinyatakan sebagai  $\gamma'$  sehingga,

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \quad (3.6)$$

c. Berat Jenis/Berat Spesifik (*Specific Gravity,  $G_s$* )

Yaitu perbandingan antara berat volume butiran tanah dengan berat volume air, tidak mempunyai satuan.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_s \gamma_w} \quad (3.7)$$

d. Angka Pori (*Void Ratio,  $e$* )

Yaitu perbandingan antara volume pori dengan volume padat, dinyatakan dalam persen.

$$e = \frac{V_v + V_w}{V_s} = \frac{V_v}{V_s} \quad (3.8)$$

e. Porositas (*Porosity, n*)

Yaitu perbandingan antara volume pori dengan volume total, dinyatakan dalam persen atau desimal.

$$n = \frac{V_v}{V} \quad (3.9)$$

f. Derajat kejenuhan (*Degree of saturation, S*)

Yaitu perbandingan antara volume air dengan volume pori, dinyatakan dalam persen atau desimal.

$$S = \frac{V_w}{V_v} \quad (3.10)$$

### 3.1.2 Klasifikasi Tanah

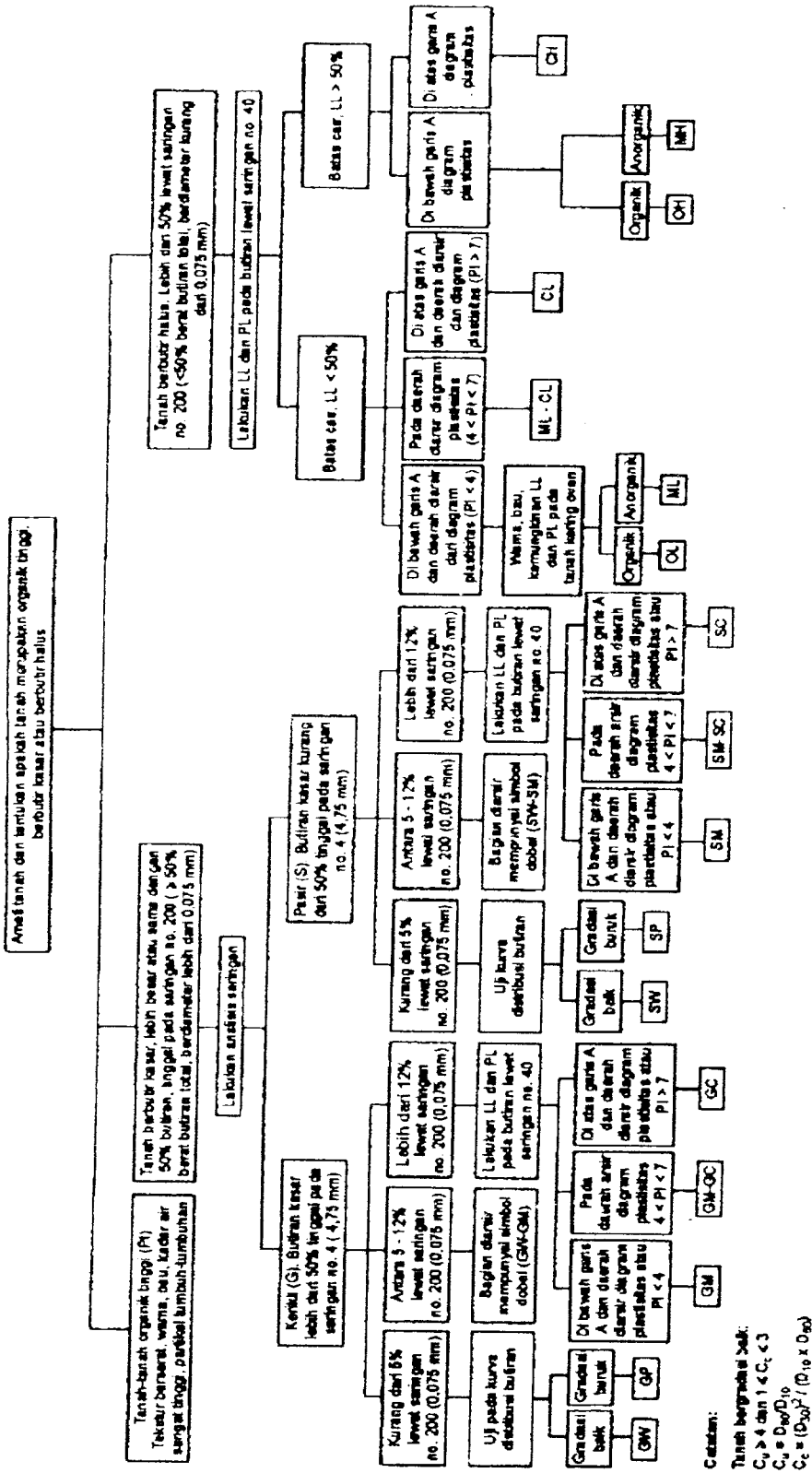
Pada sistem *USCS*, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan #200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan #200. Selanjutnya tanah dapat diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan subkelompok yang dapat dilihat dalam tabel 2.3.

Prosedur untuk menentukan klasifikasi tanah sistem *USCS* (HC. Hardiyatmo, 2002) adalah:

1. Tentukan secara visual apakah tanah berbutir halus atau berbutir kasar, atau dengan cara menyaringnya dengan saringan no. 200.
2. Jika tanah berupa butiran kasar:
  - a. Saring tanah tersebut dan gambarkan grafik distribusi butiran.
  - b. Tentukan prosentase butiran lolos saringan no.4. Bila prosentase butiran lolos kurang dari 50%, klasifikasikan tanah tersebut sebagai kerikil, sedangkan bila prosentase butiran yang lolos lebih dari 50% maka tanah diklasifikasikan sebagai pasir.
  - c. Tentukan jumlah butiran yang lolos saringan no.200. Jika prosentase butiran yang lolos kurang dari 50%, pertimbangkan bentuk grafik distribusi dengan menghitung  $C_u$  dan  $C_c$ . jika termasuk bergradasi baik maka klasifikasi sebagai GW (bila kerikil) atau SW (bila pasir). Jika termasuk bergradasi buruk maka klasifikasikan GP (bila kerikil) atau SP (bila pasir).

- d. Jika prosentase butiran tanah yang lolos saringan no. 200 di antara 5 sampai 12%, tanah akan mempunyai simbol dobel dan mempunyai sifat keplastisan (GW-GM, SW-SM, dan sebagainya).
  - e. Jika prosentase butiran yang lolos saringan no. 200 lebih besar 12% maka harus dilakukan uji batas-batas *Atterberg* dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal dalam saringan no. 40. Kemudian dengan menggunakan diagram plastisitas ditentukan klasifikasinya (GM, GC, SM, SC, GM-GC, atau SM-SC).
3. Jika tanah berbutir halus :
- a. Kerjakan uji batas-batas *Atterberg* dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal butiran tanah yang tinggal dalam saringan no. 40. Jika batas cair lebih dari 50 maka klasifikasikan sebagai H (plastisitas tinggi) dan jika kurang dari 50 maka klasifikasikan sebagai L (plastisitas rendah).
  - b. Untuk H (plastisitas tinggi), jika plot batas-batas *Atterberg* pada grafik plastisitas di bawah titik A maka tentukan apakah tanah organik (OH) atau anorganik (MH). Jika plotnya jatuh di atas garis A maka klasifikasikan sebagai CH.
  - c. Untuk L (plastisitas rendah), jika plot batas-batas *Atterberg* pada grafik plastisitas di bawah garis A dan area yang diarsir maka tentukan klasifikasikan tanah tersebut sebagai organik (OL) atau anorganik (ML) berdasar warna, bau, atau perubahan batas cair dan batas plastisnya dengan mengeringkannya di dalam oven.
  - d. Jika plot batas-batas *Atterberg* pada grafik plastisitas jatuh pada area yang diarsir, dekat dengan garis A, atau nilai LL sekitar 50 maka digunakan simbol dobel.

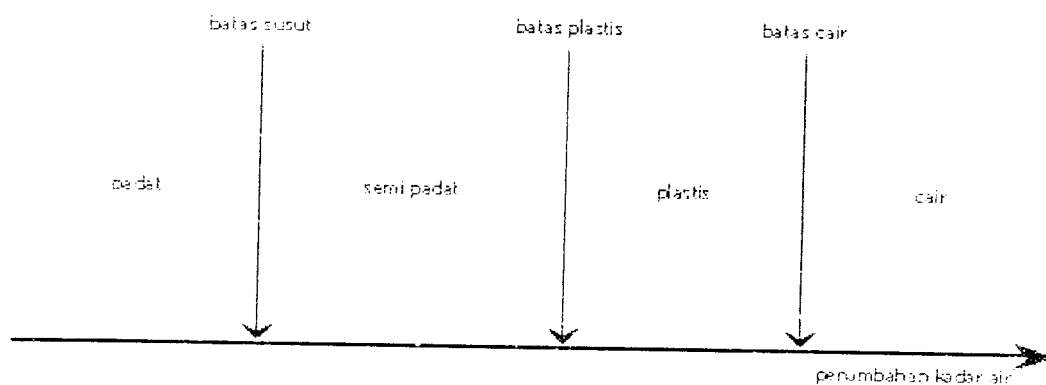
Cara penentuan klasifikasikan tanah sistem *USCS* dengan menggunakan diagram alir pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Bagan Alir Klasifikasi Tanah Sistem USCS  
 Sumber : H.C. Hardiyatmo, 2002

### 3.1.3 Konsistensi Tanah

Untuk tanah kohesif (tanah yang mengandung mineral lempung), kadar air dalam tanah sangat berpengaruh terhadap konsistensi tanah. Keadaan tanah akibat perubahan kadar air dapat berupa padat, semi padat, plastis, dan cair. Batas-batas keadaan tersebut disebut batas-batas *Atterberg* yang ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Batas-batas *Atterberg*  
(Sumber: HC Hardiyatmo, 2002)

Batas-batas konsistensi tanah menurut *Atterberg* meliputi lima keadaan konsistensi tanah berikut ini.

- Batas cair (*Liquid Limit, LL*) adalah kadar air dimana untuk nilai-nilai di atasnya tanah berperilaku sebagai cairan kental (campuran tanah-air tanpa kuat geser yang dapat diukur).
- Batas plastik (*Plastic Limit, PL*) adalah kadar air dimana untuk nilai-nilai dibawahnya tanah tidak berperilaku sebagai bahan yang plastis.
- Batas susut (*Shrinkage Limit, SL*) adalah kadar air dimana untuk nilai-nilai dibawahnya pengurangan kadar air tidak disertai adanya penyusutan volume tanah. Semakin kecil batas susut suatu tanah, semakin mudah mengembang jika terkena air.
- Batas lengket (*Sticky Limit*), adalah kadar air di mana tanah kehilangan sifat adhesinya dan tidak lengket lagi pada benda lainnya.
- Batas kohesi (*Cohesion Limit*), adalah kadar air dimana tanah kehilangan sifat kohesinya, yaitu gaya lekatan antar butiran-butiran tanah.

Dari lima keadaan konsistensi tanah, tiga diantaranya sangat penting dalam rekayasa sipil, yaitu batas plastis, batas cair, dan batas susut. Konsistensi suatu tanah dapat digambarkan dengan indeks tanah yang diturunkan dari tiga keadaan tersebut, yaitu :

1. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index, PI*)

Indeks Plastisitas adalah rentang kadar air dimana tanah bersifat plastis. Indeks plastisitas (PI) dihitung sebagai berikut :

$$PI = LL - PL \quad (3.11)$$

Jika tanah mempunyai PI tinggi maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jika PI rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air mengakibatkan tanah menjadi kering. Atterberg memberikan batasan mengenai Indeks Plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesinya seperti tabel 3.1.

Tabel 3.1 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah  
Sumber : HC Hardiyatmo, 2002

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesif
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 - 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

2. Indeks kecairan (*Liquidity Index, LI*)

Indeks kecairan ditentukan melalui hubungan:

$$LI = \frac{w_N - PL}{LL - PL} = \frac{w_N - PL}{PI} \quad (3.12)$$

dengan  $w_N$  = kadar air di lapangan.

Indeks kecairan berguna untuk menentukan keadaan tanah di lapangan. Apabila kelembaban tanah asli ( $w_N$ ), Batas Plastis, dan Indeks Plastisitas diketahui maka:

- Jika  $0 < LI < 1$  tanah bersifat sebagai bahan yang plastis,
- Jika  $LI \geq 1$  tanah berada dalam keadaan cair,
- Jika  $LI < 0$  tanah berada dalam keadaan padat.

Indeks konsistensi dihitung sebagai:

$$CI = \frac{LL - w_N}{PI} \quad (3.13)$$

Perbedaan antara indeks konsistensi dengan indeks kecairan hanya pada nilai numerik. Apabila tanah dilapangan mempunyai kadar air lebih besar dari batas cair

maka dipakai indeks kecairan, sedangkan bila kadar air dilapangan lebih kecil dari batas cair maka dipakai indeks konsistensi.

Pada kondisi alam konsistensi tanah kohesif dinyatakan dalam istilah lunak, sedang, dan keras. Menurut Peck, dkk, kondisi ini dapat dikaitkan dengan nilai kuat geser dan tekan bebas, seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Nilai Kuat Geser dan Tekan Bebas ( $q_u$ )  
(Sumber : Peck, dkk, 1993)

KONDISI TANAH LEMPUNG	IDENTIFIKASI DI LAPANGAN	$q_u$ ( $\text{kg/cm}^2$ )
Sangat lunak	Dengan mudah ditembus beberapa inchi dengan kepalan tangan	< 0,25
Lunak	Dengan mudah ditembus beberapa inchi dengan ibu jari	0,25 – 0,5
Sedang	Dapat ditembus beberapa inchi pada kekuatan sedang dengan ibu jari	0,5 – 1,0
Kaku	Melekuk bila ditekan dengan ibu jari, tetapi dengan kekuatan besar	1,0 – 2,0
Sangat kaku	Melekuk bila ditekan dengan kuku ibu jari	2,0 – 4,0
Keras	Kesulitan bila ditekan dengan ibu jari	> 4

## 3.2 Sifat-Sifat Mekanika dan Hidraulika Tanah

### 3.2.1 Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (HC. Hardiyatmo, 2002). Dengan dasar pengertian ini kuat geser berhubungan erat dengan kondisi keruntuhan tanah.

Nilai kuat geser tanah sukar ditentukan secara pasti (Bowles, 1993), karena sangat tergantung pada banyak faktor seperti :

- Keadaan tanah (angka pori, ukuran, dan bentuk butir),
- Jenis tanah (kerikil, pasir, lempung, dan komposisinya),
- Kadar air
- Jenis beban dan tingkatnya, seperti beban dinamis dan beban statis,
- Anisotropis tanah, yaitu sifat tanah yang tidak sama arah lateral dan vertikal.

Teori kuat geser tanah yang sekarang banyak dipakai adalah teori yang dikemukakan oleh Coulomb (1776). Coulomb menyatakan bahwa kuat geser tanah dapat dibagi dalam nilai yang tergantung pada tahanan geser antar butiran tanah dan kohesi pada permukaan butiran itu.

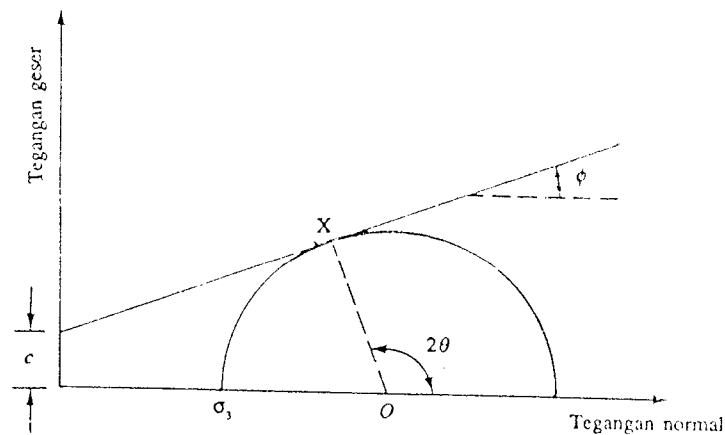
Secara numerik kekuatan geser menurut Coulomb dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \phi \quad (3.14)$$

dengan :

- $\tau$  = kuat geser tanah ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $c$  = kohesi tanah ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $\sigma$  = tegangan normal pada bidang runtuh ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $\phi$  = sudut gesek dalam ( $^\circ$ )

Persamaan di atas disebut kriteria keruntuhan atau kegagalan *Mohr-Coulomb*, yang menyatakan bahwa keruntuhan akibat geser akan terjadi bila tegangan geser pada suatu bidang mencapai syarat tertentu. (Braja M. Das, 1994). Garis kegagalan yang didefinisikan dalam persamaan 3.14 adalah kurva yang ditunjukkan dalam gambar 3.4.



Gambar 3.4 Garis keruntuhan Mohr-Coulomb  
(Sumber : Braja M. Das, 1994)

### 3.2.2 Tegangan Efektif Tanah

Terzaghi (1923) memberikan prinsip tegangan efektif yang bekerja pada segumpal tanah. Prinsip tegangan efektif ini hanya berlaku untuk tanah jenuh sempurna (HC. Hardiyatmo, 2002):

1. Tegangan normal total ( $\sigma$ ) pada bidang di dalam tanah, yaitu tegangan akibat berat total tanah termasuk air dalam ruang pori, per satuan luas, yang arahnya tegak lurus.



2. Tekanan air pori ( $u$ ), disebut juga dengan tekanan netral yang bekerja ke segala arah sama besar, yaitu tekanan air yang mengisi rongga di antara butiran padat,
3. Tegangan normal efektif ( $\sigma'$ ) pada suatu bidang dalam massa tanah, yaitu tegangan yang dihasilkan dari beban berat butiran tanah per satuan luas bidangnya.

Hubungan ketiga tegangan di atas adalah:

$$\sigma = \sigma' + u \quad (3.15)$$

Kesimpulannya, tegangan efektif merupakan gaya persatuan luas yang dipikul oleh butir-butir tanah. Perubahan volume dan kekuatan tanah tergantung pada tegangan efektif di dalam massa tanah. Makin tinggi tegangan efektif suatu tanah maka makin padat tanah tersebut.

### 3.2.3 Daya Resap Tanah (Permeabilitas)

Permeabilitas didefinisikan sebagai bahan berongga yang memungkinkan cairan untuk menembus melalui ruang antar pori. Bahan yang mempunyai sifat permeabilitas adalah bahan yang mempunyai rongga-rongga yang saling berhubungan. Untuk masalah geoteknik cairan itu adalah air dan bahan berongga adalah tanah.

Besarnya nilai permeabilitas suatu tanah dinyatakan dalam koefisien permeabilitas ( $k$ ) dalam satuan cm/detik. Tanah lempung mempunyai koefisien permeabilitas yang sangat kecil, untuk lempung murni umumnya berkisar antara  $1 \times 10^{-6}$  sampai  $1 \times 10^{-8}$  cm/detik.

### 3.2.4 Kemampumampatan Tanah (Kompresibilitas)

Tanah mempunyai sifat kemampatan yang besar jika dibanding bahan bangunan yang lain seperti baja dan beton. Walaupun kemampatan butiran tanah dan air relatif kecil, tetapi karena tanah mempunyai pori-pori yang besar maka kemampatan dapat diakibatkan oleh penyusutan pori-pori tanah.

Pada saat beban bekerja pada tanah, susunan butir-butir tanah berubah sehingga pori-pori menyusut. Akibat penyusutan pori-pori tersebut, air pori dipaksa keluar dari ruang pori. Pada tanah berpasir yang bersifat permeabel, pengaliran air pori berlangsung cepat sehingga proses pemampatan segera selesai. Tetapi untuk tanah berbutir halus (lempung) yang mempunyai koefisien permeabilitas kecil,

proses pengaliran air pori berlangsung sangat lambat. Akibat proses pemampatan memakan waktu yang lama. Gejala demikian disebut konsolidasi.

### 3.2.5 Kemampuan Kembang Susut Tanah

Kemampuan kembang susut tanah sangat dipengaruhi oleh jenis dan jumlah dari mineral lempung yang dikandungnya. Apabila beberapa tanah yang mengandung jumlah mineral lempung sama, tetapi nilai Indeks Plastisitasnya berbeda sesuai dengan jenis mineral lempung yang dikandungnya. Menurut penyelidikan Skemton (1953) jika kandungan lempung bertambah, Indeks Plastisitas akan bertambah (Braja M. Das, 1994).

Parameter yang dipakai sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan kembang susut tanah lempung adalah aktifitas yang secara numerik dinyatakan dengan:

$$Aktifitas = \frac{PI}{\text{persen berat butiran } < 0,002 \text{ mm}} \quad (3.16)$$

Aktifitas menyatakan kemampuan kembang susut tanah berlempung. Semakin besar aktifitas suatu tanah maka semakin besar kemampuan mengembangnya.

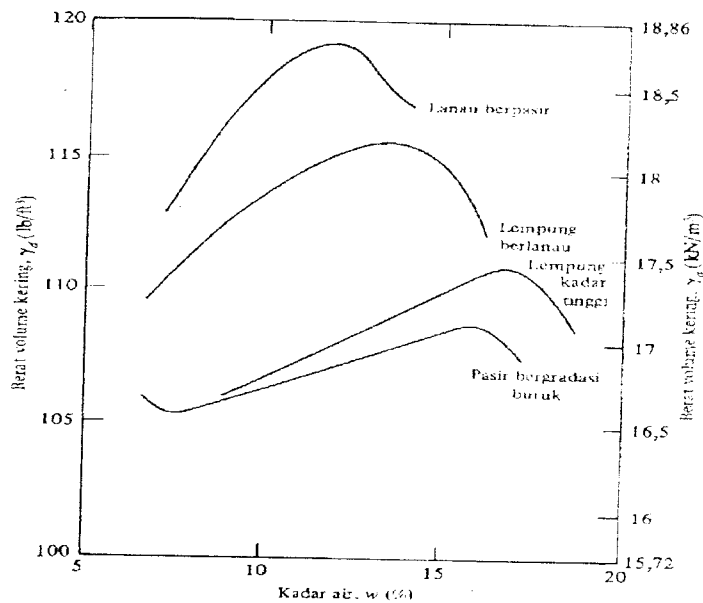
### 3.3 Pemadatan Tanah

Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering maksimum dan kadar air optimum tanah yang dipadatkan. Dari proses pemadatan akan diperoleh beberapa keuntungan, yaitu :

1. Meningkatkan kekuatan geser tanah,
2. Menurunkan permeabilitas tanah,
3. Menurunkan nilai kemampuan tanah.

Proctor (1933) merekomendasikan pengujian pemadatan proktor standar (*Proctor Compaction Test*) untuk mendapatkan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum dengan percobaan di laboratorium. Pemadatan tanah di laboratorium dilakukan dengan cara memadatkan beberapa contoh tanah dengan kadar air yang berbeda-beda pada cetakan dengan ukuran tertentu dan energi pemadatan yang tertentu pula. Dari beberapa kadar air tersebut akan didapatkan kepadatan yang berbeda sehingga dapat disusun kurva hubungan kadar air dan

kepadatan. Kurva pemadatan untuk tiap jenis tanah mempunyai corak yang berbeda untuk tiap jenis seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Bentuk umum kurva pemadatan berbagai jenis tanah  
(Sumber : Braja M. Das, 1994)

Proctor (1933) telah mengamati bahwa hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering dalam proses pemadatan tanah. Derajat kepadatan tanah diukur dari berat kering maksimum ( $\gamma_{k \max}$ ) yang dicapai pada nilai kadar air optimum ( $w_{\text{opt}}$ ). Hubungan berat volume kering ( $\gamma_k$ ) dengan berat volume basah ( $\gamma_b$ ) dan kadar air ( $w$ ) dinyatakan dalam persamaan berikut ini.

$$\gamma_k = \frac{\gamma_b}{(1 + w)} \quad (3.17)$$

Dalam pengujian pemadatan proktor standar, percobaan diulangi paling sedikit lima kali dengan kadar air yang berbeda-beda. Selanjutnya digambarkan dalam sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume kering untuk mendapatkan nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum.

Untuk suatu kadar air tertentu, berat volume kering maksimum secara teoritis didapat bila pada pori-pori tanah sudah tidak ada udaranya lagi. Keadaan ini adalah pada saat derajat kejenuhan tanah sama dengan 100%. Jadi berat volume kering maksimum (teoritis) pada suatu kadar air tertentu dengan kondisi *zero air voids* (pori-pori tanah tidak mengandung udara sama sekali) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\gamma_{zav} = \frac{G_s \gamma_w}{1 + e} \quad (3.18)$$

dengan :

$\gamma_{zav}$  = berat volume pada kondisi *zero air void* (gr/cm<sup>3</sup>)

$\gamma_w$  = berat volume air (gr/cm<sup>3</sup>)

$e$  = angka pori (%)

$G_s$  = berat spesifik butiran padat tanah

Untuk keadaan tanah jenuh 100% maka  $e = w \cdot G_s$ , sehingga :

$$\gamma_{zav} = \frac{G_s \gamma_w}{1 + w \cdot G_s} = \frac{\gamma_w}{\frac{1}{w} + G_s} \quad (3.19)$$

dengan  $w$  = kadar air.

Untuk mendapatkan variasi dari  $\gamma_{zav}$  terhadap kadar air digunakan prosedur berikut :

1. Tentukan berat spesifik butiran padat tanah,
2. Cari berat volume air ( $\gamma_w$ ),
3. Tentukan harga kadar air ( $w$ ),
4. Gunakan persamaan 3.19 untuk mencari  $\gamma_{zav}$ ,
5. Plotkan pada grafik hubungan kadar air dan berat volume kering.

Dalam keadaan apapun, kurva pemadatan tidak mungkin memotong (menjadi di sebelah kanan) kurva *zero air void* tersebut.

### 3.4 Pengujian Sifat Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis pada penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai kohesi ( $c$ ) dan nilai sudut gesek dalam ( $\phi$ ). Kedua nilai tersebut dapat diperoleh pada pengujian tekan bebas dan pengujian triaksial.

#### 3.4.1 Pengujian Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test, UCT*)

Pengujian tekan bebas dimaksudkan terutama untuk tanah lempung jenuh yang pada pembebanannya cepat sehingga air tidak sempat mengalir keluar dari benda uji. Dari pengujian tekan bebas ini didapat nilai sudut gesek dalam ( $\phi$ ), kohesi tanah ( $c$ ), dan kuat tekan bebas tanah ( $q_u$ ) yang didapat persamaan berikut :

$$\phi = 2(\alpha - 45^\circ) \quad (3.20)$$

$$c = \frac{q_u}{2 \operatorname{tg} \alpha} \quad (3.21)$$

$$q_u = \frac{P}{A} \quad (3.22)$$

dengan :

- $\alpha$  = sudut pecah sampel tanah ( $^{\circ}$ )
- $\phi$  = sudut gesek dalam ( $^{\circ}$ )
- $c$  = kohesi tanah ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- $P$  = Beban maksimum (kg)
- $A$  = Luas penampang sampel tanah ( $\text{cm}^2$ )
- $q_u$  = Kuat tekan bebas tanah ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Kuat tekan bebas tanah adalah besarnya tekanan axial yang diperlukan untuk menekan tanah silinder sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan pemendekan tanah hingga 20%. Apabila tanah sampai 20% tersebut tidak pecah, tegangan aksial di atas benda uji mengalami keruntuhan. Dengan demikian proses pengujian harus berlangsung cepat sampai mencapai keruntuhan. Pada tanah lempung yang mempunyai permeabilitas tinggi, setiap tambahan tegangan yang diterapkan pada waktu singkat diikuti oleh menghamburnya seluruh kelebihan tekanan pori, sehingga tambahan secara tepat tidak mengakibatkan timbulnya kelebihan tekanan air pori dalam tanah..

### 3.4.2 Pengujian Triaxial

Pada pengujian Triaksial, benda uji akan menerima tegangan normal  $\sigma_1$  dan tegangan sel  $\sigma_3$ , yang sebenarnya adalah menerima tegangan pada arah tiga dimensi (x,y, dan z) dengan tegangan utamanya  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ , dan  $\sigma_3$ . Besarnya tegangan  $\sigma_2$  akan sama besar dengan  $\sigma_3$ , sehingga yang dipandang hanya tegangan  $\sigma_1$  dan  $\sigma_3$ .

Pengujian Triaksial dapat dilaksanakan dengan tiga cara, yaitu:

1. Pengujian dengan cara *Unconsolidated – Undrained* (Tak terkonsolidasi tak teralirkan, cara *UU*)

Pengujian Triaksial dengan cara *Unconsolidated – Undrained* merupakan pengujian cepat, benda uji mula-mula dibebani dengan penerapan tegangan sel

(tegangan cepat), kemudian dibebani dengan beban normal, melalui penerapan tegangan deviator sampai terjadi keruntuhan. Pada penerapan tegangan deviator selama pergeserannya air tidak diperbolehkan keluar dari benda uji dengan menutup katup drainase.

2. Pengujian dengan cara *Consolidated - Undrained* (Terkonsolidasi tak teralirkan, cara *CU*)

Pengujian Triaksial dengan cara *Consolidated - Undrained* dimulai dengan benda uji mula-mula dibebani dengan tegangan sel tertentu dengan mengalirkan air keluar sampai konsolidasi selesai. Tegangan deviator diterapkan dengan drainase dalam keadaan tertutup hingga benda uji mengalami keruntuhan. Volume tidak akan berubah selama pergeserannya karena katup drainase tertutup.

3. Pengujian dengan cara *Consolidated - Drained* (Terkonsolidasi teralirkan, cara *CD*)

Pengujian Triaksial dengan cara *Consolidated - Drained* dimulai dengan menerapkan tegangan sel tertentu pada benda uji dengan katup drainase terbuka sampai konsolidasi selesai. Dengan tetap terbukanya katup drainase tegangan deviator diterapkan dengan kecepatan yang rendah hingga benda uji mengalami keruntuhan.

Pada penelitian ini kondisi pada pengujian triaksial yang diterapkan adalah *Unconsolidated Undrained (UU)*, yaitu tanah tidak dikonsolidasikan terlebih dahulu sebelum pembebanan  $\sigma_1$ . Selama pengujian tidak dilakukan drainase air pori dan geseran dengan beban  $\sigma_3$  dilaksanakan dengan cepat. Jadi langsung setelah  $\sigma_3$  bekerja dapat dikerjakan  $\sigma_1$  tanpa menunggu tanah terkonsolidasi. Dari pengujian ini diperoleh nilai sudut gesek dalam ( $\phi$ ) dan nilai kohesi ( $c$ ).

Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perhitungan adalah:

$$A_0 = 0,25 \cdot \pi \cdot d \cdot L_0 \quad (3.20)$$

$$x = 0,163 \cdot Pr \quad (3.21)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3.22)$$

$$x = \frac{A_0}{(1 - \varepsilon)} \quad (3.23)$$

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A} \quad (3.24)$$

$$\sigma_1 = \frac{P}{A} + \sigma_3 \quad (3.25)$$

dengan :

$A_0$  = luas mula-mula benda uji ( $\text{cm}^2$ )

$A$  = luas benda teruji ( $\text{cm}^2$ )

$d$  = diameter benda uji (cm)

$L_0$  = tinggi mula-mula benda uji (cm)

$P$  = beban aksial (kg)

$Pr$  = *dial proving ring*

$\varepsilon$  = regangan

$\Delta L$  = deformasi vertikal (cm)

$\sigma_1 - \sigma_2$  = tegangan deviator ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$\sigma_1$  = tegangan utama mayor ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$\sigma_3$  = tegangan utama minor ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$(\sigma_1 - \sigma_2)/2$  = absis

$(\sigma_1 + \sigma_2)/2$  = ordinat

### 3.5 Daya Dukung Tanah Untuk Pondasi Dangkal

Daya dukung ultimit ( $\sigma_{ult}$ ) pondasi didefinisikan sebagai tekanan terkecil yang dapat menyebabkan keruntuhan geser pada tanah pendukung tepat di bawah dan di sekeliling pondasi. Suatu pondasi dapat dikatakan aman bila memenuhi kedua syarat sebagai berikut :

1. Penurunan (*settlement*) tanah yang disebabkan oleh beban masih dalam batas yang diperbolehkan,
2. Keruntuhan geser dari tanah pada pondasi tidak terjadi.

Banyak metode yang digunakan untuk menentukan daya dukung tanah dalam menerima beban yang bekerja. Salah satu metode adalah dengan mekanika tanah klasik yaitu formula Terzaghi (persamaan 3.26). Untuk menentukan daya dukung

tanah dengan formula Terzaghi perlu diketahui parameter geser tanah, yaitu sudut gesek dalam ( $\phi$ ), kohesi tanah ( $c$ ), dan berat volume tanah ( $\gamma$ ).

$$\sigma_{ult} = \alpha \cdot c \cdot N_c + \gamma_1 D_f N_q + \beta \cdot \gamma_2 B \cdot N_\gamma \quad (3.26)$$

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{FS} \cdot \sigma_{ult} \quad (3.27)$$

dengan :

$\sigma_{ult}$  = kuat dukung tanah ultimit

$\bar{\sigma}$  = kuat dukung tanah ijin

FS = angka aman, mempunyai nilai 3 untuk beban normal dan nilai 2 untuk beban sementara.

$\alpha$  dan  $\beta$  = koefisien tergantung bentuk pondasi, berdasar tabel 3.3.

$D_f$  = kedalaman pondasi

$B$  = lebar terkecil pondasi

$\gamma_1$  = berat volume tanah di samping/di atas pondasi

$\gamma_2$  = berat volume tanah di bawah pondasi

$c$  = kohesi

$N_q, N_c, N_\gamma$  = faktor daya dukung yang tergantung dari sudut geser tanah tersebut berdasar tabel 3.4, gambar 3.6, dan gambar 3.7.

Tabel 3.3 Nilai-nilai Faktor Daya Dukung Tanah Terzaghi  
Sumber : HC. Hardiyatmo, 1994

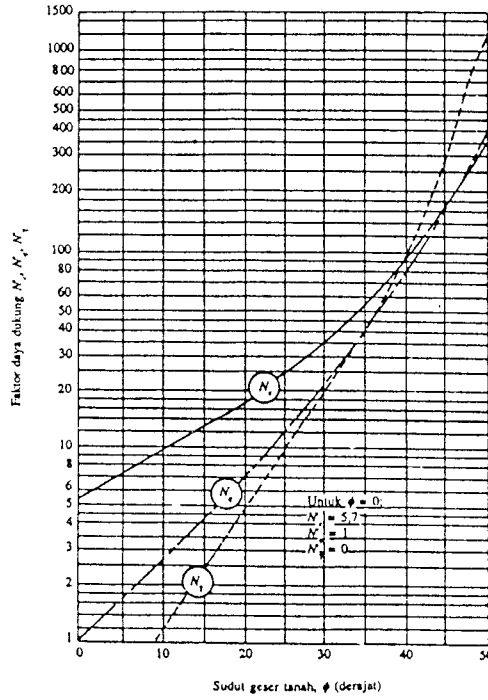
$\phi^\circ$	Keruntuhan Geser Menyeluruh			Keruntuhan Geser Lokal		
	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_c'$	$N_q'$	$N_\gamma'$
0	5,7	1	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,7	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

Tabel 3.4 Koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$

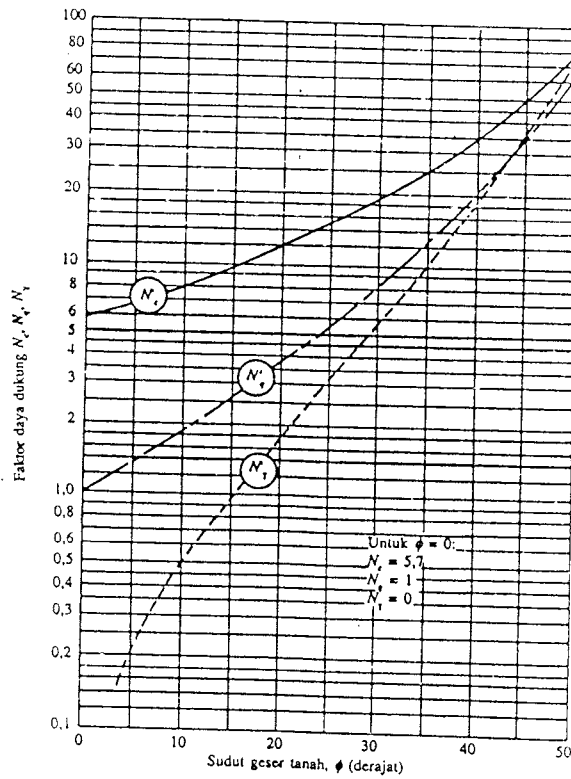
Sumber : KB. Suryolelono, 1992

Bentuk Pondasi	$\alpha$	$\beta$
Menerus	1,0	0,5
Segi empat	1,3	0,4
lingkaran	1,3	0,3 dengan B=diameter





Gambar 3.5 Faktor-faktor Daya Dukung Pada Keruntuhan Geser Menyeluruh (General Shear Failure)  
 Sumber : Braja M. Das, 1994



Gambar 3.6 Faktor-faktor Daya Dukung Pada Keruntuhan Geser Lokal (Local Shear Failure)  
 Sumber : Braja M. Das, 1994

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Bahan Penelitian**

##### 1. Tanah

Dalam penelitian ini sampel tanah yang digunakan adalah tanah lempung yang berasal dari daerah Kaliwiro, Wonosobo, Jawa Tengah. Sampel tanah yang diambil meliputi tanah terganggu (*disturbed soil*) dan tanah tidak terganggu (*undisturbed soil*),

##### 2. Limbah Gypsum

Limbah gypsum yang digunakan adalah limbah yang dihasilkan pabrik/*home industry* list, papan berserat, dan hiasan interior berbahan dasar gypsum. Limbah gypsum diperoleh dari *Emerald Gypsum* Jl. Monumen Jogja Kembali No. 42 Yogyakarta,

##### 3. Air

Air yang dipakai adalah air baku pada Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, FTSP Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

#### **4.2 Spesifikasi Pengujian**

Spesifikasi pengujian dan peralatan yang dipakai dalam penelitian ini mengacu pada standar dari *American Society of Testing Materials (ASTM)*.

1. Pengujian Distribusi Ukuran Butiran (*Grain Size Analysis*) mengacu pada standar ASTM D-423-72.
2. Pengujian Kadar Air (*Water Content, w*) mengacu pada standar ASTM D-2216-71.
3. Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity, G<sub>s</sub>*) mengacu pada standar ASTM D-854-58.
4. Pengujian Batas-batas Konsistensi (*Atterberg Limits*) :
  - Pengujian batas cair mengacu pada standar ASTM D-423-66,
  - Pengujian batas plastis mengacu pada standar ASTM D-424-74,
  - Pengujian batas susut mengacu pada standar ASTM D-427-74.

5. Pengujian pemadatan tanah menggunakan pemadatan proktor standar (*Standard Proctor Test*) dengan mengacu pada standar ASTM D-698-74.
6. Pengujian Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test, UCT*) mengacu pada standar ASTM D-2166-85,
7. Pengujian Triaksial tipe UU (*Triaxial Test Type UU*) mengacu pada standar ASTM D-2850.

### 4.3 Prosedur Pencampuran Tanah Rekayasa

Tanah rekayasa yang dimaksud adalah sampel tanah lempung Kaliwiro yang dicampur dan diaduk hingga rata dengan limbah gipsum, dengan prosentase kadar limbah gipsum sebagai berikut :

1. Sampel A dengan kadar campuran limbah gipsum sebesar 0%,
2. Sampel B dengan kadar campuran limbah gipsum sebesar 3%,
3. Sampel C dengan kadar campuran limbah gipsum sebesar 6%,
4. Sampel D dengan kadar campuran limbah gipsum sebesar 9%,
5. Sampel E dengan kadar campuran limbah gipsum sebesar 12%,
6. Sampel F dengan kadar campuran limbah gipsum sebesar 15%.

Tanah asli *remolded* atau tanah asli terganggu (*disturbed*) merupakan tanah rekayasa dengan kadar campuran limbah gipsum sebesar 0% yang mempunyai kadar air optimum ( $W_{opt}$ ) dan berat volume kering maksimum ( $\gamma_{k\ max}$ ) sesuai dengan kondisi pada saat pemadatan proktor standar.

Cara pembuatan sampel tanah rekayasa berdasarkan prosentase yang telah ditentukan dengan acuan formula di bawah ini.

$$W_{lg\ yp} = W_k \times \left( \frac{N}{100} \right) \quad (4.1)$$

dengan:

$W_{lg\ yp}$  = berat limbah gipsum (gram)

$W_k$  = berat tanah kering (gram)

$N$  = Prosentase campuran limbah gipsum (%)



Berikut ini merupakan rincian sampel tanah yang digunakan pada masing-masing pengujian.

### 1. Pengujian Proktor Standar

Sampel diambil dari tanah rekayasa sebanyak 30 buah masing-masing beratnya 2 kg. Pematatan standar dilakukan pada masing-masing variasi campuran limbah gipsum dengan sampel 5 buah yang mempunyai kadar air berbeda-beda dengan selisih berkisar antara 5% hingga 7,5% (tabel 4.1)

Tabel 4.1 Campuran untuk pengujian Proktor Standar

Tanah Rekayasa	Penambahan air (ml) pada benda uji ke-				
	1	2	3	4	5
0% (Tanah Asli)	100 ml	200 ml	300 ml	400 ml	500 ml
3%	100 ml	200 ml	300 ml	400 ml	500 ml
6%	200 ml	350 ml	450 ml	550 ml	650 ml
9%	250 ml	350 ml	450 ml	550 ml	650 ml
12%	200 ml	300 ml	400 ml	500 ml	600 ml
15%	250 ml	350 ml	450 ml	550 ml	650 ml

### 2. Pengujian Tekan Bebas

Pengujian tekan bebas tanpa pemeraman dilakukan pada sampel tanah asli tak terganggu (*undisturbed*) dan tanah rekayasa sebanyak 2 buah pada setiap variasinya. Pengujian tekan bebas pada tanah rekayasa dimaksudkan untuk mendapatkan kadar limbah gipsum yang optimum. Pada pengujian dengan pemeraman (*curing time*) sampel yang digunakan hanya sampel tanah rekayasa yang memiliki karakteristik campuran optimum pada pengujian tanpa pemeraman sebanyak 2 buah (tabel 4.2)

Tabel 4.2 Campuran untuk pengujian kuat tekan bebas

Waktu pemeraman	Prosentase Kadar limbah gipsum					
	0%	3%	6%	9%	12%	15%
0 hari	-	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah
3 hari	campuran optimum (2 buah)					
7 hari	campuran optimum (2 buah)					
14 hari	campuran optimum (2 buah)					
21 hari	campuran optimum (2 buah)					

### 3. Pengujian Triaksial tipe UU.

Pengujian ini dilakukan dengan pemeraman (*curing time*) sampel yang memiliki karakteristik campuran optimum pada pengujian tekan bebas tanpa pemeraman sebanyak 3 buah (tabel 4.3)

Tabel 4.3 Campuran untuk pengujian Triaksial tipe UU

Waktu pemeraman	Prosentase Kadar limbah gipsum					
	0%	3%	6%	9%	12%	15%
0	campuran optimum (3 buah)					
3	campuran optimum (3 buah)					
7	campuran optimum (3 buah)					
14	campuran optimum (3 buah)					
21	campuran optimum (3 buah)					

#### 4.4 Prosedur Pengujian di Laboratorium

Pengujian di laboratorium meliputi beberapa jenis pengujian yang dilakukan dengan tahapan sebagai berikut (Ibnu Sudarmadji, dkk, 1997):

##### 1. Pengujian Distribusi Ukuran Butiran (*Grain Size Analysis*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui gradasi dari sampel tanah sehingga dapat digunakan untuk menentukan jenis dan klasifikasi tanah tersebut. Pengujian ini terdiri dari dua macam, yaitu:

a. Pengujian hidrometer untuk mengetahui prosentase butiran tanah yang lolos saringan no. 200. Pengujian hidrometer dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

- membuat larutan standar dengan cara melarutkan 300 cc air destilasi ke dalam *reagen (water glass)* sebanyak 2 gram. Larutan ini kemudian dibagi dua bagian. Larutan yang pertama dimasukkan dalam tabung kapasitas 1000 cc (tabung A) sedangkan yang lainnya tetap berada dalam gelas ukur semula (tabung B),
- membuat suspensi (campuran sampel tanah dengan larutan standar) dengan cara memasukkan sebanyak 50-60 gram kering oven ke dalam tabung B dan direndam 30 menit kemudian di *mixer* selama 10 menit. Suspensi tersebut dimasukkan ke dalam tabung pengendapan dan dikocok 60 kali (tabung C),
- pembacaan hidrometer dilakukan setelah suspensi dikocok dengan cara tabung C diletakan di meja dan saat itu dihitung sebagai  $T_0$ . Kira-kira 20-25 detik sebelum pembacaan suspensi, ambil hidrometer dari tabung A dan dicelupkan secara hati-hati di tabung C dengan pelan-pelan sampai kedalaman taksiran yang akan terbaca. Kemudian lepaskan (jangan sampai timbul goncangan) dan dibaca skala yang ditunjuk oleh puncak miniskus muka air ( $R_1$ ). Setelah itu pindahkan secara pelan-pelan ke dalam tabung A dan dibaca skala hidrometer ( $R_2$ ). Bila pembacaan hidrometer selesai lalu ukur suhu suspensi dengan dengan termometer,
- pembacaan dilakukan pada setiap menit (T) ke 2, 5, 30, 60, 250, dan 1440 menit dari  $T_0$ . Setelah pembacaan terakhir (menit ke 1440), tuangkan suspensi pada tabung C di atas saringan no. 200. Kemudian

cucilah sampel tanah yang tertahan di atas saringan ini dengan bantuan kuas sampai air yang keluar dari ayakan benar-benar bersih. Hasil pencucian ini digunakan sebagai sampel pada analisa saringan setelah dijemur hingga kering.

- b. Pengujian analisa saringan untuk mengetahui prosentase butiran tanah yang tertahan pada saringan no. 200, dengan prosedur sebagai berikut:
  - dari pengujian analisis hidrometer didapatkan butiran tanah yang tertinggal pada saringan no. 200 yang sudah dikeringkan,
  - butiran tanah yang tertahan pada saringan no. 200 disaring dengan satu set saringan yang disusun dengan urutan dari atas mulai no. 10, 20, 40, 60, 140, 200, dan pan. Letakkan susunan saringan tersebut pada mesin penggetar dan digetarkan selama 3-5 menit,
  - timbang butir-butir tanah yang tertahan pada masing-masing saringan ( $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $d_4$ ,  $d_5$ , dan  $d_6$ ). Masukkan nilai-nilai tersebut dalam tabel analisis saringan.

## 2. Pengujian Kadar Air (*Water Content Analysis*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam tanah, dengan prosedur sebagai berikut :

- setelah cawan timbang dibersihkan dengan kain kemudian ditimbang beserta tutupnya ( $W_1$  gram). Masukkan contoh tanah ke dalam cawan timbang dan ditimbang beserta tutupnya ( $W_2$  gram),
- dalam keadaan terbuka, cawan timbang dimasukkan ke dalam oven. Atur suhu oven konstan antara  $105^{\circ}$ - $110^{\circ}$  C selama 16-24 jam. Perhatikan agar tutup cawan timbang tidak tertukar,
- kemudian tanah didinginkan dalam desikator dan setelah dingin ditimbang bersama tutupnya ( $W_3$  gram).

## 3. Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity Analysis*)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berat jenis tanah, dengan prosedur pengujian sebagai berikut:

- setelah dibersihkan bagian luar dan dalamnya, piknometer ditimbang beserta tutupnya ( $W_1$  gram). Masukkan sampel tanah ke dalam piknometer lalu ditimbang beserta tutupnya ( $W_2$  gram),

- masukkan air destilasi ke dalam piknometer sampai sepertiga dari isinya kemudian didiamkan sampai  $\pm 30$  menit. Keluarkan udara yang terperangkap di antara butir-butir tanah dengan cara merebus piknometer dengan hati-hati  $\pm 10$  menit dengan sesekali piknometer digoyang-goyangkan untuk membantu keluarnya gelembung udara. Setelah itu piknometer didinginkan sampai mencapai suhu ruangan sekitar  $\pm 20$  jam,
  - tambahkan air destilasi ke dalam piknometer sampai penuh dan ditutup. Setelah itu bagian luar piknometer dikeringkan dengan kain kering dan ditimbang ( $W_3$  gram). Air dalam piknometer diukur suhunya dengan termometer ( $t^\circ\text{C}$ ),
  - kosongkan piknometer kemudian isikan air destilasi bebas udara sampai penuh. Setelah itu ditutup bagian luarnya dan dikeringkan, lalu ditimbang ( $W_4$  gram). Hal ini dikerjakan segera setelah selesai mengukur suhu air dalam piknometer, agar suhu udara masih sama keadaannya.
4. Pengujian Batas-batas Konsistensi Tanah (*Atterberg Limits Analysis*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui batas cair (*liquid limit, LL*), batas plastis (*Plastic Limit, PL*), dan batas susut (*shrinkage limit, SL*). Prosedur dari pengujian batas-batas konsistensi adalah sebagai berikut :

a. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit, LL*)

- sampel tanah yang sudah disaring dengan saringan no. 40 dimasukkan dalam mangkok porselin. Tambahkan air ke dalam mangkok sedikit demi sedikit sambil diaduk sampai homogen. Pada adukan pertama ini tanah supaya agak encer,
- adukan tanah tadi dimasukkan ke mangkok *Cassagrande* kemudian ratakan dan hilangkan gelembung udara yang terperangkap dalam tanah dengan spatel. Permukaan sampel tanah harus rata dan horizontal dengan permukaan mangkok bagian depan dan bagian bawah. Apabila tanahnya kelebihan dapat diambil, atau sebaliknya bila kurang,
- dengan alat pembarut buatlah alur lurus pada garis tengah mangkuk searah dengan sumbu alat sehingga tanah terbelah dua dengan simetris,
- lakukan gerakan putar alat sehingga mangkuk terangkat setinggi 1 cm dan jatuh pada alasnya dengan kecepatan putar 2 putaran/detik.

Putaran dihentikan bila kedua bagian tanah sudah terlihat berhimpit sepanjang 12,7 mm ( $\frac{1}{2}$ " ). Catat jumlah ketukannya dengan interval ketukan antara 10 sampai 45 ketukan. Ambil sedikit sampel tanah dalam mangkuk *cassagrande* kemudian uji kadar airnya,

- ulangi semua pekerjaan di atas sehingga diperoleh 4 sampai 5 data hubungan antara kadar air dan jumlah ketukan. Untuk mendapatkan jumlah ketukan dan kadar air berbeda sampel tanah ditambah dengan air sedikit demi sedikit.

b. Pengujian Batas Plastis (*Plasticity Limit, PL*)

- buat boia tanah dengan diameter tanah sekitar 1 cm. Giling-giling tanah di atas plat kaca dengan telapak tangan berkecepatan giling 1,5 detik setiap gerakan maju mundur,
- setelah tercapai 3 mm dan tanah mulai kelihatan retak, sampel tanah tersebut menunjukkan dalam kondisi batas plastis,
- masukkan gilingan tanah tersebut ke dalam cawan timbang sebanyak  $\pm 10$  gram kemudian lakukan pengujian kadar air.

c. Pengujian Batas Susut (*Shrinkage Limit, SL*)

- tentukan volume ring (V) dengan cara cawan susut dibersihkan lalu ditimbang ( $W_1$  gram). Kemudian tuangkan air raksa ke dalam cawan susut, rata-ratakan permukaannya dengan plat kaca, dan ditimbang berat air raksanya ( $W_2$  gram),
- isikan tanah ke dalam cawan susut dengan cara mengoleskan oli ke dalam cawan susut sampai merata, kemudian masukkan adukan tanah yang sudah dipersiapkan tadi ke dalam cawan susut sedikit demi sedikit sambil diketok-ketokkan di lantai agar tidak ada udara yang terperangkap oleh tanah. Bersihkan sisi luar cawan yang terkena tanah kemudian timbang beratnya ( $W_3$  gram). Keringkan tanah tersebut dalam oven yang dihidupkan  $60^\circ\text{C}$  sampai beberapa jam, kemudian suhu dinaikan lagi sampai  $100^\circ\text{C}$  . Cawan dan tanah kering didinginkan lalu ditimbang ( $W_4$  gram),
- tentukan volume tanah kering dengan cara mengeluarkan tanah kering dari cawan susut dengan hati-hati agar tidak pecah. Tempatkan



mangkuk kaca dalam mangkuk porselin yang lebih besar. Tuangkan air raksa ke dalam mangkuk kaca sampai penuh, kemudian ratakan permukaan air raksa dengan plat kaca berpaku dengan posisi paku ikut dicelupkan ke dalam air raksa. Pindahkan mangkuk kaca tadi ke dalam mangkuk porselin kosong satunya lagi kemudian masukkan contoh tanah kering ke dalam mangkuk kaca lalu tekan dengan plat kaca berpaku sampai tenggelam. Angkat plat kaca dan pindahkan mangkuk kaca ke mangkuk porselin pertama. Tuangkan air raksa yang berada dalam mangkuk porselin kedua ke dalam gelas ukur lalu ditimbang. Volume tanah kering sama dengan berat air raksa yang tertumpah karena terdesak tanah dibagi dengan berat jenisnya.

#### 5. Pengujian Pematatan Proktor Standar (*Standard Proctor Test*)

Pengujian pematatan tanah dilakukan dengan metode Proktor Standar. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepadatan maksimum (*Maximum Dry Density, MDD*) dan kadar air yang optimum (*Optimum Moisture Content, OMC*). Tingkat kepadatan maksimum dapat dilihat dari berat volume kering yang terbesar pada tanah yang dipadatkan.

Prosedur pengujian ini adalah sebagai berikut ini:

- timbang cetakan dan keping alas dengan ketelitian 5 gram ( $W_1$  gram). Cetakan, leher, dan keping alas dipasang jadi satu dan ditempatkan pada landasan yang kokoh.
- ambil salah satu dari sampel yang sudah disiapkan, diaduk, dan dipadatkan dalam cetakan dengan cara tanah dipadatkan dalam tiga lapis, tiap lapis ditumbuk dengan 25 kali tumbukan (gambar 4.1.). Jumlah seluruh tanah harus tepat sehingga tinggi kelebihan tanah yang diratakan setelah leher dilepas tidak lebih dari 5 mm.
- setelah leher sambung dilepas, potong kelebihan tanah dari bagian keliling dengan pisau perata. Timbang cetakan yang berisi benda uji beserta keping alas dengan ketelitian 5 gram.
- benda uji dikeluarkan dengan alat ekstruder dan ambil sebagian kecil dari benda uji untuk pengujian kadar air. Lakukan pengujian yang sama untuk sampel tanah lainnya.

#### 6. Pengujian Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test, UCT*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan besarnya sudut gesek dalam ( $\phi$ ) dan kohesi tanah ( $c$ ). Kuat tekan bebas tanah adalah besarnya tekanan aksial ( $\text{kg/cm}^2$ ) yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan pemendekan tanah hingga 20% apabila tanah belum juga pecah.

Prosedur pengujian tekan bebas adalah sebagai berikut :

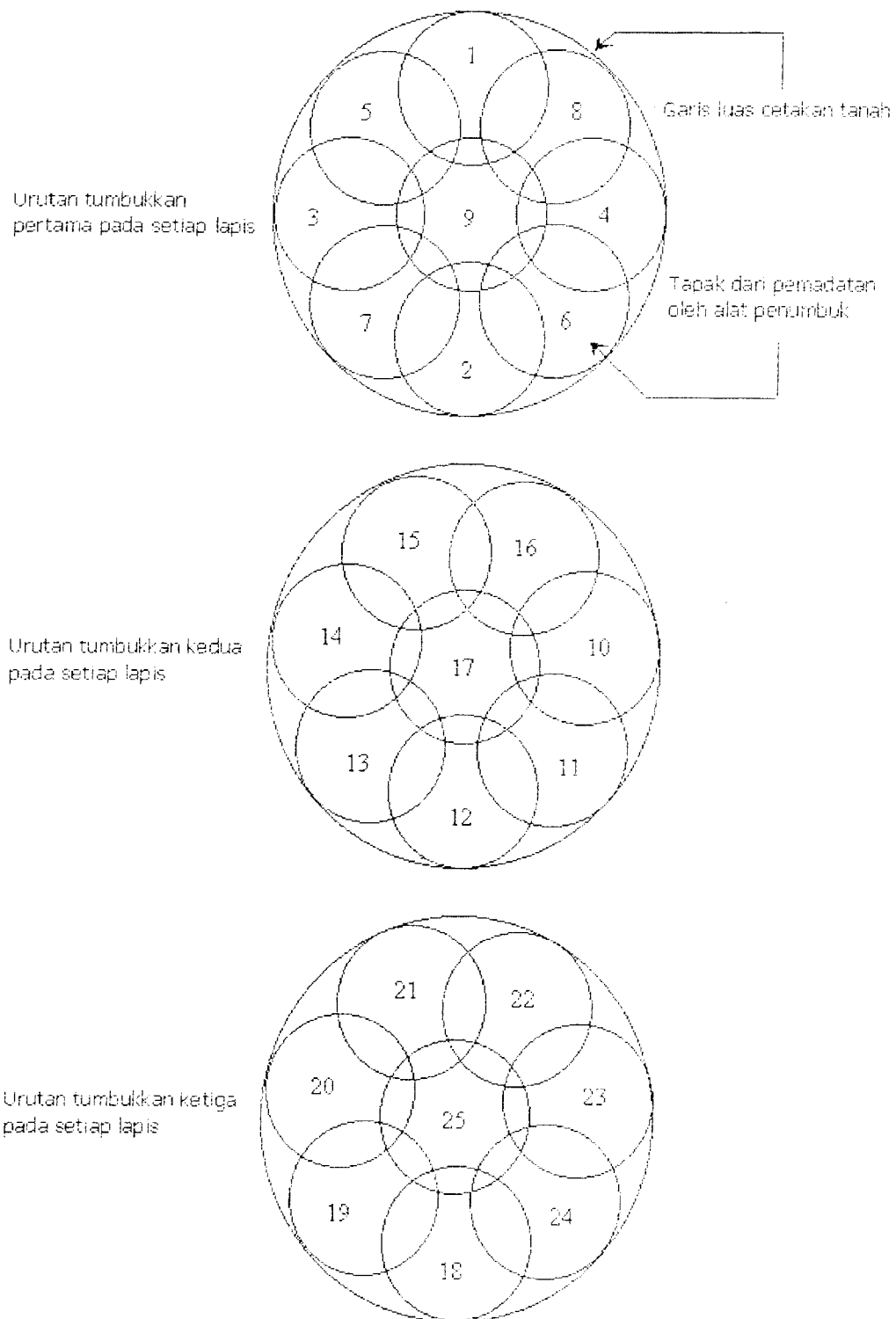
- ukur dengan teliti diameter dan tinggi benda uji. Timbang benda uji untuk menghitung berat volumenya,
- tempatkan sampel tanah di atas mesin penekan secara vertikal dan sentris pada plat dasar alat tekan. Atur alat tekan sehingga menunjukkan nol. Demikian pula pada dial pengukur regangannya,
- lakukan penekanan dengan mengatur kecepatan pembebanan dengan kecepatan 1% tiap menit atau 1,4 mm/menit. Pembacaan dilakukan pada interval waktu 30 detik,
- pembebanan dihentikan apabila dial penunjuk beban sudah mengalami penurunan dua kali, atau regangan sudah mencapai 20% dari tinggi semula,
- ambil sampel tanah tadi kemudian diukur sudut pecahnya dengan pengukur sudut ( $\alpha$ ).

#### 7. Pengujian Triaksial Tipe UU (*Triaxial Type UU Test*)

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kohesi ( $c_u$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi_u$ ) dari suatu contoh tanah. Pengujian Triaksial yang digunakan adalah tipe *Undrained Unconsolidation* dengan prosedur sebagai berikut:

- sampel berbentuk silinder diukur tinggi, diameter, dan beratnya,
- letakkan batu pori yang telah dibersihkan di atas plat dasar alat uji, kemudian letakkan sampel tanah di atas batu pori dalam alat uji triaksial,
- bungkus sampel tanah dengan membran agar air tidak masuk. Pasang kertas saring dan batu pori di atas sampel tanah, ikat dengan karet,
- pasang tabung sel triaksial dan keraskan baut pengencangnya. Isi ruang sel triaksial dengan air, dengan cara memutar regulator pengatur tekanan sel sehingga tekanan menunjukkan  $0,2 \text{ kg/cm}^2$ . Kemudian buka kran yang

### TAHAP URUTAN DARI PUKULAN ALAT PENUMBUK



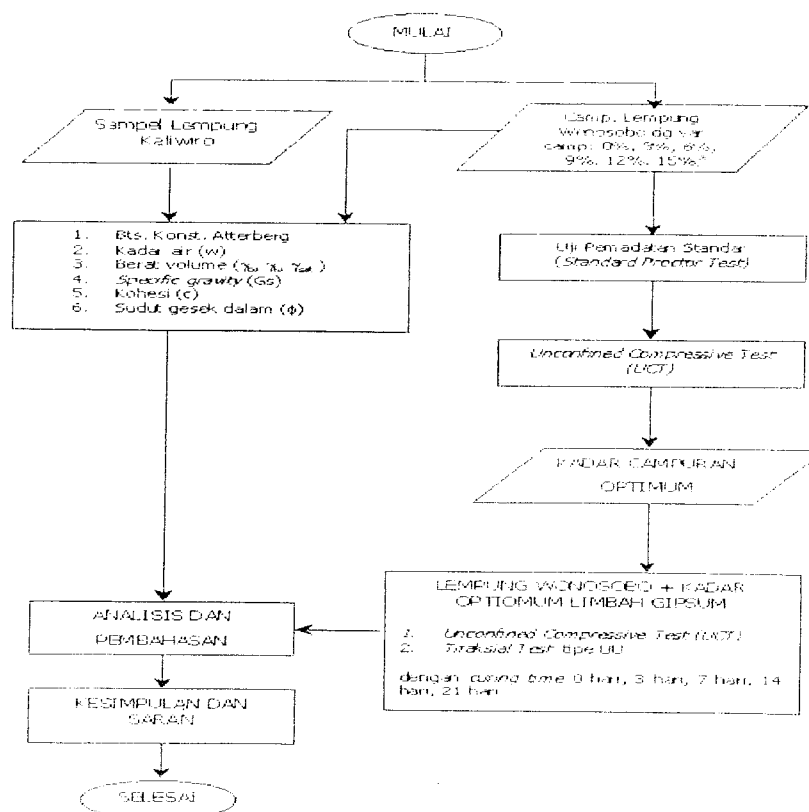
Gambar 4.1 Cara penumbukan Pengujian Pemadatan Tanah  
Sumber : I. Sudarmadji, dkk, 1997

menghubungkan tanki air dengan sel triaksial tersebut. Berikan tekanan sel ( $\sigma_3$ ) sesuai dengan harga yang diinginkan,

- jalankan/atur piston beban dengan pemutar tangan sehingga hampir menyentuh benda uji dengan kecepatan 0,5-1,0 persen/menit. Baca dan catat arloji cincin beban yang akan mengukur gaya akibat tekanan ke atas oleh air sel dalam piston pada setiap kelipatan 60 detik sampai sampel tanah mendekati pecah. Selama pembacaan selalu diamati manometer tekanan sel dan aturlah agar tekanan selalu dalam keadaan konstan,
- setelah pembebanan selesai hentikan mesin pembebanan. Keluarkan air dalam sel untuk mengambil benda uji. Catat dan gambar sket bentuk pecahnya tanah,
- timbang dan catat berat benda uji. Kerjakan benda uji kedua dan ketiga sesuai prosedur yang sama dengan menaikkan harga tekanan selnya.

#### 4.5 Flow Chart Penelitian

Prosedur penelitian yang telah dijelaskan mengikuti gambar 4.2.



Gambar 4.2 Flow Chart Penelitian

## BAB V

### HASIL PENELITIAN

Pada bab ini akan disajikan hasil penelitian laboratorium terhadap tanah lempung asli dan tanah lempung yang telah distabilisasi dengan limbah gipsum. Penelitian laboratorium meliputi penelitian sifat mekanik yang dilakukan pada tanah asli, tanah rekayasa, dan tanah rekayasa dengan kadar limbah optimum. Penelitian pada tanah rekayasa dengan kadar limbah optimum dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh waktu perawatan (*curing time*) tanah rekayasa terhadap peningkatan sifat mekanik.

#### 5.1 Pengujian Sifat Tanah Asli

Pengujian sifat tanah asli di laboratorium meliputi pengujian analisa butiran, berat jenis, berat volume, kadar air, batas-batas konsistensi *Atterberg* (batas cair, batas plastis, batas susut, dan indeks plastisitas), pengujian tekan bebas, dan pengujian triaksial tipe *UU*. Pengujian pada tanah asli dilakukan pada tanah asli tak terganggu (*undisturbed soil*) dan tanah asli terganggu (*disturbed soil*). Hasil pengujian sifat tanah asli dirangkum pada tabel 5.1.

Tabel 5.1. Sifat Tanah Asli Lempung Kaliwiro

Sifat-sifat Tanah		Nilai	
Kadar Air (%)		3,910	
Berat Jenis ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )		2,802	
Berat Volume ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )		1,71787	
Lolos saringan no. 200 (%)		98,21	
Batas Cair (%)		52,07	
Batas Plastis (%)		26,62	
Batas Susut (%)		22,88	
Indeks Plastisitas (%)		25,45	
<i>Undisturbed</i>	Sudut Gesek Dalam, $\phi$ ( $^\circ$ )	<i>Unconfined Compression Test</i>	13,50
		<i>Triaxial Test type UU</i>	10,19418
	Kohesi, $c$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	<i>Unconfined Compression Test</i>	0,2705
		<i>Triaxial Test type UU</i>	0,908156
Kuat Tekan, $q_u$ ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )		0,684875	
<i>Disturbed *</i>	Sudut Gesek Dalam, $\phi$ ( $^\circ$ )	<i>Unconfined Compression Test</i>	8,50
		<i>Triaxial Test type UU</i>	8,39278
	Kohesi, $c$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	<i>Unconfined Compression Test</i>	0,7055
		<i>Triaxial Test type UU</i>	0,918040
Kuat Tekan, $q_u$ ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )		1,636530	

\* Tanah *disturbed* adalah tanah asli *remolded* dengan kadar limbah gipsum 0%.

Analisa butiran tanah asli dilakukan dengan analisa saringan dan analisa hidrometer. Hasil dari analisa butiran diperlihatkan dalam tabel 5.2 dan gambar 5.1.

Tabel 5.2 Distribusi Butiran pada Analisa Saringan dan Analisa Hidrometer

<b>ANALISA SARINGAN</b>					
<b>SAMPEL TA-1</b>			<b>SAMPEL TA-2</b>		
<b>No. Saringan</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>% lolos</b>	<b>No. Saringan</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>% lolos</b>
4	4,750	100,00	4	4,750	100,00
10	2,000	100,00	10	2,000	100,00
20	0,850	99,52	20	0,850	99,87
40	0,425	99,35	40	0,425	99,67
60	0,250	99,05	60	0,250	99,28
140	0,106	98,07	140	0,106	99,13
200	0,075	97,60	200	0,075	98,82
<b>ANALISA HIDROMETER</b>					
<b>SAMPEL A</b>			<b>SAMPEL B</b>		
<b>Pemb. Hidrometer</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>% lebih kecil</b>	<b>Pemb. Hidrometer</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>% lebih kecil</b>
57,30	0,02196935	92,46	57,30	0,02196935	92,46
56,30	0,01404981	90,85	54,30	0,01435513	87,62
50,30	0,00610212	81,16	51,30	0,00604261	82,78
43,30	0,00459863	69,87	45,30	0,00451937	73,10
31,30	0,00247307	50,51	32,30	0,00245548	52,12
18,30	0,00112141	29,53	18,30	0,00112141	29,53

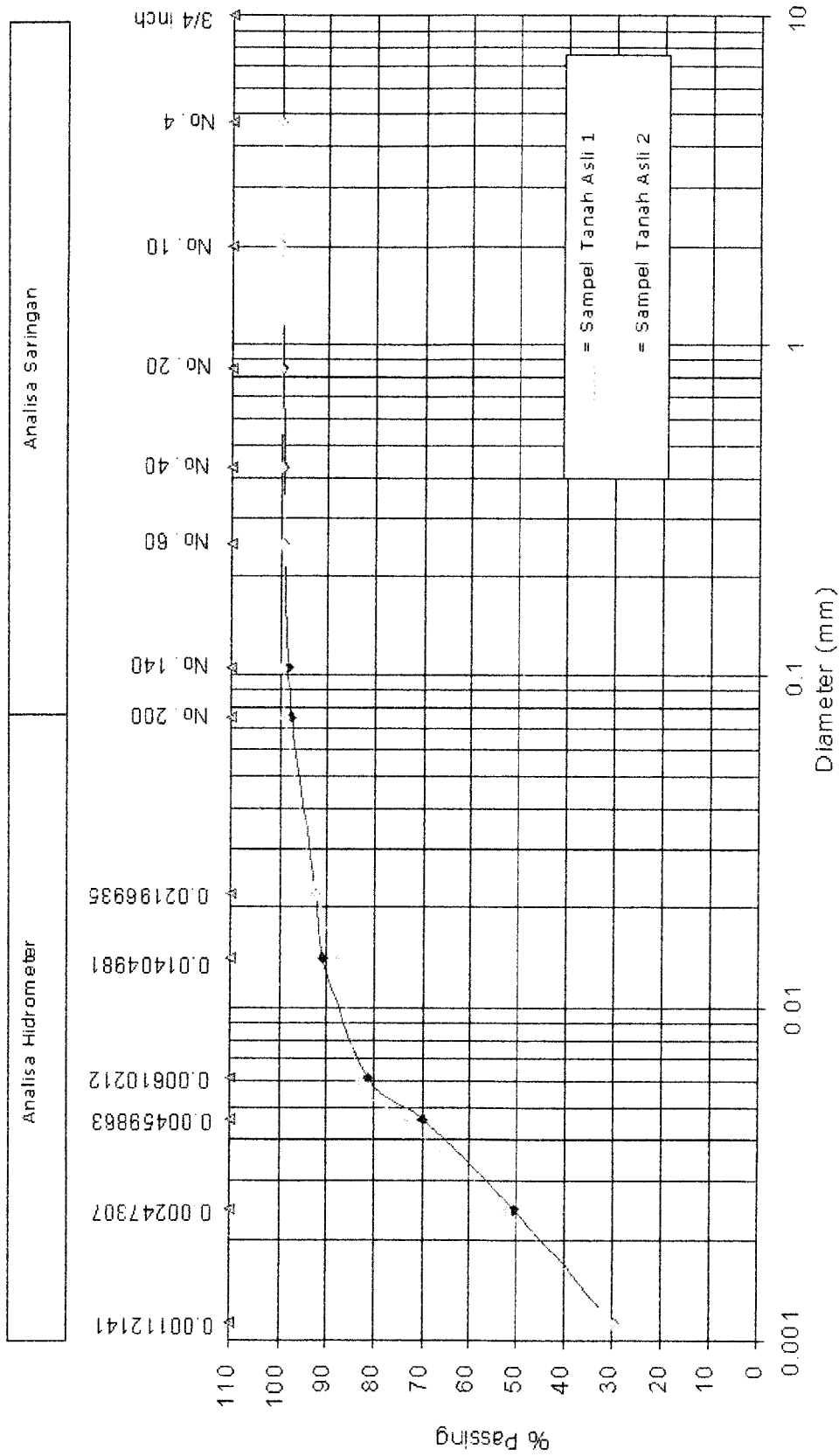
## 5.2 Pengujian Pemadatan Tanah

Pengujian pemadatan proktor standar (*Standard Proctor Test*) dilakukan pada tanah asli terganggu (*disturbed*) dan tanah rekayasa (tanah + % limbah gipsum). Pemadatan proktor standar dilakukan pada 5 (lima) variasi kadar air dengan selisih masing-masing variasi berkisar antara 5% hingga 7,5%. Hasil pengujian pemadatan proktor standar diperlihatkan pada tabel 5.3 dan gambar 5.2.

Kadar air optimum pada masing-masing kadar campuran yang diperoleh dari pengujian ini nantinya akan dipergunakan untuk pembuatan sampel pada pengujian tekan bebas (*Unconfined Compression Test*).

## 5.3 Pengujian Sifat Tanah Rekayasa

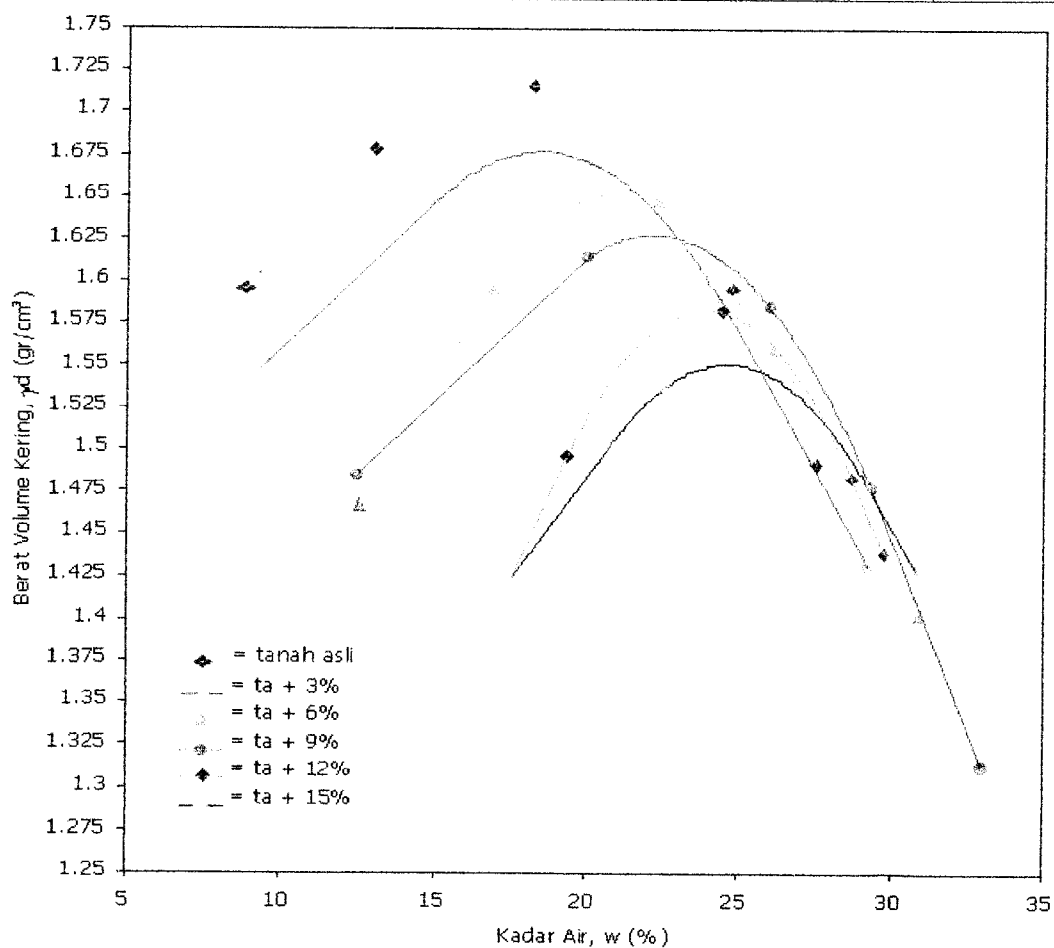
Pengujian sifat tanah rekayasa di laboratorium meliputi pengujian berat jenis, batas-batas konsistensi *Atterberg* (batas cair, batas plastis, batas susut, dan indeks plastisitas), pengujian tekan bebas, dan pengujian triaksial tipe *UU*.



Gambar 5.1 Grafik Distribusi Ukuran pada Analisa Saringan dan Analisa Hidrometer  
 Sumber : Hasil Penelitian Tugas Akhir pada Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII, 2002

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Pemadatan Proktor Standar (*Standard Proctor Test*)

Material		1	2	3	4	5	OMC (%)	MDD (gr/cm <sup>3</sup> )
TA	Penambahan air (ml)	100	200	300	400	500	17,33	1,71787
	Br. Vol. kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1,595	1,678	1,716	1,596	1,492		
	Kadar air (%)	8,73	13,05	18,23	24,78	27,51		
3%	Penambahan air (ml)	100	200	300	400	500	18,47	1,67628
	Br. Vol. kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1,549	1,647	1,669	1,587	1,430		
	Kadar air (%)	9,43	15,05	20,19	24,42	29,28		
6%	Penambahan air (ml)	200	350	450	550	650	21,00	1,65281
	Br. Vol. kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1,467	1,595	1,647	1,560	1,403		
	Kadar air (%)	12,54	16,92	22,27	26,18	30,94		
9%	Penambahan air (ml)	250	350	450	550	650	22,14	1,62812
	Br. Vol. kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1,485	1,614	1,585	1,478	1,313		
	Kadar air (%)	12,45	19,97	25,98	29,34	33,02		
12%	Penambahan air (ml)	200	300	400	500	600	23,88	1,58345
	Br. Vol. kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1,424	1,496	1,582	1,484	1,439		
	Kadar air (%)	17,56	19,37	24,43	28,69	29,77		
15%	Penambahan air (ml)	250	350	450	550	650	24,57	1,55069
	Br. Vol. kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1,424	1,502	1,537	1,477	1,426		
	Kadar air (%)	17,59	20,75	22,55	29,29	30,90		



Gambar 5.2 Grafik Pemadatan Proktor Standar



Pengujian berat jenis selain dilakukan pada tanah asli juga dilakukan pada tanah rekayasa dan limbah gipsum. Hasil dari pengujian ini terangkum pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Berat Jenis Tanah Asli, Limbah Gipsum, dan Tanah Rekayasa

Material	Berat Jenis
Tanah Asli	2,802
Limbah Gipsum	2,483
Tanah + 3% Limbah Gipsum	2,7892
Tanah + 6% Limbah Gipsum	2,7785
Tanah + 9% Limbah Gipsum	2,7679
Tanah + 12% Limbah Gipsum	2,7573
Tanah + 15% Limbah Gipsum	2,7468

Pengujian batas-batas konsistensi (*Atterberg Limits*) meliputi pengujian batas cair, batas plastis, dan batas susut. Pengujian ini dilakukan pada tanah asli dan tanah rekayasa, seperti tercantum pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Batas-batas *Atterberg* Pada Tanah Asli Dan Tanah Rekayasa

Rasio Limbah (%)	Batas Cair	Batas Plastis	Batas Susut	Indeks Plastisitas
0	52,07	26,62	22,88	25,45
3	48,17	28,44	23,05	19,73
6	46,53	29,14	24,25	17,39
9	44,94	29,77	24,82	15,17
12	42,47	30,99	25,37	11,48
15	40,03	32,25	27,57	7,77

Pengujian tekan bebas dan triaksial tipe *UU* dilakukan pada sampel tanah asli dan tanah rekayasa. Untuk menentukan kadar limbah optimum dilakukan pengujian tekan bebas pada sampel tanah rekayasa terpadatkan tanpa pemeraman (*curing time 0*). Setelah didapatkan kadar limbah optimum, pengujian tekan bebas dan triaksial tipe *UU* juga digunakan pada masa pemeraman (*curing time*) untuk mengetahui perubahan sifat tanah rekayasa terpadatkan pada kadar limbah optimum dalam masa perawatan. Pengujian pada masa perawatan dilakukan pada saat sampel tanah telah diperam selama 0 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 21 hari.

Hasil pengujian tekan bebas dan triaksial tipe *UU* tanah ini diperlihatkan pada tabel 5.6 sampai dengan tabel 5.12 dan grafik hubungannya diperlihatkan pada gambar 5.3 sampai dengan gambar 5.21.

Tabel 5.6 Kuat Tekan Tanah Asli Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas

Jenis Tanah	Kuat Tekan, $q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )		
	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
<i>Undisturbed</i>	0,81842	0,55133	0,68488
<i>Disturbed</i>	1,58997	1,68309	1,63653

Tabel 5.7 Kuat Tekan Tanah Rekayasa Tanpa Pemeraman (*Curing Time* 0) Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas

Jenis Tanah (Camp - %)	Kuat Tekan, $q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )		
	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
Asli (0%)	1,58997	1,68309	1,63653
3	1,73378	1,76842	1,75110
6	1,88441	2,15335	2,01888
9	2,40252	2,46633	2,43443
12	1,99059	1,79570	1,89315
15	1,64005	1,65947	1,64976

Tabel 5.8 Kuat Tekan Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Dengan Pemeraman (*Curing Time*) Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas

<i>Curing Time</i> (hari)	Kuat Tekan, $q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )		
	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
0	2,40252	2,46633	2,43443
3	2,68261	2,73229	2,70745
7	3,49667	3,44672	3,47170
14	4,17295	4,04615	4,10955
21	4,39582	4,34587	4,37085

Tabel 5.9 Parameter Geser Tanah Asli Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas

Jenis Tanah	Koehesi, $c$ (kg/cm <sup>2</sup> )			Sudut Gesek Dalam, $\phi$ (°)		
	1	2	Rerata	1	2	Rerata
<i>Undisturbed</i>	0,326	0,215	0,2705	13	14	13,5
<i>Disturbed</i>	0,679	0,732	0,7055	9	8	8,5

Tabel 5.10 Parameter Geser Tanah Rekayasa Tanpa Pemeraman (*Curing Time* 0) Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas

Jenis Tanah (Camp - %)	Koehesi, $c$ (kg/cm <sup>2</sup> )			Sudut Gesek Dalam, $\phi$ (°)		
	1	2	Rerata	1	2	Rerata
0	0,679	0,732	0,7055	9	8	8,5
3	0,727	0,735	0,731	10	10,5	10,25
6	0,747	0,864	0,8055	13,2	12,5	12,85
9	0,892	0,923	0,9075	16,8	16,4	16,6
12	0,713	0,64	0,6765	18,8	19	18,9
15	0,568	0,585	0,5765	20,6	19,6	20,1

Tabel 5.11 Parameter Geser Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Dengan Pemeraman Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas

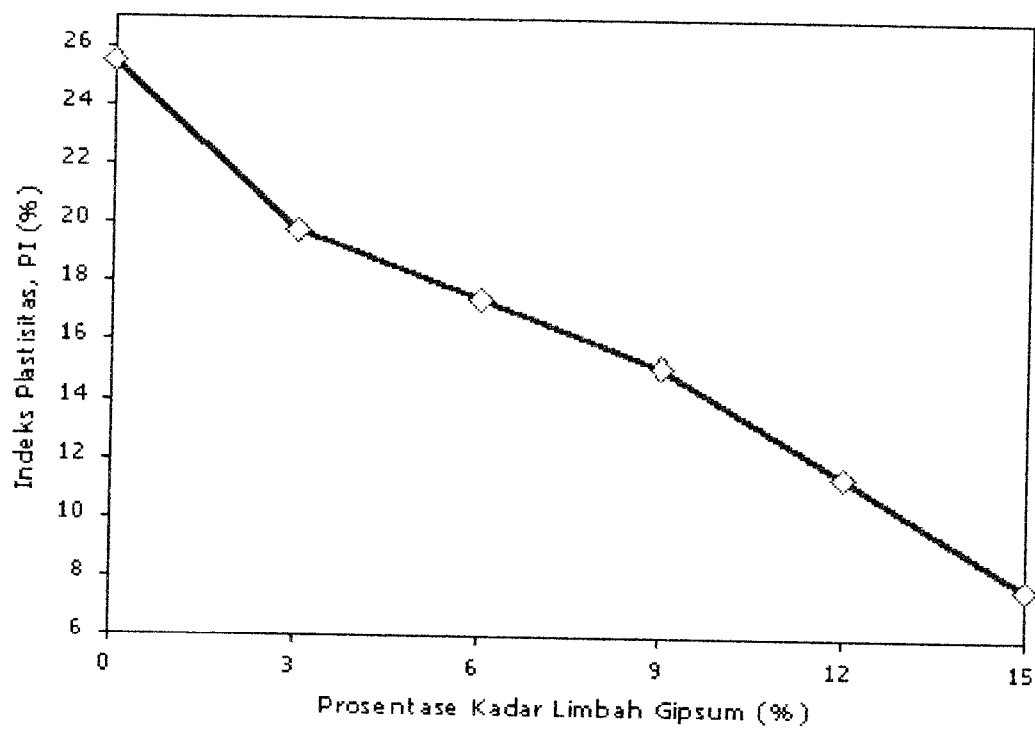
<b>Curing Time (hari)</b>	<b>Kohesi, <math>c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			<b>Sudut Gesek Dalam, <math>\phi</math> (°)</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>Rerata</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>Rerata</b>
0	0,892	0,923	0,9075	16,8	16,4	16,6
3	0,957	0,957	0,957	19	20	19,5
7	1,092	1,136	1,114	26	23,2	24,6
14	1,264	1,24	1,252	27,6	27	27,3
21	1,321	1,332	1,3265	28	27	27,5

Tabel 5.12 Parameter Geser Tanah Asli Berdasarkan Pengujian Triaksial Tipe UU

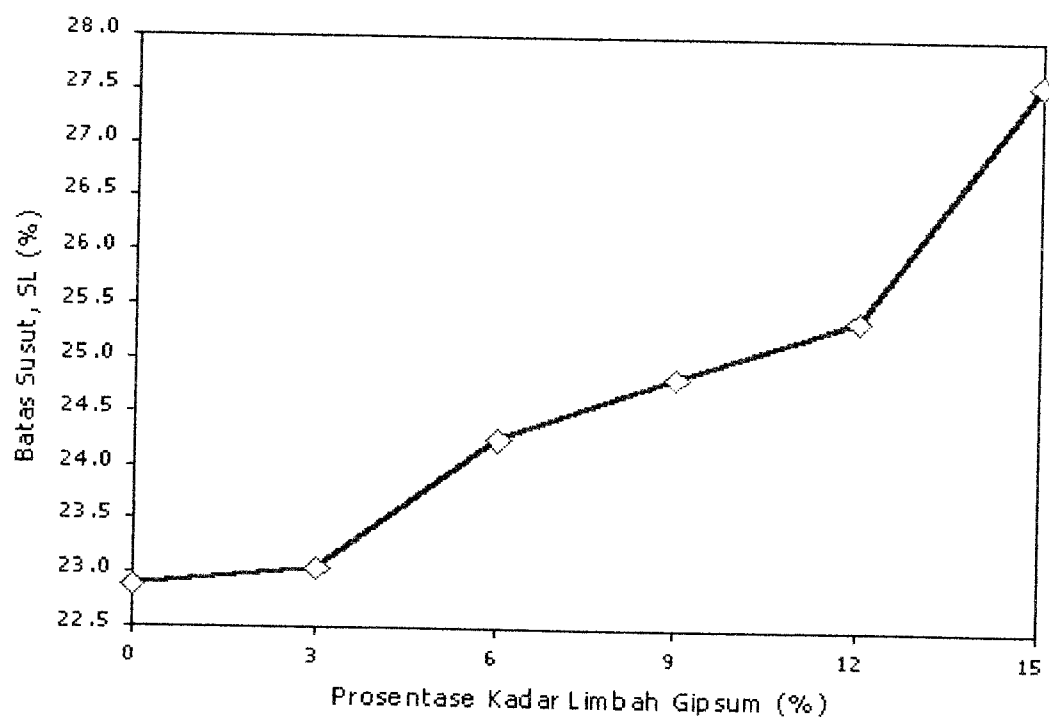
<b>Jenis Tanah</b>	<b><math>c</math> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>\phi</math> (°)</b>
<i>Undisturbed</i>	0,908156	10,19418
<i>Disturbed</i>	0,918040	8,39278

Tabel 5.13 Parameter Geser Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Dengan Pemeraman Berdasarkan Pengujian Triaksial Tipe UU

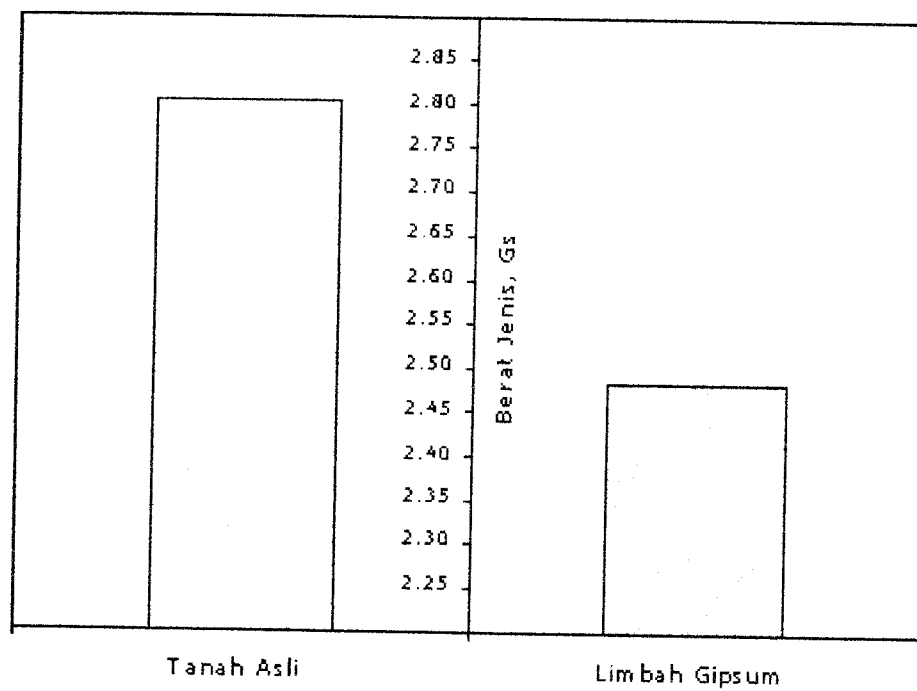
<b>Curing Time (hari)</b>	<b><math>c</math> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>\phi</math> (°)</b>
0	1,040320	12,18320
3	1,025090	14,23430
7	1,214866	19,41018
14	1,302963	21,33929
21	1,420534	24,34862



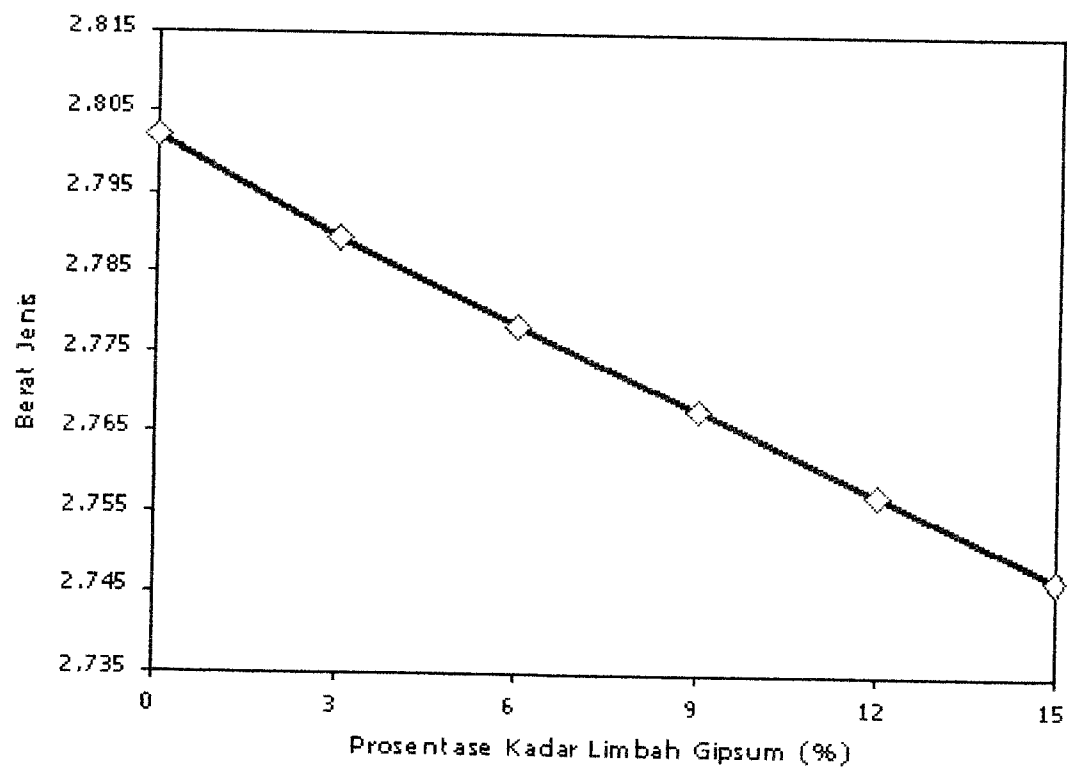
Gambar 5.3 Grafik Hubungan Indeks Plastisitas dan Kadar Limbah Gypsum Pada Tanah Rekayasa



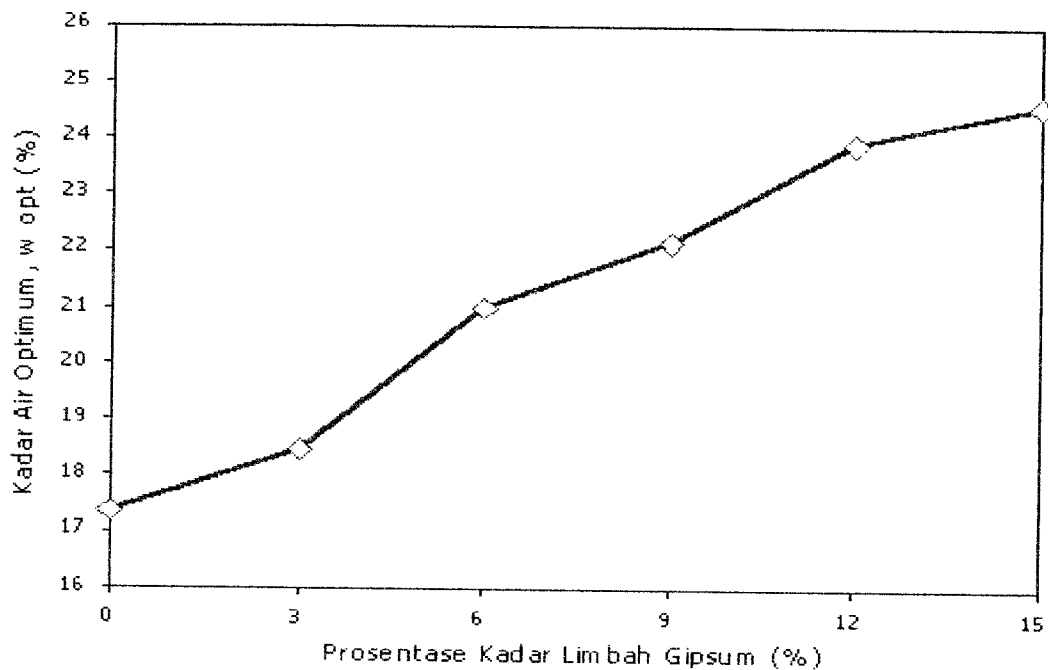
Gambar 5.4 Grafik Hubungan Batas Susut dan Kadar Limbah Gypsum Pada Tanah Rekayasa



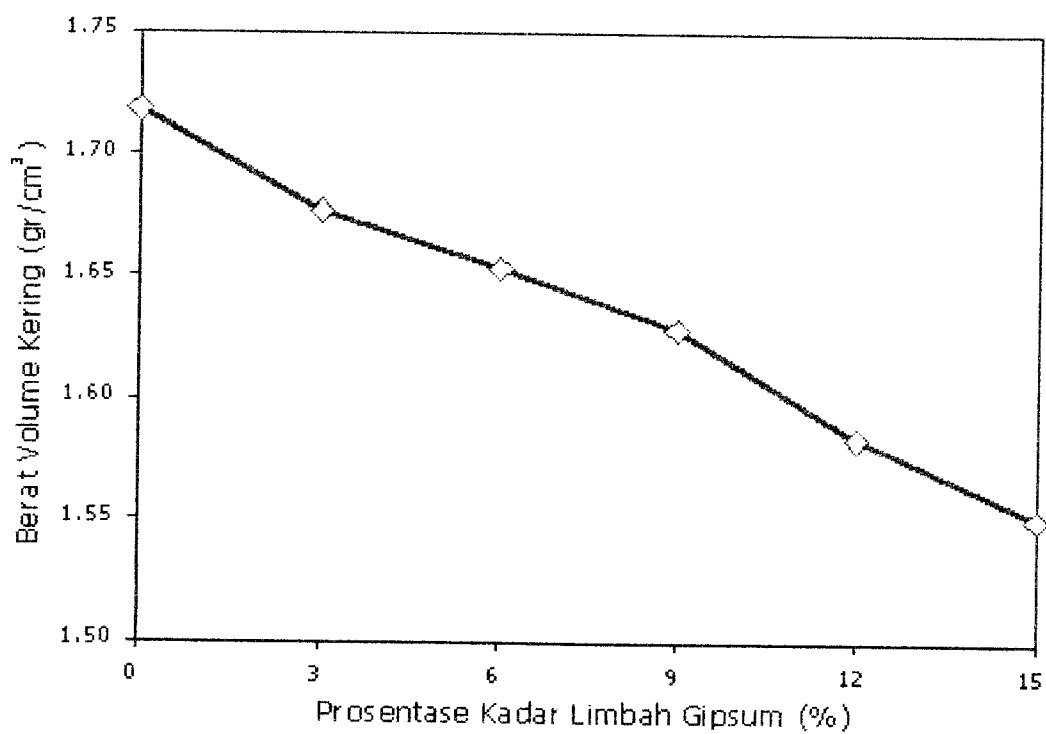
Gambar 5.5 Diagram Berat Jenis Tanah Asli dengan Limbah Gypsum



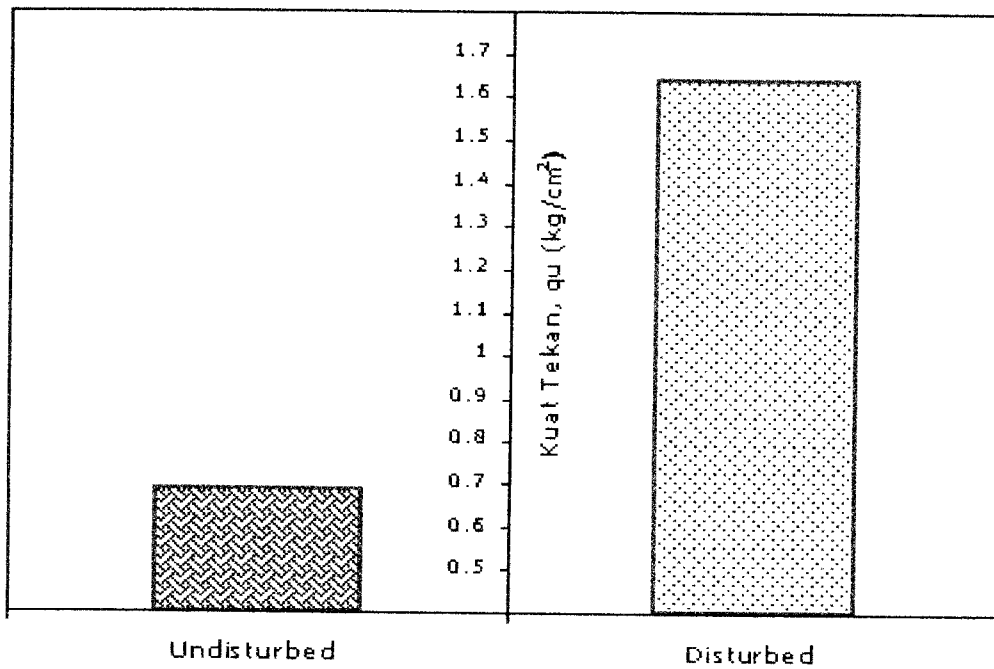
Gambar 5.6 Grafik Hubungan Berat Jenis Tanah dan Kadar Limbah Gypsum Rekayasa



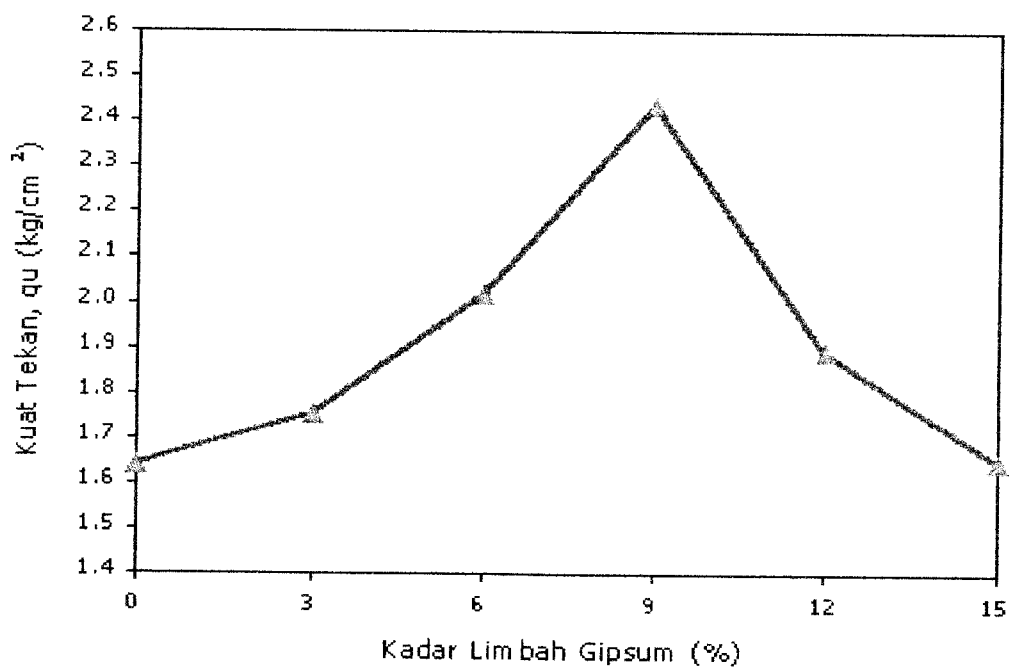
Gambar 5.7 Grafik Hubungan Kadar Air Optimum ( $w_{opt}$ ) dan Limbah Gypsum Pada Tanah Rekayasa



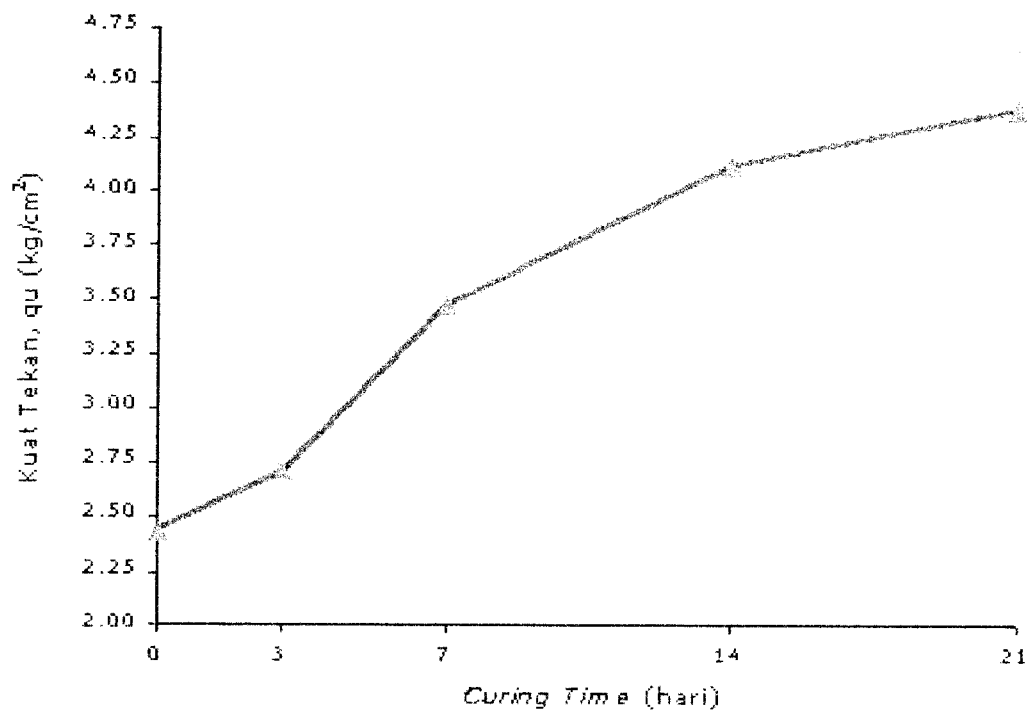
Gambar 5.8 Grafik Hubungan Berat Volume Kering Maksimum ( $\gamma_{k \max}$ ) dan Kadar Gypsum Pada Tanah Rekayasa



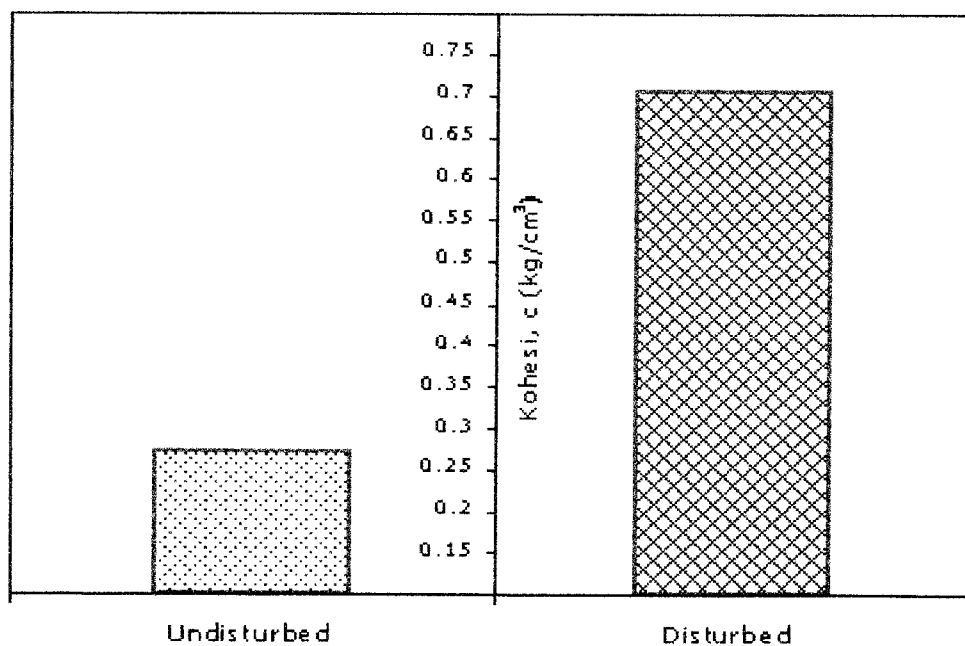
Gambar 5.9 Diagram Kuat Tekan ( $q_u$ ) pada Tanah Asli



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Kuat Tekan ( $q_u$ ) dan Kadar Limbah Gypsum pada Tanah Rekayasa Tanpa Pemeraman Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas

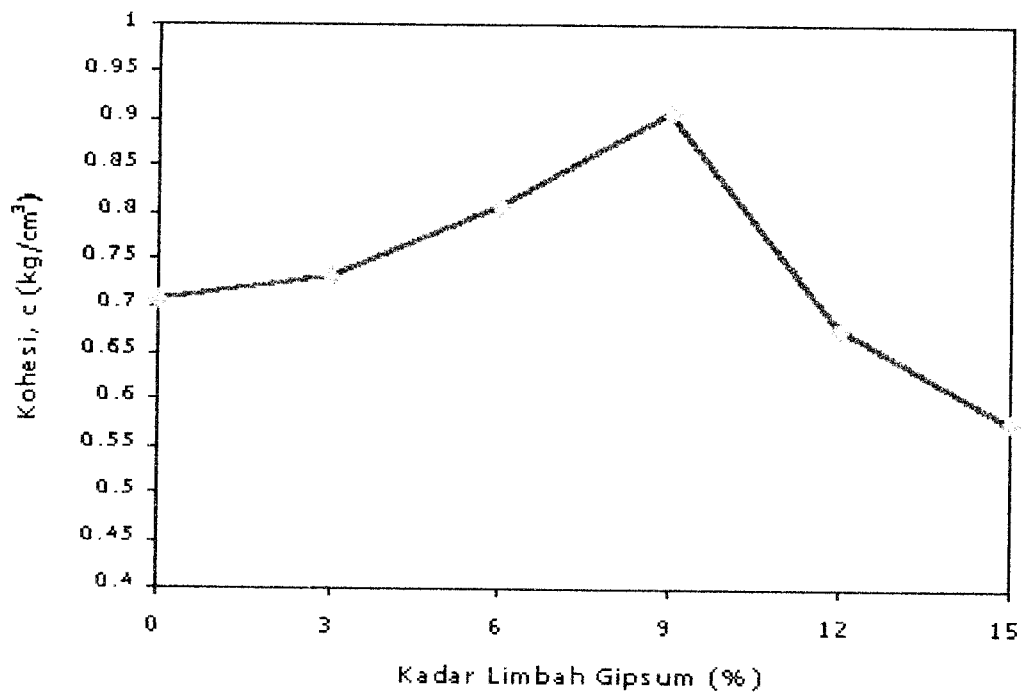


Gambar 5.11 Grafik Hubungan Kuat Tekan ( $q_u$ ) dan Waktu Pemeraman Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas

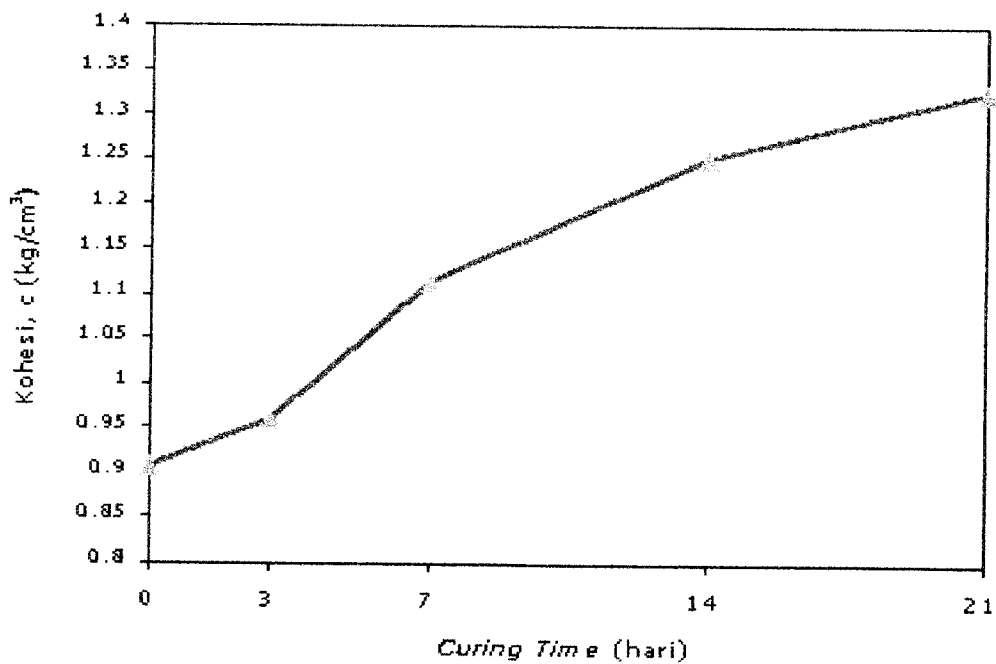


Gambar 5.12 Diagram Kohesi ( $c$ ) Pada Tanah Asli Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas

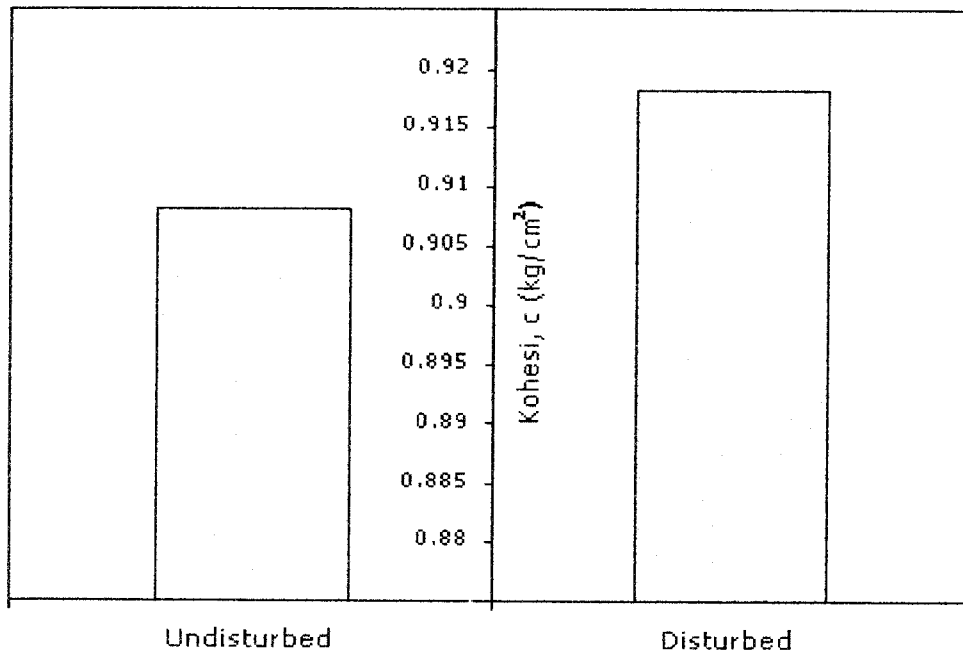




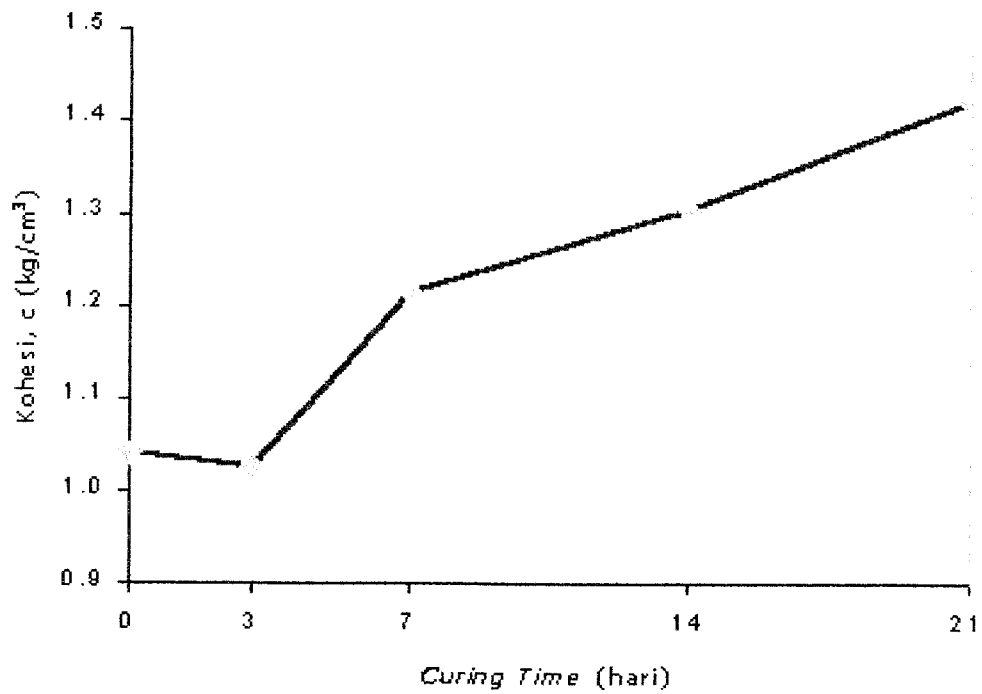
Gambar 5.13 Grafik Hubungan Kohesi ( $c$ ) dan Kadar Limbah Gipsum pada Tanah Rekayasa tanpa Pemeraman Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas



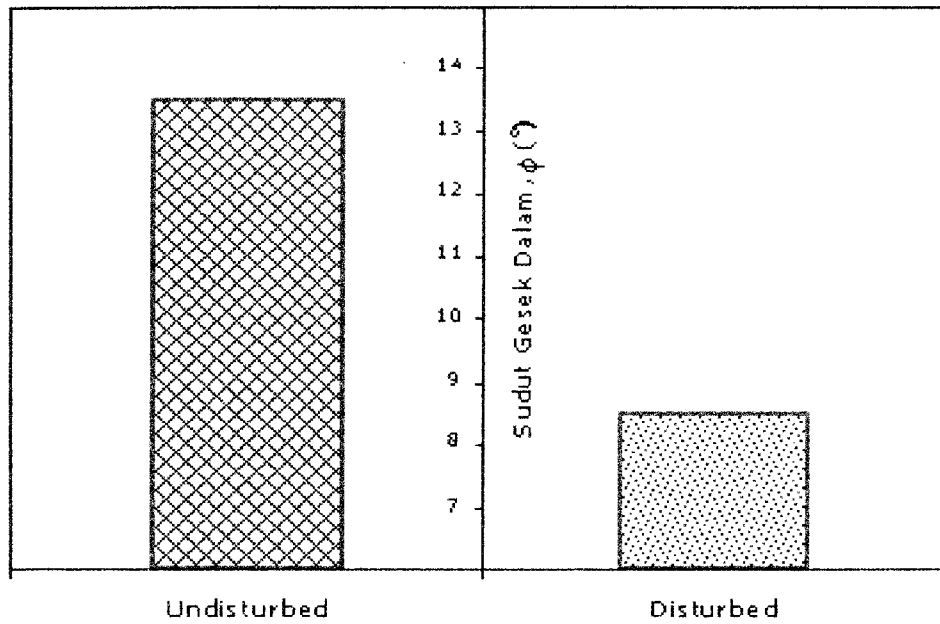
Gambar 5.14 Grafik Hubungan Kohesi ( $c$ ) dan Waktu Pemeraman Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gipsum) Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas



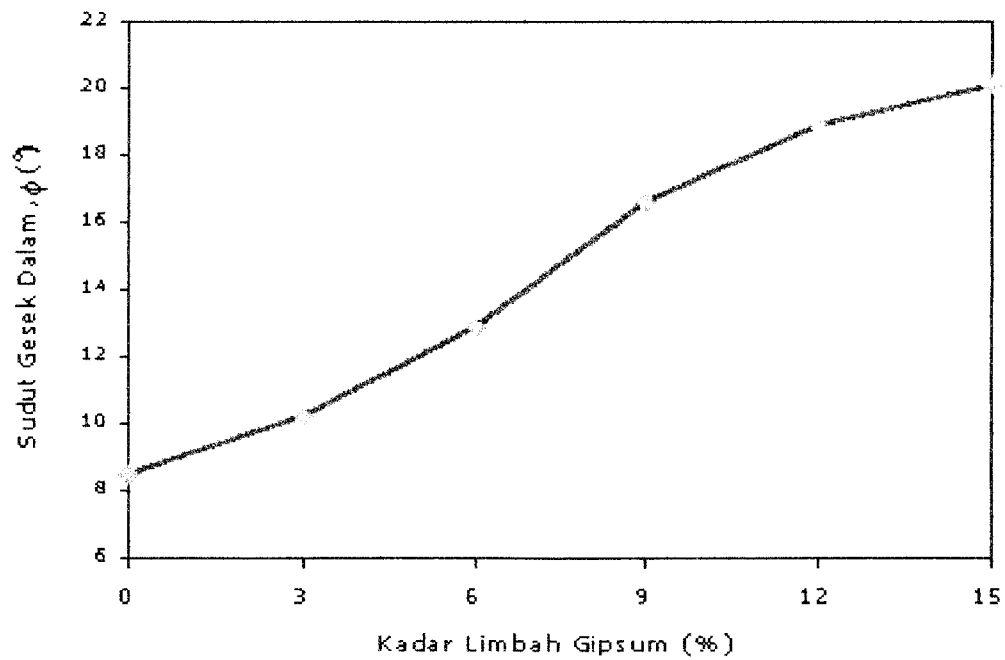
Gambar 5.15 Diagram Kohesi ( $c$ ) Tanah Asli Berdasarkan Pengujian Triaksial Tipe  $UU$



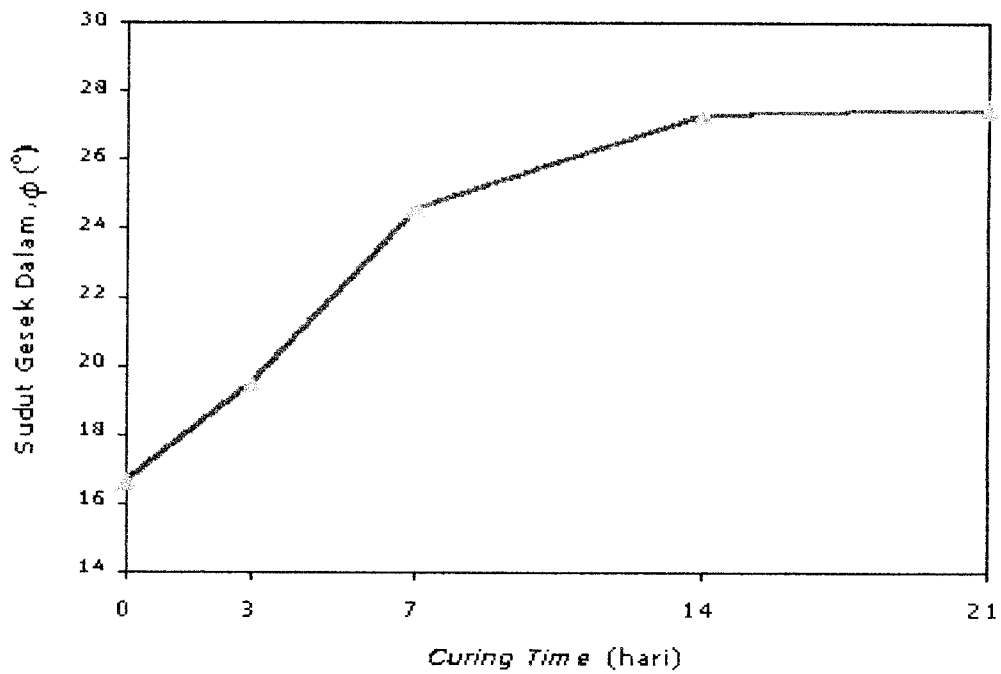
Gambar 5.16 Grafik Hubungan Kohesi dan Waktu Pemeraman Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Berdasarkan Pengujian Triaksial tipe  $UU$



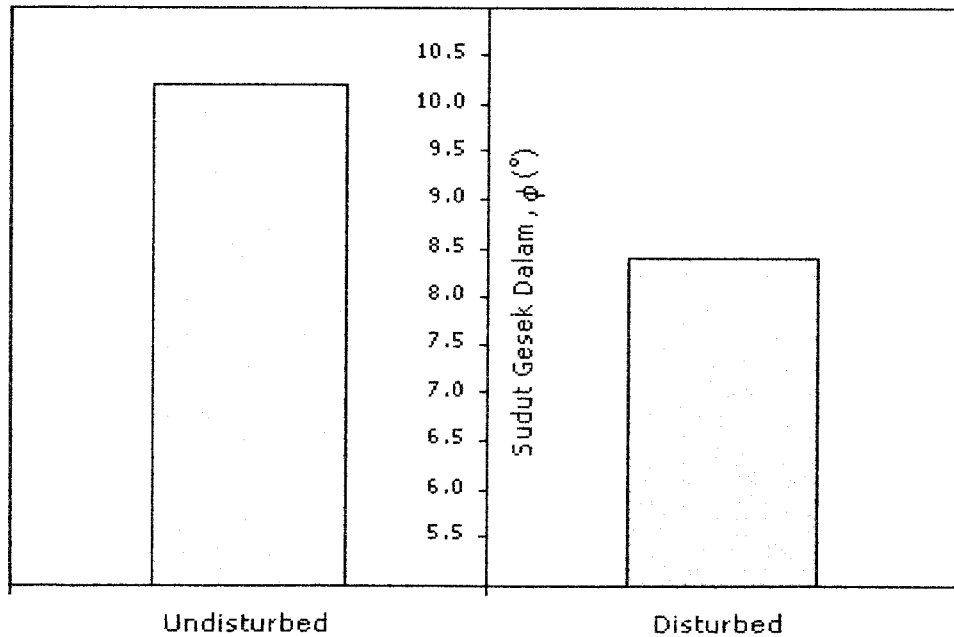
Gambar 5.17 Diagram Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ ) pada Tanah Asli Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas



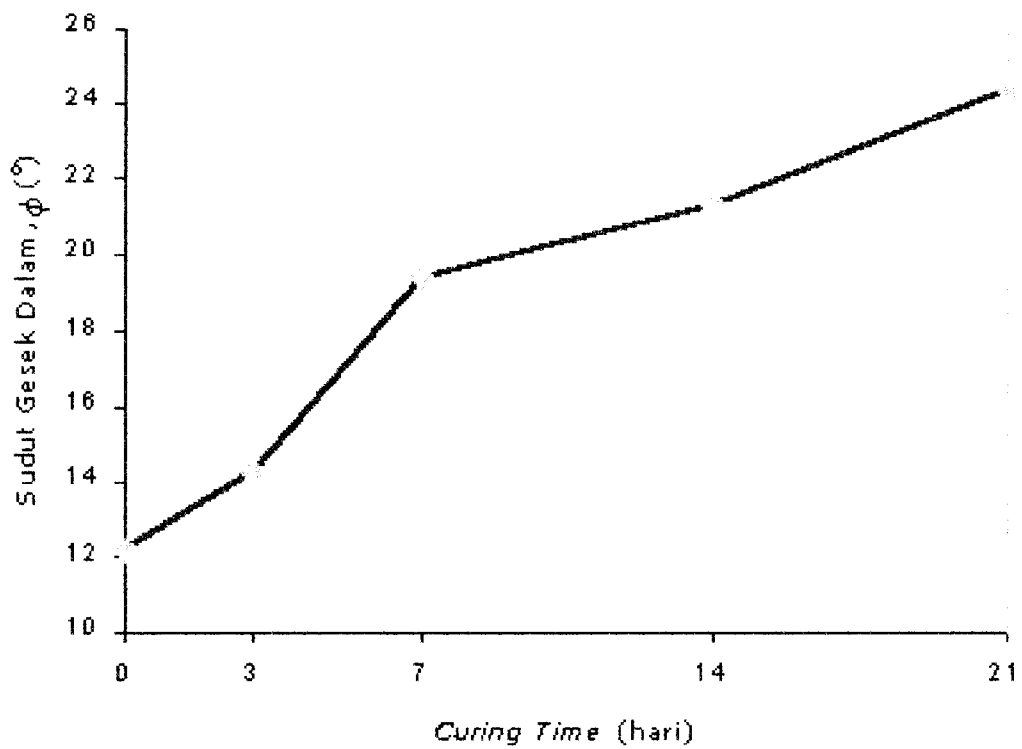
Gambar 5.18 Grafik Hubungan Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ ) dan Kadar Limbah Gypsum pada Tanah Rekayasa tanpa Pemeraman Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas



Gambar 5.19 Grafik Hubungan Sudut Gesek Dalam( $\phi$ ) dan Waktu Pemeraman Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas



Gambar 5.20 Diagram Sudut Geser Dalam ( $\phi$ ) Pada Tanah Asli Berdasarkan Pengujian Triaksial tipe UU



Gambar 5.21 Grafik Hubungan Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ ) dan Waktu Pemeraman Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Berdasarkan Pengujian Triaksial tipe *UU*

## **BAB VI**

### **PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dibahas karakteristik tanah lempung Kaliwiro berdasarkan hasil penelitian laboratorium yang telah disajikan pada bab lima dan pengaruh penambahan limbah gipsum terhadap sifat tanah lempung Kaliwiro.

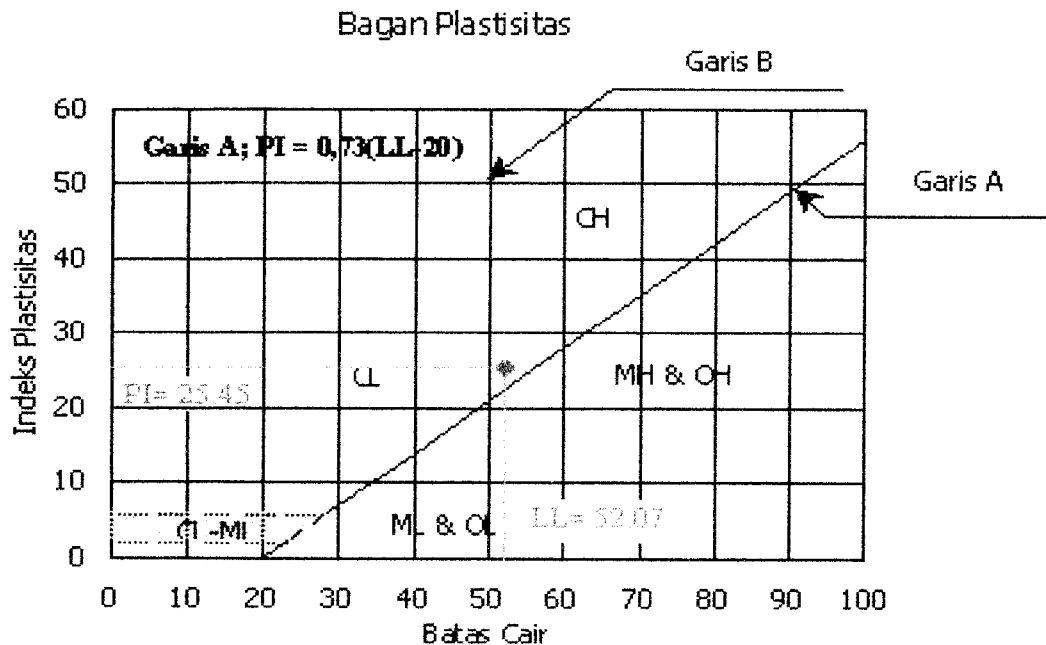
#### **6.1 Sifat Tanah Asli**

Dari hasil penelitian terhadap sifat tanah asli lempung Kaliwiro pada tabel 5.1 dapat disimpulkan beberapa karakteristik Lempung Kaliwiro sebagai berikut:

Pada pengujian analisa distribusi butiran diketahui Lempung Kaliwiro terdiri dari 1,79% pasir, 52,67% lanau, 45,54% lempung, dan tanah lolos saringan no. 200 adalah 98,21%, sedangkan pada pengujian *Atterberg Limits* diketahui Lempung Kaliwiro mempunyai Indeks Plastisitas (*PI*) 25,45% dan Batas Cair (*LL*) 52,07%. Berdasarkan hasil pengujian di atas (lihat tabel 5.1) maka menurut Sistem Klasifikasi *Unified Soils Classification System (USCS)* tanah dapat dikelompokkan pada tanah berbutir halus (lihat tabel 2.3), dan menurut HC. Hardiyatmo (2002) mempunyai plastisitas tinggi (lihat tabel 3.1). Dengan memplotkan batas-batas *Atterberg* pada grafik plastisitas maka tanah lempung Kaliwiro dapat disimpulkan sebagai lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, CH (gambar 6.1).

Dari grafik pemadatan standar tanah asli (lihat gambar 5.2) dan bentuk umum kurva pemadatan berbagai jenis tanah (lihat gambar 3.4) dapat disimpulkan bahwa Lempung Kaliwiro termasuk lempung berlanau.

Dari pengujian tekan bebas untuk tanah asli *undisturbed* didapatkan kuat tekan tanah asli sebesar 0,684875 kg/cm<sup>2</sup> (lihat tabel 5.1), maka menurut Peck, dkk (1993) Lempung Kaliwiro termasuk golongan lempung sedang (lihat tabel 3.2).



Gambar 6.1 Letak Lempung Kaliwiro Menurut Sistem *USCS*

## 6.2 Pengaruh Limbah Gypsum Terhadap Sifat Lempung Kaliwiro

Lempung Kaliwiro yang telah dicampur dengan limbah gypsum akan mengalami perubahan pada sifat lempung tersebut. Besarnya perubahan sifat yang terjadi sesuai dengan kadar limbah gypsum yang dicampurkan. Dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada tabel 5.4 dan 5.5 terlihat bahwa adanya pencampuran limbah gypsum telah mengubah berat jenis, batas cair, batas susut, dan indeks plastisitas lempung Kaliwiro.

Besarnya kadar limbah pada tanah rekayasa akan menurunkan batas cair tanah dan meningkatkan batas plastisnya. Kondisi seperti ini mengakibatkan nilai indeks plastisitas terus menurun seiring dengan bertambahnya kadar gypsum seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.1. Pada penelitian ini penurunan terbesar adalah 69,47%, terjadi pada tanah rekayasa dengan kadar limbah gypsum 15%.

Tabel 6.1 Pengaruh Kadar Limbah Gypsum Terhadap Indeks Plastisitas Tanah Rekayasa

Kadar Limbah (%)	0	3	6	9	12	15
Batas Cair (%)	52,07	48,17	46,53	44,94	42,47	40,03
Batas Plastis (%)	26,62	28,44	29,14	29,77	30,98	32,26
Indeks Plastisitas (%)	25,45	19,73	17,39	15,17	11,48	7,77
Penurunan nilai Indeks Plastisitas tanah rekayasa terhadap tanah asli remolded (%)	0,00	22,48	31,67	40,39	54,89	69,47

Adanya pencampuran limbah gipsum ini akan menaikkan batas susutnya. Pada tabel 6.2 ditunjukkan bahwa peningkatan batas susut terjadi dengan bertambahnya kadar limbah gipsum pada tanah rekayasa. Peningkatan terbesar terjadi pada tanah rekayasa dengan kadar limbah gipsum 15% sebesar 20,50%.

Tabel 6.2 Pengaruh Kadar Limbah Gipsum Terhadap Batas Susut Tanah Rekayasa

<b>Kadar Limbah (%)</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>15</b>
Batas Susut (%)	22,88	23,05	24,25	24,82	25,37	27,57
Penurunan nilai batas susut tanah rekayasa terhadap tanah asli <i>remolded</i> (%)	0,00	0,74	5,99	8,48	10,88	20,50

Pada tabel 6.3 menunjukkan perubahan berat jenis yang terjadi pada lempung Kaliwiro yang telah dicampur dengan limbah gipsum. Berat jenis pada tanah rekayasa akan cenderung terus menurun dengan bertambahnya kadar limbah gipsum. Pada tanah rekayasa dengan kadar limbah 15% telah menurunkan berat jenis sebesar 1,97%.

Tabel 6.3 Pengaruh Kadar Limbah Gipsum Terhadap Berat Jenis Tanah Rekayasa

<b>Kadar Limbah (%)</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>15</b>
Berat Jenis	2,802	2,7892	2,7785	2,7679	2,7573	2,7468
Penurunan nilai berat jenis tanah rekayasa terhadap tanah asli <i>remolded</i> (%)	0,00	0,457	0,839	1,217	1,595	1,970

Dari pengujian pemadatan standar dapat dilihat bahwa kadar air optimum tanah asli *remolded* lebih rendah dibanding dengan kadar air pada tanah rekayasa, akan tetapi berat volume kering tanah asli *remolded* lebih tinggi dibanding dengan tanah rekayasa (lihat tabel 5.3). Hal ini disebabkan karena limbah gipsum cenderung menyerap air pada proses penambahan air untuk menentukan kadar optimum pada tanah rekayasa. Karena kadar air optimumnya terus bertambah, maka dengan sendirinya berat volume kering pada tanah rekayasa akan terus menurun dengan bertambahnya kadar limbah gipsum. Tabel 6.4 dan tabel 6.5 menunjukkan fenomena ini.



Tabel 6.4 Pengaruh Kadar Limbah Gypsum Terhadap Berat Volume Kering Maksimum Tanah Rekayasa

Kadar Limbah (%)	0	3	6	9	12	15
Brt Vol Kering Maks (gr/cm <sup>3</sup> )	1,71787	1,67628	1,65281	1,62812	1,58345	1,55069
Penurunan nilai berat volume kering maks tanah rekayasa terhadap tanah asli <i>remolded</i> (%)	0,00	2,42	3,79	5,22	7,82	9,73

Tabel 6.5 Pengaruh Kadar Limbah Gypsum Terhadap Kadar Air Optimum Tanah Rekayasa

Kadar Limbah (%)	0	3	6	9	12	15
Kadar Air Optimum (%)	17,33	18,47	21,00	22,14	23,88	24,57
Peningkatan nilai kadar air optimum tanah rekayasa terhadap tanah asli <i>remolded</i> (%)	0,00	6,58	21,18	27,76	37,80	41,78

Pengujian tekan bebas (*Unconfined Compression Test, UCT*) dan pengujian triaksial tipe *UU (Triaxial Type UU Test)* dilakukan pada tanah asli tak terganggu (*undisturbed*) dan tanah rekayasa. Hasil dari kedua pengujian ini telah ditunjukkan pada tabel 6.6 sampai tabel 6.13.

Kuat tekan tanah asli tak terganggu (*undisturbed*) rata-rata pada pengujian tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) adalah 0,684875 kg/cm<sup>2</sup>. Stabilisasi mekanis yang dilakukan dengan pemadatan standar (*Standart Proctor Test*) pada tanah asli *remolded* meningkatkan kuat tekan tanah hingga mencapai 1,636530 kg/cm<sup>2</sup> atau mengalami peningkatan sebesar 58,15% terhadap tanah asli tak terganggu (*undisturbed*).

Stabilisasi mekanis ini juga dilakukan pada tanah rekayasa. Adanya penambahan limbah gipsum dengan kadar 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15% menyebabkan perubahan pada kuat tekannya. Pada penambahan kadar limbah gipsum sebesar 3%, 6%, dan 9% besarnya kuat tekan meningkat berturut-turut sebesar 7,00%, 23,364%, dan 48,756% terhadap kuat tekan tanah asli, sedangkan penambahan kadar limbah gipsum sebesar 12% dan 15% kuat tekan tanah rekayasa mulai menurun berturut-turut sebesar 22,053% dan 0,806% seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.6. Nilai kuat tekan tersebut berdasarkan pada pengujian tekan bebas pada tanah rekayasa tanpa pemeraman (*curing time 0 day*), sehingga tanah rekayasa dengan kadar campuran limbah gipsum sebesar

9% merupakan tanah rekayasa yang memiliki karakter campuran optimum yang menghasilkan nilai kuat tekan maksimum.

Tabel 6.6  
Peningkatan Kuat Tekan Pada Tanah Rekayasa Tanpa Pemeraman (*Curing Time 0*)  
Berdasarkan Hasil Pengujian Tekan Bebas

Kadar Limbah (%)	0	3	6	9	12	15
Kuat Tekan, $q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	1,63653	1,75110	2,01888	2,43443	1,89315	1,64976
Peningkatan nilai kuat tekan tanah rekayasa terhadap tanah asli <i>remolded</i> (%)	0,00	7,00	23,364	48,756	22,053	0,806

Adanya waktu perawatan atau pemeraman (*curing time*) pada tanah rekayasa yang memiliki karakteristik campuran optimum (tanah asli + 9% kadar limbah gipsum) meningkatkan nilai kuat tekannya. Peningkatan kuat tekan terjadi dengan bertambahnya kadar limbah gipsum pada tanah rekayasa. Pada masa pemeraman 21 hari kuat tekan tanah rekayasa yang memiliki karakteristik optimum ini meningkat dari 2,43443 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 4,37085 kg/cm<sup>2</sup> atau meningkat sebesar 79, 543% terhadap kuat tekannya sebelum masa pemeraman dimulai (*curing time 0*). Besarnya perubahan kuat tekan tanah rekayasa yang memiliki karakteristik campuran optimum dengan pemeraman ditunjukkan pada tabel 6.7.

Tabel 6.7 Peningkatan Kuat Tekan Pada Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gipsum) Dengan Pemeraman (*Curing Time*)  
Berdasarkan Hasil pengujian Tekan Bebas

<i>Curing Time</i> (hari)	0	3	7	14	21
Kuat Tekan, $q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	2,43443	2,70745	3,47170	4,10955	4,37085
Peningkatan nilai kuat tekan tanah rekayasa terhadap tanah asli <i>remolded</i> (%)	0,00	11,215	42,608	68,809	79,543

Pengujian tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) dan pengujian triaksial tipe UU (*Triaxial Type UU Test*) di laboratorium juga digunakan untuk menentukan parameter geser pada tanah asli tak terganggu (*undisturbed*) maupun tanah rekayasa. Tanah asli tak terganggu (*undisturbed*) menurut pengujian tekan bebas memiliki sudut gesek dalam ( $\phi$ ) sebesar 13,5° dan kohesi ( $c$ ) sebesar 0,2705 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan menurut pengujian triaksial tipe UU memiliki sudut gesek dalam ( $\phi$ ) sebesar 10,19418° dan kohesi ( $c$ ) sebesar 0,908156 kg/cm<sup>2</sup>. Berdasarkan kedua pengujian tersebut sudut gesek dalam ( $\phi$ ) tanah asli tak terganggu (*undisturbed*) memiliki beda nilai sebesar -24,488% dan

kohesinya ( $c$ ) memiliki beda nilai sebesar +235,732% terhadap pengujian tekan bebas, seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.8.

Tabel 6.8 Beda Nilai Parameter Geser Tanah Asli Tak Terganggu (*Undisturbed*) Berdasarkan Hasil Pengujian Tekan Bebas Dan Pengujian Triaksial Tipe UU

Jenis Pengujian	Sudut Gesek Dalam, $\phi$ ( $^{\circ}$ )	Kohesi, $c$ (Kg/cm $^2$ )
Tekan Bebas	13,5	0,2705
Triaksial tipe UU	10,19418	0,908156
Beda Nilai (%)	- 24,488	+235,732

Penentuan parameter geser juga dilakukan pada tanah rekayasa tanpa pemeraman (*curing time 0*) dan tanah rekayasa yang memiliki karakteristik campuran optimum dengan pemeraman (*curing time*). Penentuan parameter geser pada tanah rekayasa tanpa pemeraman (*curing time 0*) hanya dilakukan dengan pengujian tekan bebas saja. Pengujian ini menunjukkan hasil bahwa sudut gesek dalam ( $\phi$ ) pada tanah rekayasa mengalami peningkatan dengan bertambahnya kadar limbah gipsum, terbesar terjadi pada kadar limbah gipsum 15% sudut gesek dalamnya ( $\phi$ ) mencapai 20,10 $^{\circ}$  atau meningkat sebesar 136,471% terhadap tanah asli *remolded*, sedangkan kohesi ( $c$ ) mencapai peningkatan tertinggi pada tanah rekayasa yang memiliki karakteristik campuran optimum (tanah asli + limbah gipsum 9%) sebesar 0,9075 kg/cm $^2$  atau meningkat sebesar 28,632% terhadap tanah asli *remolded* dan penambahan limbah gipsum yang lebih besar dari 9% justru akan menurunkan kohesi tanah rekayasa. Tabel 6.9 menunjukkan peningkatan parameter geser yang terjadi pada tanah rekayasa tanpa pemeraman.

Tabel 6.9 Peningkatan Parameter Geser Pada Tanah Rekayasa Tanpa Pemeraman (*Curing Time 0*) Berdasarkan Hasil Pengujian Tekan Bebas

Kadar Limbah (%)	0	3	6	9	12	15
Sudut Gesek Dalam, $\phi$ ( $^{\circ}$ )	8,5	10,25	12,85	16,60	18,90	20,10
Peningkatan nilai sudut gesek dalam tanah rekayasa terhadap tanah asli <i>remolded</i> (%)	0,00	20,588	51,176	95,294	122,353	136,471
Kohesi, $c$ (Kg/cm $^2$ )	0,7055	0,7310	0,8055	0,9075	0,6765	0,5765
Peningkatan nilai kohesi tanah rekayasa terhadap tanah asli <i>remolded</i> (%)	0,00	3,614	14,174	28,632	-4,111	-18,285

Pengujian tekan bebas dan triaksial tipe *UU* juga dilakukan pada tanah rekayasa yang memiliki karakteristik campuran optimum dengan pemeraman (*curing time*) untuk menentukan parameter gesernya. Pada pengujian tekan bebas menunjukkan bahwa besarnya sudut gesek dalam ( $\phi$ ) terus meningkat

dengan bertambahnya waktu pemeraman, dari  $16,6^\circ$  pada masa tanpa pemeraman (*curing time 0*) menjadi  $27,5^\circ$  pada masa pemeraman 21 hari (*curing time 21*) atau meningkat sebesar 65,663% terhadap kondisi sebelum pemeraman, dan nilai kohesi ( $c$ ) pada masa pemeraman 21 hari (*curing time 21*) juga mengalami peningkatan sebesar 46,171% terhadap kondisi sebelum masa pemeraman (*curing time 0*), meningkat dari  $0,9075 \text{ kg/cm}^2$  menjadi  $1,3265 \text{ kg/cm}^2$ . Tabel 6.10 menunjukkan peningkatan parameter geser tanah rekayasa yang memiliki karakteristik campuran optimum dengan pemeraman (*curing time*).

Tabel 6.10 Peningkatan Parameter Geser Pada Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Dengan Pemeraman (*Curing Time*) Berdasarkan Hasil Pengujian Tekan Bebas

<b><i>Curing Time</i> (hari)</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>21</b>
Sudut Gesek Dalam, $\phi$ ( $^\circ$ )	16,6	19,5	24,6	27,3	27,5
Peningkatan nilai sudut gesek dalam tanah rekayasa terhadap tanah asli <i>remolded</i> (%)	0,00	17,450	48,193	64,458	65,663
Kohesi, $c$ ( $\text{Kg/cm}^2$ )	0,9075	0,9570	1,1140	1,2520	1,3265
Peningkatan nilai kohesi tanah rekayasa terhadap tanah asli <i>remolded</i> (%)	0,00	5,455	22,755	37,961	46,171

Pengujian triaksial yang dilakukan terhadap tanah rekayasa yang memiliki karakteristik campuran optimum dengan pemeraman (*curing time*) menunjukkan peningkatan parameter geser tanah tersebut terhadap adanya waktu pemeraman. Sudut gesek dalam ( $\phi$ ) terus meningkat dari  $12,18320^\circ$  pada masa tanpa pemeraman (*curing time 0*) menjadi  $24,34862^\circ$  pada masa pemeraman 21 hari (*curing time 21*) atau meningkat sebesar 99,854% terhadap kondisi sebelum masa pemeraman, demikian juga pada nilai kohesi ( $c$ ) terus mengalami peningkatan hingga 36,548% saat umur pemeraman 21 hari terhadap kondisi sebelum pemeraman. Nilai kohesi ( $c$ ) meningkat dari  $1,040320 \text{ kg/cm}^2$  pada masa tanpa pemeraman (*curing time 0*) menjadi  $1,420534 \text{ kg/cm}^2$  pada masa pemeraman 21 hari (*curing time 21*). Tabel 6.11 memperlihatkan peningkatan parameter geser tanah rekayasa yang memiliki karakteristik campuran optimum dengan pemeraman (*curing time*) berdasarkan hasil pengujian triaksial tipe *UU*.

Tabel 6.11 Peningkatan Parameter Geser Pada Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Dengan Pemeraman (*Curing Time*) Berdasarkan Hasil Pengujian Triaksial Tipe UU

<b>Curing Time (hari)</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>21</b>
Sudut Gesek Dalam, $\phi$ (°)	12,18320	14,23430	19,41018	21,33929	24,34862
Peningkatan nilai sudut gesek dalam tanah rekayasa terhadap tanah asli <i>remolded</i> (%)	0,00	16,835	59,319	75,153	99,854
Kohesi, $c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,040320	1,025090	1,214866	1,302963	1,420534
Peningkatan nilai kohesi tanah rekayasa terhadap tanah asli <i>remolded</i> (%)	0,00	- 1,464	16,778	25,246	36,548

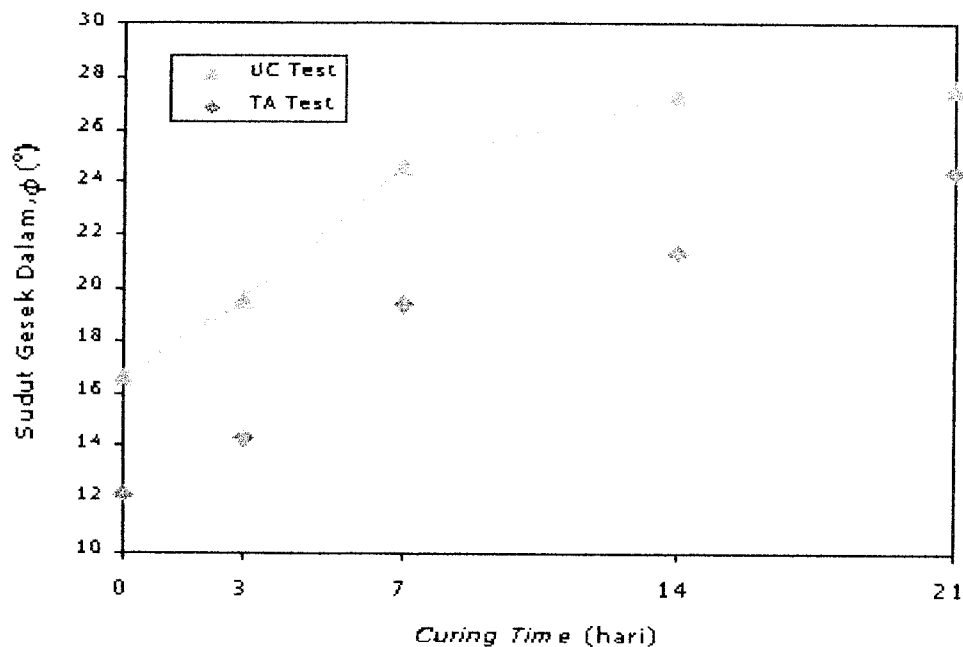
Parameter geser (sudut gesek dalam,  $\phi$  dan kohesi,  $c$ ) tanah rekayasa yang memiliki karakteristik campuran optimum (tanah asli + 9% kadar limbah gipsum) pada masa pemeraman (*curing time*) berdasarkan pengujian tekan bebas dan triaksial tipe UU menunjukkan kecenderungan meningkat, tetapi nilai peningkatan parameter geser berdasarkan kedua pengujian tersebut besarnya tidak sama, seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.12 dan 6.13 serta gambar 6.2 dan 6.3. Hal ini disebabkan karena prosedur kedua pengujian tersebut berbeda dan masing-masing memiliki karakteristik pengujian yang berbeda-beda.

Tabel 6.12 Perbedaan Nilai Kohesi Pada Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Dengan Pemeraman (*Curing Time*) Berdasarkan Hasil Pengujian Tekan Bebas Terhadap Pengujian Triaksial Tipe UU

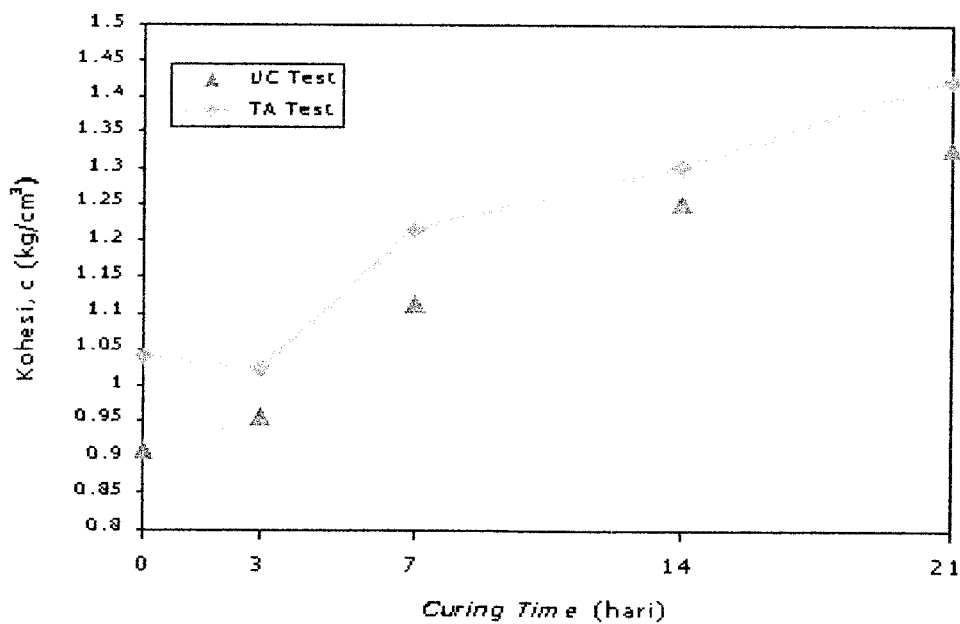
<b>Curing Time (hari)</b>	<b>Kohesi, <math>c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>Beda Nilai (%)</b>
	<b>Pengujian Tekan Bebas</b>	<b>Pengujian Triaksial tipe UU</b>	
0	0,9075	1,040320	14,636
3	0,9570	1,025090	7,115
7	1,1140	1,214866	9,054
14	1,2520	1,302963	4,071
21	1,3265	1,420534	7,089

Tabel 6.13 Perbedaan Nilai Sudut Gesek Dalam Pada Tanah Rekayasa Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Dengan Masa Pemeraman (*Curing Time*) Berdasarkan Hasil Pengujian Tekan Bebas Terhadap Pengujian Triaksial Tipe UU

<b>Curing Time (days)</b>	<b>Sudut Gesek Dalam, <math>\phi</math> (°)</b>		<b>Beda Nilai (%)</b>
	<b>Pengujian Tekan Bebas</b>	<b>Pengujian Triaksial tipe UU</b>	
0	16,6	12,18320	- 26,607
3	19,5	14,23430	- 27,004
7	24,6	19,41018	- 21,097
14	27,3	21,33929	- 21,834
21	27,5	24,34862	- 11,459



Gambar 6.2 Grafik Perbedaan Nilai Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ ) Pada Tanah Rekayasa Yang Memiliki Karakteristik Campuran Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Pada Pengujian Tekan Bebas dan Pengujian Triaksial Tipe UU



Gambar 6.3 Grafik Perbedaan Nilai Kohesi ( $c$ ) Pada Tanah Rekayasa Yang Memiliki Karakteristik Campuran Optimum (Tanah Asli + 9% Kadar Limbah Gypsum) Pada Pengujian Tekan Bebas dan Triaksial Tipe UU

### 6.3 Daya Dukung Lempung Kaliwiro

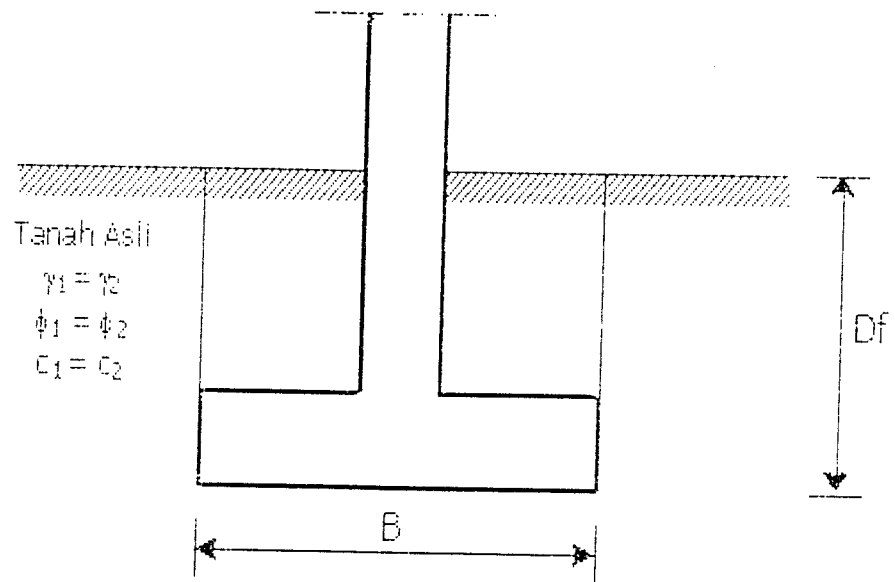
Pada bab pembahasan ini akan diselidiki kemampuan pikul atau daya dukung lempung Kaliwiro berkaitan aplikasinya sebagai tanah dasar pondasi. Penelitian ini hanya akan membahas perhitungan daya dukung lempung Kaliwiro terhadap pondasi dangkal dimana kedalaman pondasi ( $D_f$ ) lebih kecil dari lebar pondasi yang digunakan ( $B$ ), sedangkan untuk perhitungan daya dukung terhadap pondasi dalam ( $D_f > B$ ) tidak dibahas seperti yang telah dijelaskan pada subbab 1.5. Formula yang digunakan untuk menghitung daya dukung lempung Kaliwiro ini menggunakan Formula Terzaghi (1943) yang telah dijelaskan pada subbab 3.5.

Untuk pemakaian pondasi dangkal yang akan dihitung daya dukungnya, data-data asumsi ditentukan sebagai berikut:

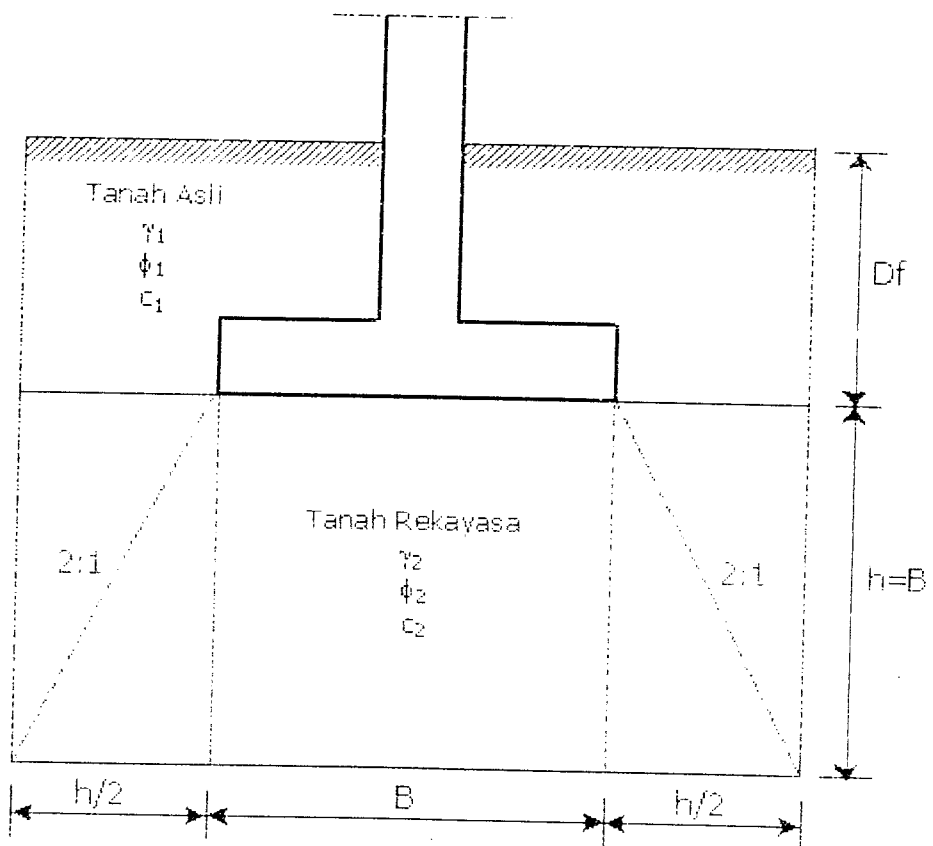
1. Bentuk pondasi dangkal yang digunakan adalah bujur sangkar dengan lebar pondasi ( $B$ ) 1,2 meter,
2. Kedalaman pondasi dangkal ( $D_f$ ) sebesar 1,0 meter dari permukaan tanah (permukaan tanah dianggap rata).

Lempung Kaliwiro yang telah distabilisasi dengan limbah gipsum diharapkan dapat meningkatkan daya dukung tanah aslinya. Prosedur pelaksanaan stabilisasi tanah dengan menggunakan limbah gipsum pada lempung Kaliwiro adalah dengan memberikan lapisan tanah rekayasa ( $h$ ) di bawah pondasi setebal lebar pondasi ( $B$ ) dengan asumsi garis keruntuhan bidang vertikal dan bidang horizontal 2:1. Untuk menjelaskan hal ini, sketsa penampang profil tanah diperlihatkan pada gambar 6.4 dan 6.5. Gambar 6.4 menunjukkan sketsa penampang profil lempung Kaliwiro pada kondisi aslinya, sedangkan pada gambar 6.5 menunjukkan sketsa penampang profil lempung Kaliwiro setelah distabilisasi menggunakan limbah gipsum.

Dalam perhitungan diasumsikan bahwa kemungkinan tanah asli dan tanah rekayasa di bawah pondasi dapat mengalami keruntuhan geser menyeluruh (*general shear failure*) atau keruntuhan geser setempat (*local shear failure*), sehingga akan disajikan hasil perhitungan daya dukung ultimit ( $Q_{ult}$ ), daya dukung ijin ( $Q_{all}$ ), dan daya dukung ijin batas ( $Q_{nett}$ ) pada kedua kondisi keruntuhan tersebut.



Gambar 6.4 Sketsa Penampang Profil Lempung Kaliwiro Pada Kondisi Asli



Gambar 6.5 Sketsa Penampang Profil Lempung Kaliwiro Yang Telah Distabilisasi Dengan Limbah Gypsum



Dalam perhitungannya, daya dukung lempung Kaliwiro (tanah asli dan tanah rekayasa) sebagai tanah dasar pondasi dangkal meliputi tanah pada kondisi aslinya, tanah rekayasa tanpa pemeraman (*curing time 0*), dan tanah rekayasa yang memiliki karakteristik campuran optimum dengan pemeraman (*curing time*), yang mengikuti tahap-tahap perhitungan sebagai berikut:

1. menentukan bentuk pondasi, lebar pondasi ( $B$ ), dan kedalaman pondasi ( $D_f$ ),
2. menentukan faktor keamanan ( $FS$ ),
3. mengidentifikasi berat volume tanah ( $\gamma$ ),
4. mengidentifikasi parameter geser pada kondisi keruntuhan geser menyeluruh (*general shear failure*), yaitu sudut gesek dalam ( $\phi$ ) dan kohesi ( $c$ ),
5. mengidentifikasi parameter geser pada kondisi keruntuhan geser setempat (*local shear failure*), yaitu sudut gesek dalam ( $\tan \phi' = \frac{2}{3} \tan \phi$ ) dan kohesi ( $c' = \frac{2}{3} c$ ),
6. menentukan faktor-faktor daya dukung ( $N_c$ ,  $N_q$ , dan  $N_\gamma$ ) pada kondisi keruntuhan geser menyeluruh (*general shear failure*) menggunakan tabel 3.3 dan gambar 3.4,
7. menentukan faktor-faktor daya dukung ( $N_c'$ ,  $N_q'$ , dan  $N_\gamma'$ ) pada kondisi keruntuhan geser setempat (*local shear failure*) menggunakan tabel 3.3 dan gambar 3.4,
8. menghitung berat tanah disamping kiri dan kanan pondasi sampai kedalaman pondasi sebagai beban terbagi merata (*surcharge, q*) menggunakan formula;
 
$$q = D_f \cdot \gamma$$
9. menghitung unit daya dukung ultimit (*ultimate bearing capacity unit,  $q_{ult}$* ) menggunakan formula;
 
$$q_{ult} = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \text{ untuk } \textit{general shear failure}$$
 dan
 
$$q'_{ult} = \alpha \cdot c' \cdot N_c' + q \cdot N_q' + \beta \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma' \text{ untuk } \textit{local shear failure}$$
 dimana  $\alpha$  dan  $\beta$  tergantung pada bentuk pondasi (lihat tabel 3.4),
10. menghitung unit daya dukung ijin (*allowable load per unit area,  $q_{all}$* ) menggunakan formula;

$$q_{all} = \frac{q_{ult}}{FS} \text{ untuk } \textit{general shear failure}$$

dan  $q'_{all} = \frac{q'_{ult}}{F.S}$  untuk *local shear failure*

11. Menghitung unit daya dukung ijin neto (*net allowable load per unit area,  $q_{net}$* ) menggunakan formula;

$$q_{net} = q_{ult} - q \text{ untuk } \textit{general shear failure}$$

dan  $q'_{net} = q'_{ult} - q$  untuk *local shear failure*

12. Menghitung daya dukung ultimit (*ultimate bearing capacity,  $Q_{ult}$* ) menggunakan formula;

$$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B^2 \text{ untuk } \textit{general shear failure}$$

dan  $Q'_{ult} = q'_{ult} \cdot B^2$  untuk *local shear failure*

13. Menghitung daya dukung ijin (*allowable load,  $Q_{all}$* ) menggunakan formula;

$$Q_{all} = q_{all} \cdot B^2 \text{ untuk } \textit{general shear failure}$$

dan  $Q'_{all} = q'_{all} \cdot B^2$  untuk *local shear failure*

14. Menghitung daya dukung ijin neto (*net allowable load,  $Q_{net}$* ) menggunakan formula;

$$Q_{net} = q_{net} \cdot B^2 \text{ untuk } \textit{general shear failure}$$

dan  $Q'_{net} = q'_{net} \cdot B^2$  untuk *local shear failure*

Hasil perhitungan daya dukung lempung Kaliwiro (tanah asli dan tanah rekayasa disajikan dalam tabel 6.14 untuk kondisi keruntuhan geser menyeluruh (*general shear failure*) dan 6.15 untuk kondisi keruntuhan geser setempat (*local shear failure*).

Tabel 6.14 Daya Dukung Lempung Kaliwiro (Tanah Asli dan Tanah Reayasa) Untuk Kondisi Keruntuhan Geser Menyeluruh (General Shear Failure)

Kode Sampel	c (t/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	$\gamma_1$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_2$ (t/m <sup>3</sup> )	Df (m)	B (m)	q (t/m <sup>2</sup> )	Nc	Nq	N <sub>y</sub>	FS	q <sub>ult</sub> (t/m <sup>2</sup> )	q <sub>all</sub> (t/m <sup>2</sup> )	q <sub>net</sub> (t/m <sup>2</sup> )	Q <sub>ult</sub> (ton)	Q <sub>all</sub> (ton)	Q <sub>net</sub> (ton)
TA-UCT	2.7050	13.50	2.0163	2.0042	1.0	1.2	2.0163	11.91	3.89	2.11	3.0	51.7547	17.2516	16.5795	74.5268	24.8423	23.8744
TA-TAUU	9.0816	10.19	2.0117	2.0680	1.0	1.2	2.0117	9.73	2.76	1.25	3.0	121.6658	40.5653	39.8847	175.1988	58.3996	57.4340
TR 0-UCT	7.0550	8.50	2.0163	2.0163	1.0	1.2	2.0163	8.91	2.37	0.99	3.0	87.4548	29.1516	28.4795	125.9349	41.9783	41.0105
TR 0-TAUU	9.1804	8.39	2.0117	2.0117	1.0	1.2	2.0117	8.86	2.35	0.97	3.0	111.4040	37.1347	36.4541	160.4218	53.4739	52.5083
TR 3-UCT	7.3100	10.25	2.0163	1.9857	1.0	1.2	2.0163	9.77	2.79	1.27	3.0	99.6802	33.2267	32.5546	143.5395	47.8465	46.8787
TR 6-UCT	8.0550	12.85	2.0163	2.0140	1.0	1.2	2.0163	11.48	3.68	1.94	3.0	129.5082	43.1694	42.4973	186.4918	62.1639	61.1961
TR 9-UCT	9.0750	16.60	2.0163	1.9886	1.0	1.2	2.0163	14.44	5.36	3.30	3.0	184.3132	61.4377	60.7656	265.4110	88.4703	87.5025
TR 12-UCT	6.7650	18.90	2.0163	1.9620	1.0	1.2	2.0163	16.64	6.74	4.45	3.0	164.1210	54.7070	54.0349	236.3343	78.7781	77.8103
TR 15-UCT	5.7650	20.10	2.0163	1.9309	1.0	1.2	2.0163	17.85	7.51	5.09	3.0	153.6367	51.2122	50.5401	221.2368	73.7456	72.7778
TC 0-UCT	9.0750	16.60	2.0163	1.9886	1.0	1.2	2.0163	14.44	5.36	3.30	3.0	184.3132	61.4377	60.7656	265.4110	88.4703	87.5025
TC 3-UCT	9.5700	19.50	2.0163	1.9898	1.0	1.2	2.0163	17.22	7.10	4.75	3.0	233.0865	77.6955	77.0234	335.6445	111.8815	110.9137
TC 7-UCT	11.1400	24.60	2.0163	1.9867	1.0	1.2	2.0163	24.51	12.28	9.32	3.0	388.6016	129.5339	128.8618	559.5862	186.5287	185.5609
TC 14-UCT	12.5200	27.30	2.0163	1.9879	1.0	1.2	2.0163	30.67	17.20	14.30	3.0	547.5101	182.5034	181.8313	788.4145	262.8048	261.8370
TC 21-UCT	13.2650	27.50	2.0163	1.9887	1.0	1.2	2.0163	31.15	17.60	14.70	3.0	586.6851	195.5617	194.8896	844.8265	281.6088	280.6410
TC 0-TAUU	10.4032	12.18	2.0117	1.9962	1.0	1.2	2.0117	11.04	3.44	1.77	3.0	157.9230	52.6410	51.9704	227.4092	75.8031	74.8374
TC 3-TAUU	10.2509	14.23	2.0117	1.9896	1.0	1.2	2.0117	12.39	4.14	2.30	3.0	175.6363	58.5454	57.8749	252.9163	84.3054	83.3398
TC 7-TAUU	12.1487	19.41	2.0117	1.9896	1.0	1.2	2.0117	17.13	7.05	4.71	3.0	289.2192	96.4064	95.7358	416.4756	138.8252	137.8596
TC 14-TAUU	13.0296	21.34	2.0117	1.9948	1.0	1.2	2.0117	19.68	8.82	6.26	3.0	357.0873	119.0291	118.3585	514.2057	171.4019	170.4363
TC 21-TAUU	14.2053	24.35	2.0117	1.9869	1.0	1.2	2.0117	24.14	12.01	9.09	3.0	478.6218	159.5406	158.8700	689.2153	229.7384	228.7728

Tabel 6.15 Daya Dukung Lempung Kaiwiro (Tanah Asli dan Tanah Rekrayasa) Untuk Kondisi Keruntuhan Geser Setempat (Local Shear Failure)

Kode Sampel	c (t/m <sup>2</sup> )	φ (°)	c' (t/m <sup>2</sup> )	φ' (°)	γ1 (t/m <sup>3</sup> )	γ2 (t/m <sup>3</sup> )	Df (m)	B (m)	q (t/m <sup>2</sup> )	N'c	N'q	N'y	FS	q' unit (t/m <sup>2</sup> )	q' all (t/m <sup>2</sup> )	q' net (t/m <sup>2</sup> )	Q' unit (ton)	Q' all (ton)	Q' net (ton)
TA-UCT	2.7050	13.50	1.8042	9.00	2.0163	2.0042	1.0	1.2	2.0163	7.74	1.8	0.44	3.0	22.2068	7.4023	6.7302	31.9778	10.6593	9.6915
TA-TAUU	9.0816	10.19	6.0574	6.76	2.0117	2.0680	1.0	1.2	2.0117	7.16	1.58	0.31	3.0	59.8685	19.9562	19.2856	86.2107	28.7369	27.7713
TR 0-UCT	7.0550	8.50	4.7057	5.63	2.0163	2.0163	1.0	1.2	2.0163	6.86	1.46	0.24	3.0	45.1414	15.0471	14.3750	65.0036	21.6679	20.7000
TR 0-TAUU	9.1804	8.39	6.1233	5.56	2.0117	2.0117	1.0	1.2	2.0117	6.85	1.46	0.23	3.0	57.6874	19.2291	18.5586	83.0699	27.6900	26.7243
TR 3-UCT	7.3100	10.25	4.8758	6.81	2.0163	1.9857	1.0	1.2	2.0163	7.17	1.58	0.31	3.0	48.9283	16.3094	15.6373	70.4567	23.4856	22.5177
TR 6-UCT	8.0550	12.85	5.3727	8.56	2.0163	2.0140	1.0	1.2	2.0163	7.63	1.76	0.41	3.0	57.2367	19.0789	18.4088	82.4208	27.4736	26.5058
TR 9-UCT	9.0750	16.60	6.0530	11.13	2.0163	1.9886	1.0	1.2	2.0163	8.38	2.08	0.59	3.0	70.6987	23.5662	22.8941	101.8061	33.9354	32.9676
TR 12-UCT	6.7650	18.90	4.5123	12.73	2.0163	1.9620	1.0	1.2	2.0163	8.93	2.34	0.72	3.0	57.7789	19.2596	18.5876	83.2017	27.7339	26.7661
TR 15-UCT	5.7650	20.10	3.8453	13.58	2.0163	1.9309	1.0	1.2	2.0163	9.22	2.47	0.79	3.0	51.8017	17.2672	16.5951	74.5944	24.8648	23.8970
TC 0-UCT	9.0750	16.60	6.0530	11.13	2.0163	1.9886	1.0	1.2	2.0163	8.38	2.08	0.59	3.0	70.6987	23.5662	22.8941	101.8061	33.9354	32.9676
TC 3-UCT	9.5700	9.50	6.3832	13.15	2.0163	1.9898	1.0	1.2	2.0163	9.07	2.40	0.75	3.0	80.8196	26.9399	26.2678	116.3803	38.7934	37.8256
TC 7-UCT	11.1400	24.60	7.4304	16.81	2.0163	1.9867	1.0	1.2	2.0163	10.46	3.13	1.19	3.0	108.4841	36.1614	35.4893	156.2171	52.0724	51.1045
TC 14-UCT	12.5200	27.30	8.3508	18.81	2.0163	1.9879	1.0	1.2	2.0163	11.30	3.61	1.51	3.0	131.3935	43.7978	43.1257	189.2066	63.0689	62.1010
TC 21-UCT	13.2650	27.50	8.8478	18.96	2.0163	1.9887	1.0	1.2	2.0163	11.36	3.55	1.53	3.0	139.4836	46.4945	45.8224	200.8564	66.9521	65.9843
TC 0-TAUU	10.4032	12.18	6.9389	8.12	2.0117	1.9962	1.0	1.2	2.0117	7.51	1.71	0.39	3.0	71.5585	23.8528	23.1823	103.0443	34.3481	33.3825
TC 3-TAUU	10.2509	14.23	6.8374	9.50	2.0117	1.9896	1.0	1.2	2.0117	7.37	1.85	0.47	3.0	74.1235	24.7078	24.0372	106.7378	35.5793	34.6136
TC 7-TAUU	12.1487	19.41	8.1032	13.09	2.0117	1.9896	1.0	1.2	2.0117	9.05	2.39	0.75	3.0	100.8579	33.6193	32.9487	145.2354	48.4118	47.4462
TC 14-TAUU	13.0296	21.34	8.6908	14.46	2.0117	1.9948	1.0	1.2	2.0117	9.52	2.61	0.86	3.0	113.6309	37.8770	37.2054	163.6285	54.5428	53.5772
TC 21-TAUU	14.2053	24.35	9.4750	16.63	2.0117	1.9869	1.0	1.2	2.0117	10.38	3.09	1.16	3.0	135.1776	45.0592	44.3886	194.6558	64.8853	63.9196

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap lempung Kaliwiro dapat disimpulkan yang berkaitan dengan sifat tanah asli dan tanah rekayasa.

1. Lempung Kaliwiro termasuk dalam golongan lempung sedang dengan kuat tekan tanah asli *undisturbed* sebesar  $0,684875 \text{ kg/cm}^2$  dan plastisitasnya tinggi, ditunjukkan dengan indeks plastisitas sebesar 25,45%.
2. Berdasarkan klasifikasinya menurut *Unified Soils Classification System (USCS)* lempung Kaliwiro termasuk dalam kelompok CH yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, sedangkan dari bentuk umum kurva pemadatan berbagai jenis tanah dan grafik pemadatan proktor standar lempung Kaliwiro termasuk lempung berlanau.
3. Kuat tekan tanah asli *disturbed* setelah pemadatan proktor standar sebesar  $1,63653 \text{ kg/cm}^2$  atau meningkat 138,953% terhadap kuat tekan tanah asli *undisturbednya*, sedangkan penambahan bahan aditif limbah gipsum pada pemadatan Proktor standar dapat menaikkan kuat tekan hingga  $2,43443 \text{ kg/cm}^2$  atau meningkat sebesar 48,756% terhadap tanah asli *disturbed* pada kadar limbah gipsum optimum 9%.
4. Penambahan bahan aditif limbah gipsum dapat memperbaiki konsistensi tanah. Indeks Plastisitas menurun hingga 7,77% pada kadar limbah 15%, sedangkan batas susut meningkat hingga 27,57% pada kadar limbah 15%.
5. Waktu pemeraman (*curing time*) terhadap sampel tanah rekayasa yang memiliki karakter campuran optimum dapat meningkatkan nilai kuat tekan. Perbandingan kuat tekan sampel tanah rekayasa yang memiliki karakteristik campuran optimum setelah masa pemeraman (*curing time*) tertentu menunjukkan peningkatan yang relatif besar. Pada masa pemeraman (*curing time*) 21 hari kuat tekan tanah rekayasa yang memiliki karakteristik campuran optimum menjadi 79,543% lebih besar dibanding sebelum terjadi pemeraman.

## 7.2 Saran-Saran

Saran-saran ini terutama ditujukan bagi para peneliti yang berminat untuk melanjutkan penelitian lempung Kaliwiro yang ditinjau dari sudut pandang geoteknik pada umumnya dan khususnya penelitian stabilisasi lempung Kaliwiro menggunakan limbah gipsum.

1. Penelitian terhadap lempung Kaliwiro perlu dilanjutkan dengan mengambil sampel tanah dari titik sampel yang lain, untuk mendapatkan gambaran menyeluruh tentang karakteristik lempung Kaliwiro.
2. Penelitian lebih lanjut mengenai gipsum dan limbah gipsum untuk mendapatkan gambaran reaksi fisika dan kimia, sehingga dapat dilakukan stabilisasi tanah dengan aditif campuran limbah gipsum dan bahan lain.
3. Penelitian terhadap stabilisasi lempung Kaliwiro menggunakan limbah gipsum perlu dilanjutkan untuk meneliti sifat mekanik dan hidraulik tanah yang lain, seperti daya resap tanah (permeabilitas), tegangan efektif tanah, kemampumampatan tanah (kompresibilitas), atau kemampuan kembang-susut (*swelling-shrinkage*) tanah.
4. Penelitian stabilisasi tanah dan limbah gipsum perlu dilanjutkan dengan melakukan waktu pemeraman (*curing time*) untuk setiap variasi kadar limbah, sehingga dapat dikaji hubungan antara kadar limbah dan waktu pemeramannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, Mukhlis, 2000, **MENUJU PLTU RAMAH LINGKUNGAN**, [www.elektroindonesia.com](http://www.elektroindonesia.com) (opened at November, 6<sup>th</sup>, 2002).
- Antoni, Wahyudi, Arfan, Luqman, 1999, **PENGARUH FLY ASH TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG YANG DIPERBAIKI DENGAN CLEAN SET CEMENT**, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, FTSP, UII, Yogyakarta.
- Bowles, Joseph E, 1993, **SIFAT-SIFAT FISIS DAN GEOTEKNIS TANAH**, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Craig, R.F., Susilo S., Budi, 1991, **MEKANIKA TANAH**, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M., 1994, **PRINCIPLES OF GEOTECHNICAL ENGINEERING**, PWS Publishing Co., Boston.
- Das, Braja M., 1983, **ADVANCED SOIL MECHANICS**, International Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Dunn, I.S., Anderson, Kiefer, 1992, **DASAR-DASAR ANALISIS GEOTEKNIK**, Penerbit IKIP Semarang Press, Semarang.
- Djarmika S., Purnomo, J. Edy, 1993, **MEKANIKA TANAH I**, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Fauzi, Rifki, Ujiarti, RA. Adek, 1999, **STUDI EKSPERIMENTAL SIFAT FISIK MEKANIS DAN DURABILITAS TANAH LEMPUNG KALIBAWANG DENGAN ADITIF KAPUR KARBIT**, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, FTSP, UII, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2002, **MEKANIKA TANAH I**, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hasmar, Abdul Halim, 1995, **STABILITAS LEMPUNG BANDUNG DENGAN LIMBAH INDUSTRI GAS KARBIT**, Thesis Magister Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Lambe & Whitman, 1969, **SOIL MECHANICS**, John Wiley and Sons, New York.

- Sudarmadji, Ibnu, 1993, **STABILISASI MEKANIS**, Seminar Rutin Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sudarmadji, Ibnu, dkk., 1997, **PANDUAN PRAKTIKUM MEKANIKA TANAH II**, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Terzaghi, Karl, Peck, Ralph B., 1993, **MEKANIKA TANAH DALAM PRAKTEK REKAYASA**, Jilid I, edisi kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Utomo, Budi, Wiyono, Bambang, 1997, **PENELITIAN LABORATORIUM KONSISTENSI DAN DURABILITAS DENGAN PEMERAMAN LEMPUNG KASONGAN DISTABILISASI DENGAN LIMBAH BATUBARA**, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, FTSP, UII, Yogyakarta.
- \_\_\_\_\_, **THE MINERAL GYPSUM**, [www.mineralgalleries.com](http://www.mineralgalleries.com) (*opened at November, 5<sup>th</sup>, 2002*).
- Wesley, L.D., 1977, **MEKANIKA TANAH**, cetakan keenam, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.



## PENGUJIAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR

Proyek : Kaliwiro Development Project  
 Lokasi : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Kode sampel : Asli/Disturbed  
 Tanggal : 18 November 2002

### Kadar air

1	Berat container, gram	W1	21,95	21,96
2	Berat Cont. + tanah basah, gram	W2	78,56	78,23
3	Berat Cont. + tanah kering, gram	W3	76,50	76,04
4	Berat air, gram	$A = W2 - W3$	2,06	2,19
5	Berat tanah kering, gram	$B = W3 - W1$	54,55	54,08
6	kadar air, %	$(A/B) \times 100\%$	3,78	4,05
7	kadar air rata-rata, %		3,91	

### BERAT JENIS AGREGAT HALUS (lolos #10)

1	No pengujian		1	2
2	Berat Picknometer (W1)		21,21	31,78
3	Berat Picknometer + tanah kering (W2)		43,50	48,10
4	Berat Picknometer + tanah + air (W3)		86,24	92,43
5	Berat Picknometer + air (W4)		72,10	81,80
6	Temperatur (to)		29,00	29,00
7	Berat tanah kering (Wt)		22,29	16,32
8	$A = Wt + W4$		94,39	98,12
9	$I = A - W3$		8,15	5,69
10	Berat Jenis tanah, $G_s = Wt / I$		2,73	2,87
12	Berat jenis rata-rata			2,802



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP**  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

## PENGUJIAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR

Proyek : Kaliwiro Development Project  
 Lokasi : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Kode sampel : Gypsum  
 Tanggal : 18 November 2002

### Kadar air

1	Berat container, gram	W1	21,95	21,96
2	Berat Cont. + tanah basah, gram	W2	78,56	78,23
3	Berat Cont. + tanah kering, gram	W3	78,56	78,23
4	Berat air, gram	$A = W2 - W3$	0,00	0,00
5	Berat tanah kering, gram	$B = W3 - W1$	56,61	56,27
6	kadar air, %	$(A/B) \times 100\%$	0,00	0,00
7	kadar air rata-rata, %		0,00	

### BERAT JENIS AGREGAT HALUS (lolos #10)

1	No pengujian	1	2
2	Berat Picknometer (W1)	23,20	19,30
3	Berat Picknometer + tanah kering (W2)	38,00	32,10
4	Berat Picknometer + tanah + air (W3)	94,10	78,10
5	Berat Picknometer + air (W4)	85,30	70,42
6	Temperatur (to)	27,00	27,00
7	Berat tanah kering (Wt)	14,80	12,80
8	$A = Wt + W4$	100,10	83,22
9	$I = A - W3$	6,00	5,12
10	Berat Jenis tanah, $G_s = Wt / I$	2,47	2,50
12	Berat jenis rata-rata		2,483



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP**

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



# GRAIN SIZE ANALYSIS

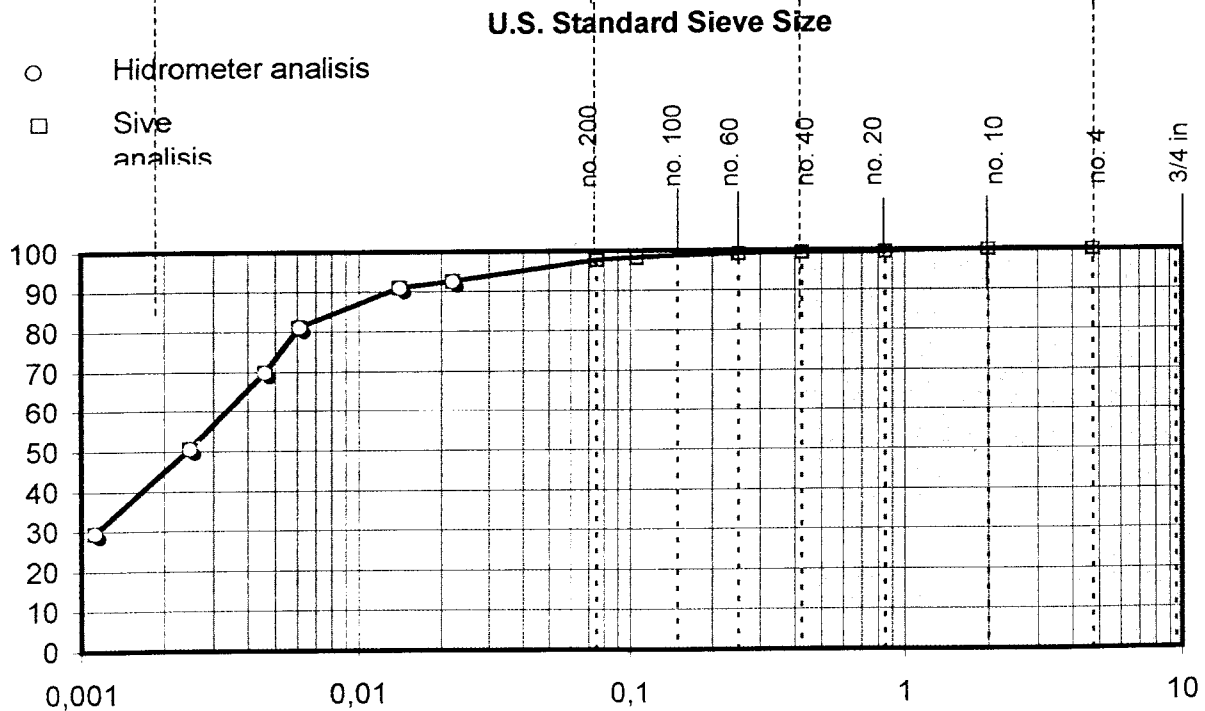
Project : Kaliwiro Development Projec Tested : Wiwied & Dhani  
 Smple no. : Gradasi Asli 1 Date : 19 November 2002  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java

Soil sample (disturbed/undisturbed)

Specific Gravity : 2,802

Discription of soil : Clay

Clay	Silt	Sand		Gravel
		Fine	Coarse to medium	



Finer # 200 :	97,6 %	D10 (mm)	
		D30 (mm)	
Gravel :	0,00 %	D60 (mm)	
Sand :	2,40 %	Cu = D60/D10	
Silt :	52,73 %	= D30 <sup>2</sup> / (D10xD60)	
Clay :	44,87 %		

SOIL MECHANICS LABORATORY  
 CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT  
 ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA

# GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : Kaliwiro Development Project      Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Test no : Gradasi Asli 2      Date : 19 November 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Soil sample (disturbed/undisturbed)

Mass of soil = 60 gr      Hydrometer type = 152 H  
 Specific Gravity, G = 2,802      Hydr. Correction, a = 0,968  
 K<sub>2</sub> = a/W x 100 = 1,6136159      Meniscus correction, m = 1

Sieve Analysis

Sieve No	Opening (mm)	Mass retained (gr)	Mass retained (gr)	% finer by mass e/W x 100%	Remarks
4	4,750	d1 = 0,00	e1 = 60,00	100,00	e7 = W - Sd
10	2,000	d2 = 0,00	e2 = 60,00	100,00	e6 = d7 + e7
20	0,850	d3 = 0,08	e3 = 59,92	99,87	e5 = d6 + e6
40	0,425	d4 = 0,12	e4 = 59,80	99,67	e4 = d5 + e5
60	0,250	d5 = 0,23	e5 = 59,57	99,28	e3 = d4 + e4
140	0,106	d6 = 0,09	e6 = 59,48	99,13	e2 = d3 + e3
200	0,075	d7 = 0,19	e7 = 59,29	98,82	e1 = d2 + e2
		Sd = 0,71			

Hirometer Analysis

Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' R1 + m	L	K	D (mm)	Rc= R1-R2+Cr	P K2 x R (%)
12,48										
12,50	2	54	-2,0	29	55	7,290	0,0115	0,02196935	57,3	92,46
12,53	5	51	-2,0	29	52	7,781	0,0115	0,01435513	54,3	87,62
2,55	30	48	-2,0	29	49	8,272	0,0115	0,00604261	51,3	82,78
13,48	60	42	-2,0	29	43	9,254	0,0115	0,00451937	45,3	73,10
14,01	250	29	-2,0	29	30	11,383	0,0115	0,00245548	32,3	52,12
12,48	1440	15	-2,0	30	16	13,675	0,0115	0,00112141	18,3	29,53

Remarks :

$R_c = R_1 - R_2 + Cr$  (Cr = Temperatur correction factors)

$R' = R_1 + m$  (m correctoin for meniscus)

**SOIL MECHANICS LABORATORY**  
**CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT**  
 ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**

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

**PENGUJIAN BATAS SUSUT TANAH**

PROYEK : Kaliwiro Development Project  
 Asal Sampel : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 NO Sampel : PRT -1  
 (Asli - 0 %)

DIKERJAKAN : Wiwied & Dhani  
 TANGGAL : 20 November 2002

No Pengujian (kode sampel)	0%	3%	6%
1 Berat jenis tanah	2,802	2,7892	2,7785
2 Berat Cawan Susut	42,11	41,41	38,53
3 Berat cawan susut + tanah basah	66,32	67,20	64,12
4 Berat cawan susut + tanah kering	57,22	57,95	54,35
5 Berat air	9,10	9,25	9,77
6 Berat tanah Kering	15,11	16,54	15,82
7 Berat air raksa yang terdesak tanah kering + gelas ukur	155,34	157,24	163,99
8 Berat gelas ukur	33,77	33,77	33,77
9 Volume tanah kering	8,94	9,08	9,87
10 Batas Susut Tanah	23,47	22,28	22,04
11 Batas susut tanah rata-rata	22,88	23,05	24,25



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**PENGUJIAN BATAS CAIR**

**PROJECT** : Kaliwiro Development Project  
**LOCATION** : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
**Sample No.** : BP 1 (Asli - 0%)

**Date** : November 16th, 2002  
**Tested by** : Wiwied & Dhani

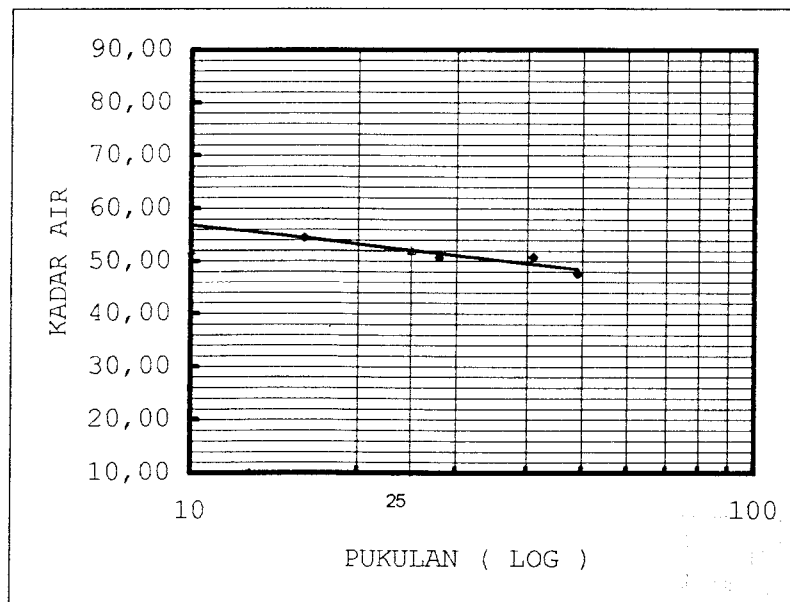
NO	NO. PENGUJIAN	I		II		III		IV	
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	NO CAWAN								
2	Berat cawan kosong	22,00	21,66	22,20	22,24	22,85	22,14	22,38	22,64
3	Berat cawan + tanah basah (gr)	59,75	53,13	56,56	58,38	69,79	61,62	60,34	63,49
4	Berat cawan + tanah kering (gr)	46,46	42,00	44,99	46,20	53,77	48,49	48,08	50,28
5	Berat air (3) - (4)	13,29	11,13	11,57	12,18	16,02	13,13	12,26	13,21
6	Berat tanah kering (4) - (2)	24,46	20,34	22,79	23,96	30,92	26,35	25,70	27,64
7	$\text{KADAR AIR} = \frac{(5)}{(6)} \times 100 \% =$	54,33	54,72	50,77	50,83	51,81	49,83	47,70	47,79
8	KADAR AIR RATA-RATA =		54,53		50,80		50,82		47,75
9	PUKULAN		16		28		41		49

**PENGUJIAN BATAS PLASTIS**

NO		1	2
1	NO CAWAN		
2	BERAT CAWAN KOSONG	22,06	21,75
3	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	39,13	39,89
4	BERAT CAWAN + TANAH KERING	35,50	36,12
5	BERAT AIR (3)-(4)	3,63	3,77
6	BERAT TANAH KERING (4)-(2)	13,44	14,37
7	$\text{KADAR AIR} = \frac{(5)}{(6)} \times 100 \% =$	27,01	26,24
8	KADAR AIR RATA-RATA =	26,62	

**KESIMPULAN**

FLOW INDEX : 5,232  
 BATAS CAIR : 52,07  
 BATAS PLASTIS : 26,62  
 INDEX PLASTISITAS : 25,45







**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**PENGUJIAN BATAS CAIR**

PROJECT : Kaliwiro Development Project  
 LOCATION : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Sample No. : BP 2 (Camp - 3%)

Date : November 16th, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

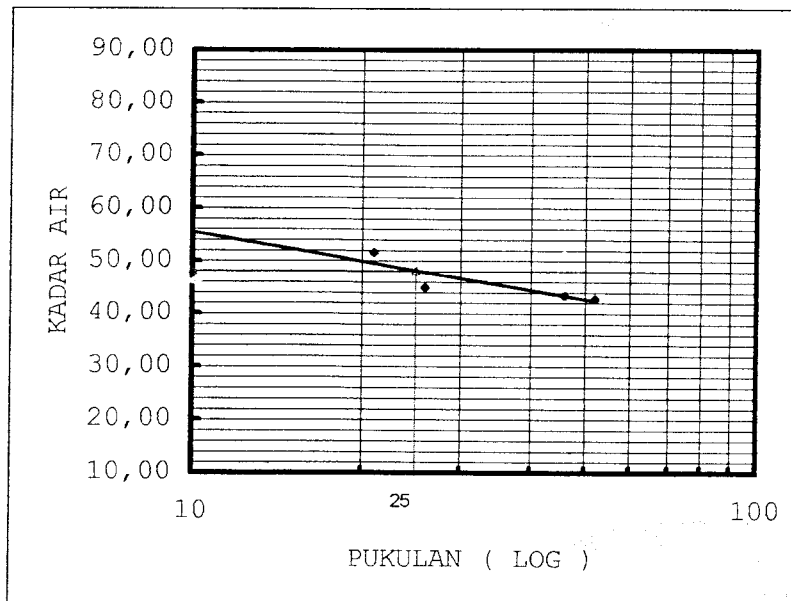
NO	NO. PENGUJIAN	I		II		III		IV	
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	NO CAWAN								
2	Berat cawan kosong	21,90	21,81	22,50	21,35	22,00	22,05	21,62	21,97
3	Berat cawan + tanah basah (gr)	46,98	49,58	51,43	48,04	47,19	47,16	46,23	54,89
4	Berat cawan + tanah kering (gr)	38,25	40,32	42,35	39,85	39,53	39,57	38,95	44,88
5	Berat air (3) - (4)	8,73	9,26	9,08	8,19	7,66	7,59	7,28	10,01
6	Berat tanah kering (4) - (2)	16,35	18,51	19,85	18,50	17,53	17,52	17,33	22,91
7	KADAR AIR = $\frac{(5)}{(6)} \times 100\% =$	53,39	50,03	45,74	44,27	43,70	43,32	42,01	43,69
8	KADAR AIR RATA-RATA =		51,71		45,01		43,51		42,85
9	PUKULAN		21		26		46		52

**PENGUJIAN BATAS PLASTIS**

NO	NO. PENGUJIAN	I		II	
		1	2	3	4
1	NO CAWAN				
2	BERAT CAWAN KOSONG	21,76	21,62		
3	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	66,74	60,63		
4	BERAT CAWAN + TANAH KERING	56,84	51,94		
5	BERAT AIR (3)-(4)	9,90	8,69		
6	BERAT TANAH KERING (4)-(2)	35,08	30,32		
7	KADAR AIR = $\frac{(5)}{(6)} \times 100\% =$	28,22	28,66		
8	KADAR AIR RATA-RATA =		28,44		

**KESIMPULAN**

FLOW INDEX : 8,080  
 BATAS CAIR : 48,17  
 BATAS PLASTIS : 28,44  
 INDEX PLASTISITAS : 19,73





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**PENGUJIAN BATAS CAIR**

PROJECT : Kaliwiro Development Project  
 LOCATION : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Sample No. : BP 3 (Camp - 6%)

Date : November 16th, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

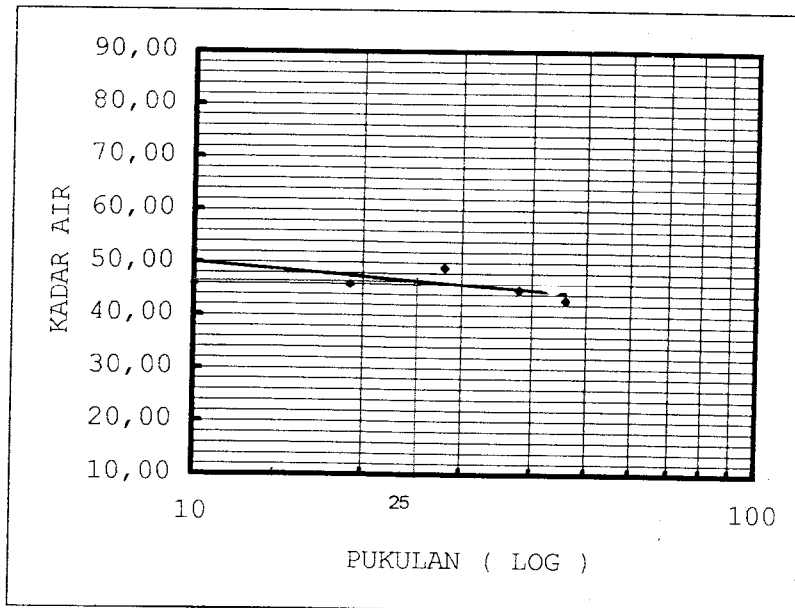
NO	NO. PENGUJIAN	I		II		III		IV	
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	NO CAWAN								
2	Berat cawan kosong	21,85	21,84	21,94	22,34	20,05	22,24	22,50	22,11
3	Berat cawan + tanah basah (gr)	52,46	55,47	53,59	51,00	49,73	50,48	48,00	46,95
4	Berat cawan + tanah kering (gr)	42,78	44,95	42,99	41,72	40,72	41,56	40,25	39,57
5	Berat air (3) - (4)	9,68	10,52	10,60	9,28	9,01	8,92	7,75	7,38
6	Berat tanah kering (4) - (2)	20,93	23,11	21,05	19,38	20,67	19,32	17,75	17,46
7	KADAR AIR = $\frac{(5)}{(6)} \times 100\% =$	46,25	45,52	50,36	47,88	43,59	46,17	43,66	42,27
8	KADAR AIR RATA-RATA =		45,89		49,12		44,88		42,97
9	PUKULAN		19		28		38		46

**PENGUJIAN BATAS PLASTIS**

NO		1	2
1	NO CAWAN		
2	BERAT CAWAN KOSONG	22,18	21,68
3	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	51,32	54,36
4	BERAT CAWAN + TANAH KERING	44,76	46,97
5	BERAT AIR (3)-(4)	6,56	7,39
6	BERAT TANAH KERING (4)-(2)	22,58	25,29
7	KADAR AIR = $\frac{(5)}{(6)} \times 100\% =$	29,05	29,22
8	KADAR AIR RATA-RATA =	29,14	

**KESIMPULAN**

FLOW INDEX : 3,695  
 BATAS CAIR : 46,53  
 BATAS PLASTIS : 29,14  
 INDEX PLASTISITAS : 17,39





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**PENGUJIAN BATAS CAIR**

**PROJECT** : Kaliwiro Development Project  
**LOCATION** : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
**Sample No.** : BP 4 (Camp - 9%)

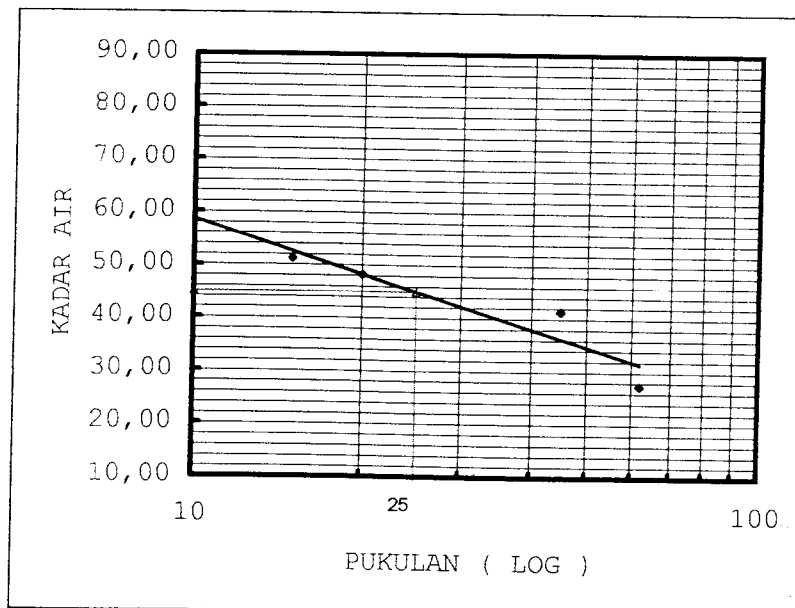
Date : November 16th, 2002  
Tested by : Wiwied & Dhani

NO	NO. PENGUJIAN	I		II		III		IV	
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	NO CAWAN								
2	Berat cawan kosong	21,54	22,00	22,48	22,46	21,96	21,58	22,14	21,84
3	Berat cawan + tanah basah (gr)	58,00	56,53	51,44	59,29	55,77	52,72	62,44	63,27
4	Berat cawan + tanah kering (gr)	45,65	44,82	42,02	47,26	46,00	43,48	51,10	57,66
5	Berat air (3) - (4)	12,35	11,71	9,42	12,03	9,77	9,24	11,34	5,61
6	Berat tanah kering (4) - (2)	24,11	22,82	19,54	24,80	24,04	21,90	28,96	35,82
7	KADAR AIR = $\frac{(5)}{(6)} \times 100\% =$	51,22	51,31	48,21	48,51	40,64	42,19	39,16	15,66
8	KADAR AIR RATA-RATA =		51,27		48,36		41,42		27,41
9	PUKULAN		15		20		45		62

**PENGUJIAN BATAS PLASTIS**

NO	NO. PENGUJIAN		
		1	2
1	NO CAWAN		
2	BERAT CAWAN KOSONG	22,30	21,70
3	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	90,76	98,17
4	BERAT CAWAN + TANAH KERING	74,98	80,71
5	BERAT AIR (3)-(4)	15,78	17,46
6	BERAT TANAH KERING (4)-(2)	52,68	59,01
7	KADAR AIR = $\frac{(5)}{(6)} \times 100\% =$	29,95	29,59
8	KADAR AIR RATA-RATA =	29,77	

**KESIMPULAN**  
 FLOW INDEX : 15,786  
 BATAS CAIR : 44,94  
 BATAS PLASTIS : 29,77  
 INDEX PLASTISITAS : 15,17





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**PENGUJIAN BATAS CAIR**

**PROJECT** : Kaliwiro Development Project  
**LOCATION** : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
**Sample No.** : BP 5 (Camp - 12%)

Date : November 16<sup>th</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

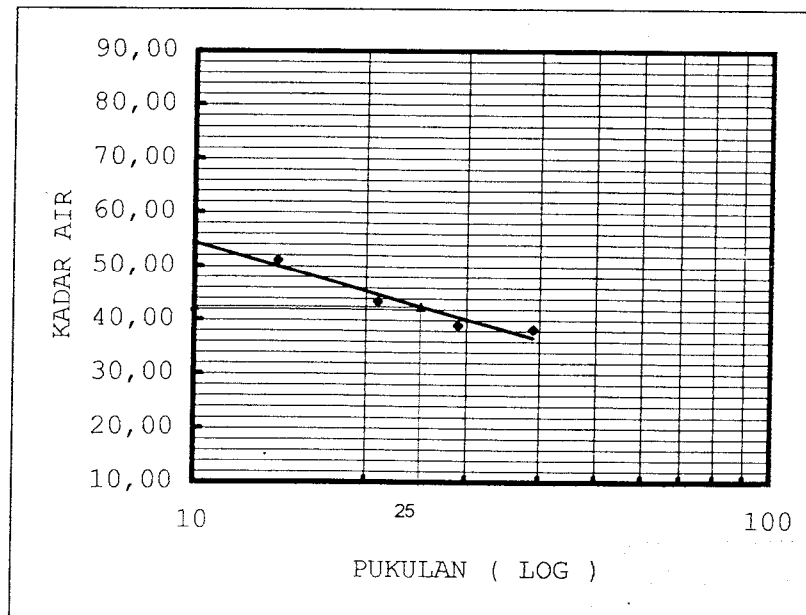
NO	NO. PENGUJIAN	I		II		III		IV	
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	NO CAWAN								
2	Berat cawan kosong	21,51	22,05	21,87	21,87	22,31	21,62	21,67	21,82
3	Berat cawan + tanah basah (gr)	50,99	48,54	49,92	51,31	57,94	52,09	60,48	56,68
4	Berat cawan + tanah kering (gr)	41,30	39,33	41,58	42,22	47,86	43,59	49,78	47,00
5	Berat air (3) - (4)	9,69	9,21	8,34	9,09	10,08	8,50	10,70	9,68
6	Berat tanah kering (4) - (2)	19,79	17,28	19,71	20,35	25,55	21,97	28,11	25,18
7	KADAR AIR = $\frac{(5)}{(6)} \times 100\%$	48,96	53,30	42,31	44,67	39,45	38,69	38,06	38,44
8	KADAR AIR RATA-RATA =		51,13		43,49		39,07		38,25
9	PUKULAN		14		21		29		39

**PENGUJIAN BATAS PLASTIS**

NO		1	2
1	NO CAWAN		
2	BERAT CAWAN KOSONG	22,00	21,85
3	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	93,00	99,27
4	BERAT CAWAN + TANAH KERING	76,44	80,70
5	BERAT AIR (3)-(4)	16,56	18,57
6	BERAT TANAH KERING (4)-(2)	54,44	58,85
7	KADAR AIR = $\frac{(5)}{(6)} \times 100\%$	30,42	31,55
8	KADAR AIR RATA-RATA =	30,99	

**KESIMPULAN**

FLOW INDEX : 12,031  
 BATAS CAIR : 42,47  
 BATAS PLASTIS : 30,99  
 INDEX PLASTISITAS : 11,48





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**PENGUJIAN BATAS CAIR**

**PROJECT** : Kaliwiro Development Project  
**LOCATION** : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
**Sample No.** : BP6 (Camp - 15%)

**Date** : November 16<sup>th</sup>, 2002  
**Tested by** : Wiwied & Dhani

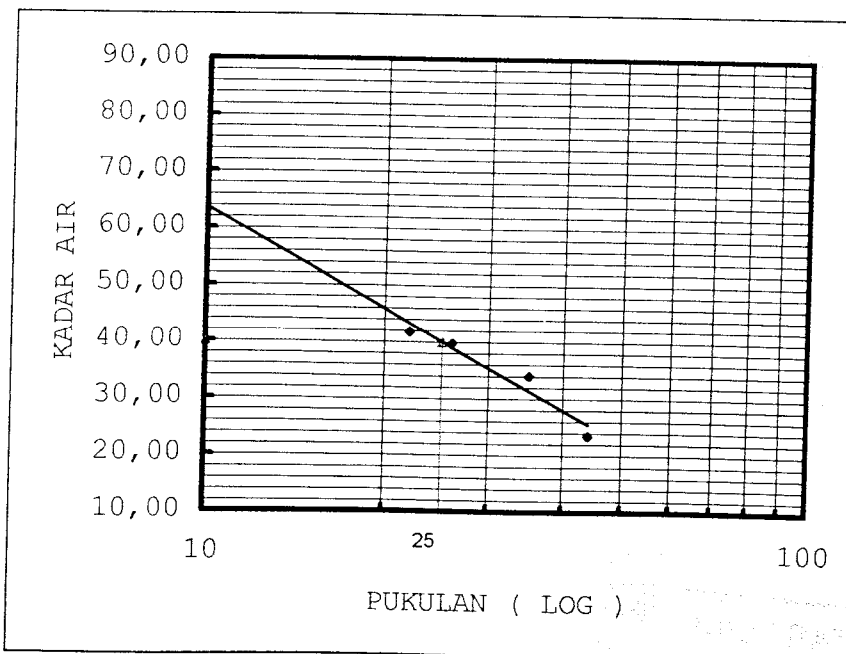
NO	NO. PENGUJIAN	I		II		III		IV	
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	NO CAWAN								
2	Berat cawan kosong	21,70	21,97	22,14	22,05	14,64	21,99	22,64	21,82
3	Berat cawan + tanah basah (gr)	45,54	50,48	60,17	55,98	50,24	53,36	63,83	55,26
4	Berat cawan + tanah kering (gr)	38,52	42,06	49,32	46,32	41,52	45,13	55,69	49,12
5	Berat air (3) - (4)	7,02	8,42	10,85	9,66	8,72	8,23	8,14	6,14
6	Berat tanah kering (4) - (2)	16,82	20,09	27,18	24,27	26,88	23,14	33,05	27,30
7	$KADAR AIR = \frac{(5)}{(6)} \times 100 \%$	41,74	41,91	39,92	39,80	32,44	35,57	24,63	22,49
8	KADAR AIR RATA-RATA =		41,82		39,86		34,00		23,56
9	PUKULAN		22		26		35		44

**PENGUJIAN BATAS PLASTIS**

NO		1	2
1	NO CAWAN		
2	BERAT CAWAN KOSONG	21,90	22,38
3	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	102,50	101,43
4	BERAT CAWAN + TANAH KERING	82,99	82,00
5	BERAT AIR (3)-(4)	19,51	19,43
6	BERAT TANAH KERING (4)-(2)	61,09	59,62
7	$KADAR AIR = \frac{(5)}{(6)} \times 100 \%$	31,94	32,59
8	KADAR AIR RATA-RATA =	32,26	

**KESIMPULAN**

FLOW INDEX : 24,854  
 BATAS CAIR : 40,03  
 BATAS PLASTIS : 32,26  
 INDEX PLASTISITAS : 7,77





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

## PEMADATAN TANAH

### Proctor test

PROJECT : Kaliwiro Development Project TESTED BY : Wiwied & Dhani  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java DATE : November 20<sup>th</sup>, 2002  
 Sample No. : PRT-1  
 (Asli - 0 %)

DATA SILINDER		
1	Diameter ( $\phi$ ) cm	10,21
2	Tinggi ( H ) cm	11,54
3	Volume ( V ) cm <sup>3</sup>	944,82
4	Berat gram	1748

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

Berat jenis Gs	2,802
----------------	-------

#### PENAMBAHAN AIR

	2000	2000	2000	2000	2000
1 Berat tanah basah gram	2000	2000	2000	2000	2000
2 Kadar air mula-mula %	3,190	3,190	3,190	3,190	3,190
3 Penambahan air %	5	10	15	20	25
4 Penambahan air ml	100	200	300	400	500

#### PENGUJIAN PEMADATAN SILINDER

	1	2	3	4	5
1 Nomor pengujian	1	2	3	4	5
2 Berat silinder + tanah padat gram	3386	3540	3665	3630	3545
3 Berat tanah padat gram	1638	1792	1917	1882	1797
4 Berat volume tanah gr/cm <sup>3</sup>	1,734	1,897	2,029	1,992	1,902

#### PENGUJIAN KADAR AIR

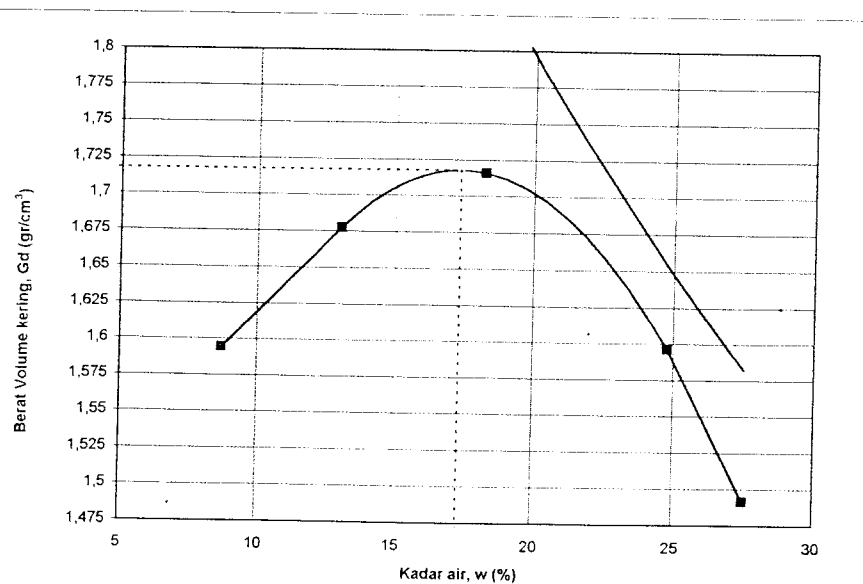
	1		2		3		4		5	
1 NOMOR PERCOBAAN										
2 Nomor cawan	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3 Berat cawan kosong gram	21,86	21,76	21,35	22,11	21,81	22,34	21,62	21,87	22,05	21,85
4 Berat cawan + tanah basah gram	36,42	35,84	54,00	48,05	54,73	49,77	70,14	65,42	56,65	70,05
5 Berat cawan + tanah kering gram	35,21	34,75	50,15	45,12	49,63	45,56	60,33	56,93	49,23	59,59
8 Kadar air = w %	9,06	8,39	13,37	12,73	18,33	18,13	25,34	24,22	27,30	27,72
9 Kadar air rata-rata	8,73		13,05		18,23		24,78		27,51	
10 Berat volume tanah kering gr/cm <sup>3</sup>	1,595		1,678		1,716		1,596		1,492	

BERAT VOLUME KERING  
MAKSIMUM (gr/cm<sup>3</sup>)

1,71787

KADAR AIR OPTIMUM (%)

17,33







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

**PEMADATAN TANAH**  
**Proctor test**

PROJECT : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Sample No. : PRT - 3  
 (Camp - 6%)

TESTED BY : Wiwied & Dhani  
 DATE : November 20<sup>th</sup>, 2002

DATA SILINDER		
1	Diameter ( $\phi$ ) cm	10,21
2	Tinggi ( H ) cm	11,54
3	Volume ( V ) cm <sup>3</sup>	944,82
4	Berat gram	1748

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

Berat jenis Gs	2,7785
----------------	--------

PENAMBAHAN AIR					
1	Berat tanah basah gram	2000	2000	2000	2000
2	Kadar air mula-mula %	3,190	3,190	3,190	3,190
3	Penambahan air %	10	17,5	22,5	27,5
4	Penambahan air ml	200	350	450	550

PENGUJIAN PEMADATAN SILINDER					
1	Nomor pengujian	1	2	3	4
2	Berat silinder + tanah padat gram	3308	3510	3651	3608
3	Berat tanah padat gram	1560	1762	1903	1860
4	Berat volume tanah gr/cm <sup>3</sup>	1,651	1,865	2,014	1,969

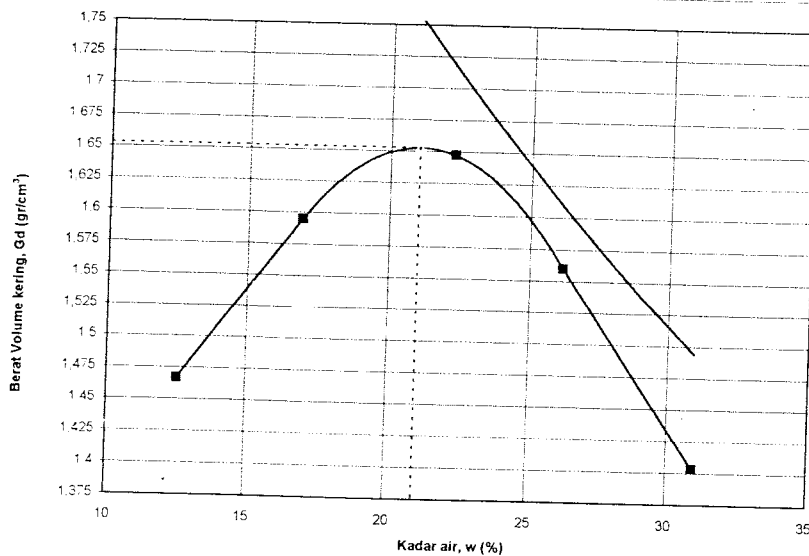
PENGUJIAN KADAR AIR											
1	NOMOR PERCOBAAN	1		2		3		4		5	
2	Nomor cawan	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat cawan kosong gram	21,32	22,54	21,62	14,80	20,05	21,85	21,85	22,05	15,16	22,24
4	Berat cawan + tanah basah gram	39,36	48,83	49,24	42,40	67,03	67,45	69,70	63,50	85,54	75,53
5	Berat cawan + tanah kering gram	37,37	45,87	45,24	38,41	58,59	59,03	59,98	54,72	68,74	63,07
8	Kadar air = w %	12,40	12,69	16,93	16,90	21,90	22,65	25,49	26,87	31,35	30,52
9	Kadar air rata-rata	12,54		16,92		22,27		26,18		30,94	
10	Berat volume tanah kering gr/cm <sup>3</sup>	1,467		1,595		1,647		1,560		1,403	

BERAT VOLUME KERING  
 MAKSIMUM (gr/cm<sup>3</sup>)

1,65281

KADAR AIR OPTIMUM (%)

21,00







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

## PEMADATAN TANAH

### Proctor test

PROJECT : Kaliwiro Development Project TESTED BY : Wiwied & Dhani  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java DATE : November 20<sup>th</sup>, 2002  
 Sample No. : PRT - 4  
 (Camp - 9%)

DATA SILINDER		
1	Diameter ( $\phi$ ) cm	10,21
2	Tinggi ( H ) cm	11,54
3	Volume ( V ) cm <sup>3</sup>	944,82
4	Berat gram	1748

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

Berat jenis Gs	2,7679
----------------	--------

PENAMBAHAN AIR					
1	Berat tanah basah gram	2000	2000	2000	2000
2	Kadar air mula-mula %	3,190	3,190	3,190	3,190
3	Penambahan air %	12,5	17,5	22,5	27,5
4	Penambahan air ml	250	350	450	550

PENGUJIAN PEMADATAN SILINDER					
1	Nomor pengujian	1	2	3	4
2	Berat silinder + tanah padat gram	3326	3578	3635	3554
3	Berat tanah padat gram	1578	1830	1887	1806
4	Berat volume tanah gr/cm <sup>3</sup>	1,670	1,937	1,997	1,911

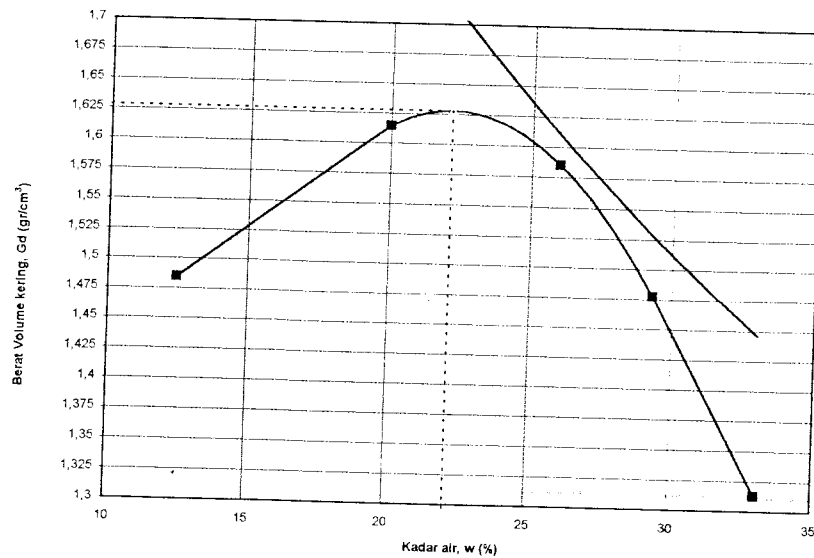
PENGUJIAN KADAR AIR											
1	NOMOR PERCOBAAN	1		2		3		4		5	
2	Nomor cawan	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat cawan kosong gram	21,51	21,87	21,67	21,76	22,31	21,87	21,62	21,96	22,05	21,85
4	Berat cawan + tanah basah gram	64,64	69,13	58,90	66,50	86,20	94,22	95,00	90,19	56,65	70,05
5	Berat cawan + tanah kering gram	59,98	63,77	52,68	59,08	73,14	79,17	78,61	74,48	47,95	58,24
8	Kadar air = w %	12,11	12,79	20,06	19,88	25,69	26,27	28,76	29,91	33,59	32,45
9	Kadar air rata-rata	12,45		19,97		25,98		29,34		33,02	
10	Berat volume tanah kering gr/cm <sup>3</sup>	1,485		1,614		1,585		1,478		1,313	

BERAT VOLUME KERING  
MAKSIMUM (gr/cm<sup>3</sup>)

1,62812

KADAR AIR OPTIMUM (%)

22,14







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

## PEMADATAN TANAH

### Proctor test

PROJECT : Kaliwiro Development Project TESTED BY : Wiwied & Dhani  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java DATE : November 20<sup>th</sup>, 2002  
 Sample No. : PRT - 6  
 (Camp - 15%)

DATA SILINDER		
1	Diameter ( $\phi$ ) cm	10,21
2	Tinggi ( H ) cm	11,54
3	Volume ( V ) cm <sup>3</sup>	944,82
4	Berat gram	1748

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

Berat jenis Gs	2,7468
----------------	--------

#### PENAMBAHAN AIR

	2000	2000	2000	2000	2000
1 Berat tanah basah gram	3330	3462	3528	3552	3512
2 Kadar air mula-mula %	3,190	3,190	3,190	3,190	3,190
3 Penambahan air %	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5
4 Penambahan air ml	250	350	450	550	650

#### PENGUJIAN PEMADATAN SILINDER

	1	2	3	4	5
1 Nomor pengujian					
2 Berat silinder + tanah padat gram	3330	3462	3528	3552	3512
3 Berat tanah padat gram	1582	1714	1780	1804	1764
4 Berat volume tanah gr/cm <sup>3</sup>	1,674	1,814	1,884	1,909	1,867

#### PENGUJIAN KADAR AIR

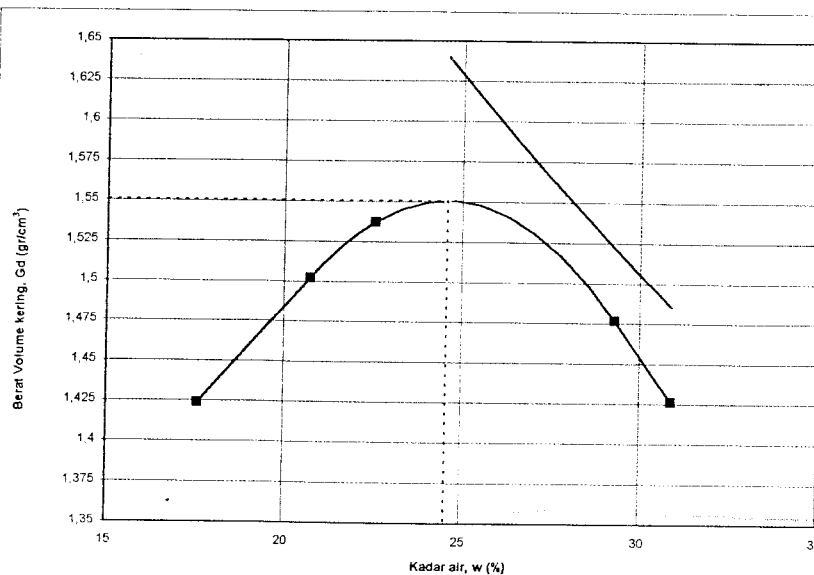
NOMOR PERCOBAAN		1		2		3		4		5	
2	Nomor cawan	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat cawan kosong gram	22,31	21,67	21,97	22,14	22,50	21,20	22,50	22,85	22,00	22,46
4	Berat cawan + tanah basah gram	37,24	36,52	90,86	82,40	100,10	114,74	100,12	104,35	108,94	139,30
5	Berat cawan + tanah kering gram	35,16	34,15	79,12	71,96	85,94	97,38	83,14	85,26	88,23	111,97
8	Kadar air = w %	16,19	18,99	20,54	20,96	22,32	22,79	28,00	30,59	31,27	30,53
9	Kadar air rata-rata	17,59		20,75		22,55		29,29		30,90	
10	Berat volume tanah kering gr/cm <sup>3</sup>	1,424		1,502		1,537		1,477		1,426	

BERAT VOLUME KERING  
MAKSIMUM (gr/cm<sup>3</sup>)

1,55069

KADAR AIR OPTIMUM (%)

24,57





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. : -  
 Sample No : UCT Undisturbed % - 1

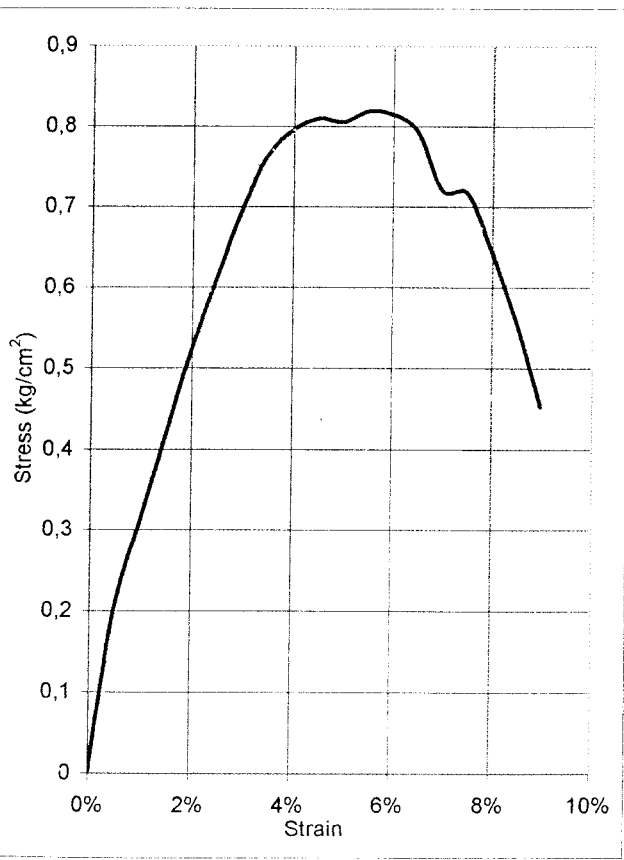
Date : November 18<sup>th</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	6,8
Area (mm <sup>2</sup> )	36,3168
Ht,Lo (mm)	14
Vol (mm <sup>3</sup> )	508,435
Wt (gr)	1055
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	2,07499
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,75999

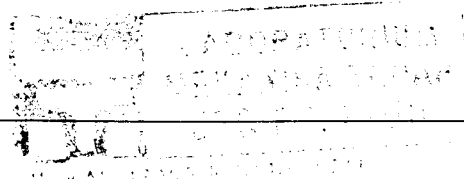
Water Content		
Wt Container (cup), gr	22,14	21,86
Wt of Cup + Wet soil, gr	104,00	105,00
Wt of Cup + Dry soil, gr	91,68	92,27
Water Content %	17,72	18,08
Average water content %	17,90	

LRC = 0,6692 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
70	11	0,50%	7,3612	0,201681
140	17	1,00%	11,3764	0,310122
210	23	1,50%	15,3916	0,417458
280	29	2,00%	19,4068	0,523688
350	34	2,50%	22,7528	0,610846
420	39	3,00%	26,0988	0,697083
490	43	3,50%	28,7756	0,764617
560	45	4,00%	30,114	0,796035
630	46	4,50%	30,7832	0,809486
700	46	5,00%	30,7832	0,805248
770	47	5,50%	31,4524	0,818423
840	47	6,00%	31,4524	0,814093
910	46	6,50%	30,7832	0,792534
980	42	7,00%	28,1064	0,719748
1050	42	7,50%	28,1064	0,715878
1120	38	8,00%	25,4296	0,644198
1190	33	8,50%	22,0836	0,556395
1260	27	9,00%	18,0684	0,452745
1330				
1400				
1470				
1540				
1610				
1680				
1750				
1820				
1890				
1960				



qu = 0,81842 kg/cm<sup>2</sup>  
 α = 51,5 °  
 Angle Of Internal friction, φ = 13 °  
 Cohesion = 0,326 kg/cm<sup>2</sup>





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. :-  
 Sample No : UCT Undisturbed % - 2

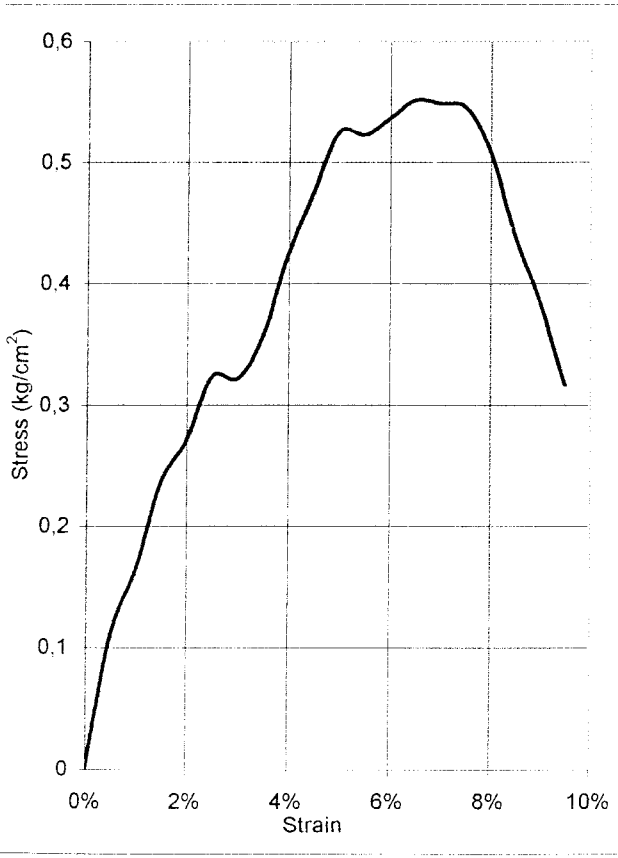
Date : November 18<sup>th</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	6.8
Area (mm <sup>2</sup> )	36,3168
Ht,Lo (mm)	14
Vol (mm <sup>3</sup> )	508,435
Wt (gr)	983
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,93338
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,58287

Water Content		
Wt Container (cup), gr	21,52	22,00
Wt of Cup + Wet soil, gr	89,40	80,72
Wt of Cup + Dry soil, gr	77,32	69,88
Water Content %	21,65	22,64
Average water content %	22,14	

LRC = 0,6692 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/L <sub>0</sub> )	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
70	6	0,50%	4,0152	0,110008
140	9	1,00%	6,0228	0,164162
210	13	1,50%	8,6996	0,235954
280	15	2,00%	10,038	0,270873
350	18	2,50%	12,0456	0,323389
420	18	3,00%	12,0456	0,321731
490	20	3,50%	13,384	0,355636
560	24	4,00%	16,0608	0,424552
630	27	4,50%	18,0684	0,475133
700	30	5,00%	20,076	0,525162
770	30	5,50%	20,076	0,522398
840	31	6,00%	20,7452	0,536955
910	32	6,50%	21,4144	0,551328
980	32	7,00%	21,4144	0,548379
1050	32	7,50%	21,4144	0,545431
1120	30	8,00%	20,076	0,508578
1190	26	8,50%	17,3992	0,438372
1260	23	9,00%	15,3916	0,385671
1330	19	9,50%	12,7148	0,316848
1400				
1470				
1540				
1610				
1680				
1750				
1820				
1890				
1960				



qu =	0,55133 kg/cm <sup>2</sup>
α =	52 °
Angle Of Internal friction, φ =	14 °
Cohesion =	0,215 kg/cm <sup>2</sup>



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaiwiro Development Project  
 Location : Kaiwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. :-  
 Sample No : UCT 0% - 1

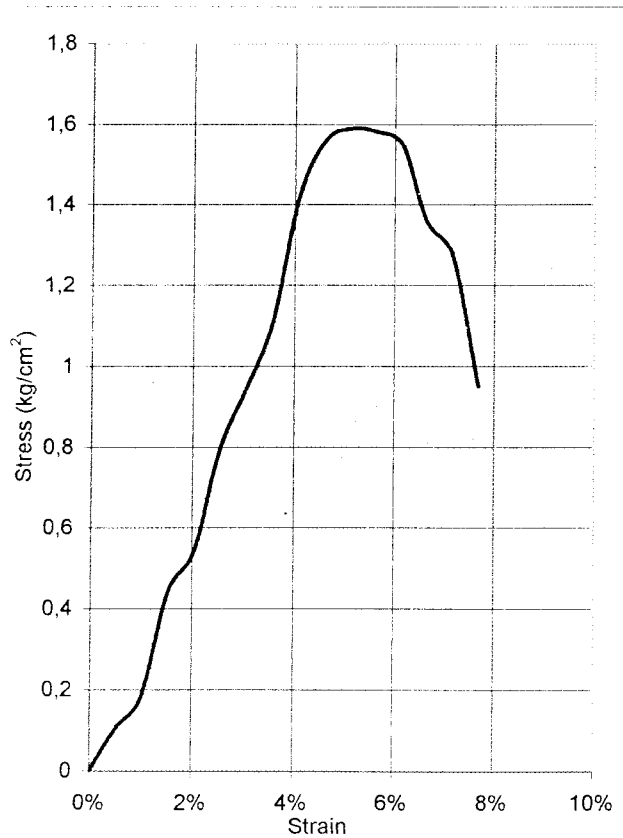
Date : November 21<sup>st</sup>, 2002  
 Tested by : Wwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht, Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	196,627
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	2,0161
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,71766

Water Content		
Wt Container (cup), gr	22,48	22,12
Wt of Cup + Wet soil, gr	53,21	52,04
Wt of Cup + Dry soil, gr	48,56	47,71
Water Content %	17,83	16,92
Average water content %	17,38	

LRC = 0,165 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	8	0,51%	1,32	0,105028
80	14	1,03%	2,31	0,182852
120	34	1,54%	5,61	0,441768
160	42	2,05%	6,93	0,542871
200	62	2,56%	10,23	0,797185
240	74	3,08%	12,21	0,946471
280	87	3,59%	14,355	1,106855
320	112	4,10%	18,48	1,417338
360	124	4,62%	20,46	1,560804
400	127	5,13%	20,955	1,589971
440	127	5,64%	20,955	1,581376
480	125	6,15%	20,625	1,548014
520	110	6,67%	18,15	1,354808
560	104	7,18%	17,16	1,273871
600	78	7,69%	12,87	0,950125
640				
680				
720				
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu = 1,58997 kg/cm<sup>2</sup>  
 α = 49,5 °  
 Angle Of Internal friction, φ = 9 °  
 Cohesion = 0,679 kg/cm<sup>2</sup>



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. :-  
 Sample No : UCT 0% - 2

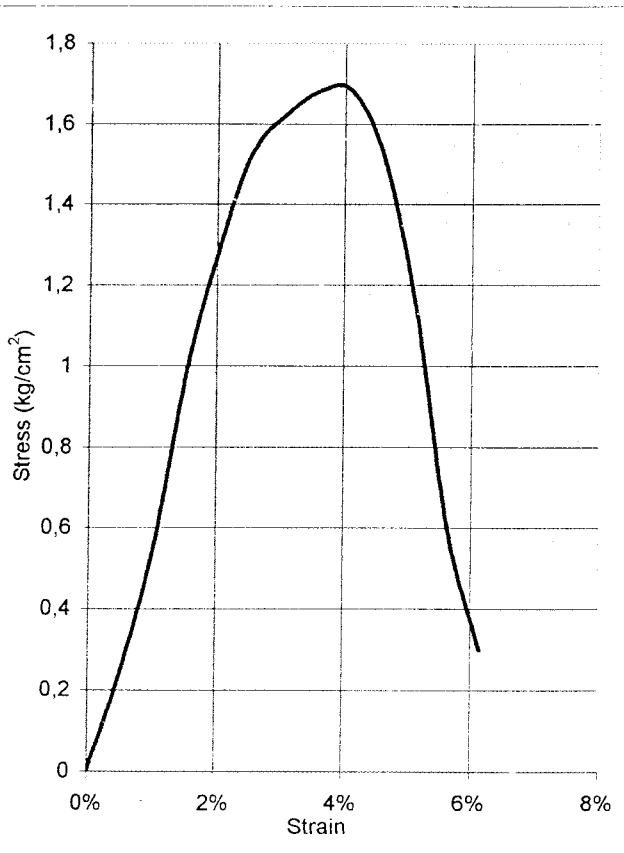
Date : November 21<sup>st</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht,Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	196,664
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	2,01648
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,71798

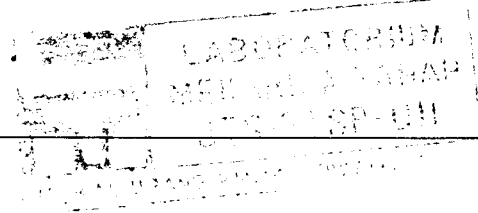
Water Content		
Wt Container (cup), gr	22,48	22,12
Wt of Cup + Wet soil, gr	53,21	52,04
Wt of Cup + Dry soil, gr	48,56	47,71
Water Content %	17,83	16,92
Average water content %	17,38	

LRC = 0,165 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain ( $\Delta L/L_0$ )	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	18	0,51%	2,97	0,236313
80	42	1,03%	6,93	0,548555
120	76	1,54%	12,54	0,98748
160	100	2,05%	16,5	1,292549
200	119	2,56%	19,635	1,53008
240	127	3,08%	20,955	1,624348
280	132	3,59%	21,78	1,679366
320	133	4,10%	21,945	1,683088
360	121	4,62%	19,965	1,523042
400	92	5,13%	15,18	1,15179
440	48	5,64%	7,92	0,597686
480	24	6,15%	3,96	0,297219
520				
560				
600				
640				
680				
720				
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu = 1,68309 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\alpha$  = 49°  
 Angle Of Internal friction,  $\phi$  = 8°  
 Cohesion = 0,732 kg/cm<sup>2</sup>





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. : -  
 Sample No : UCT 3% - 1

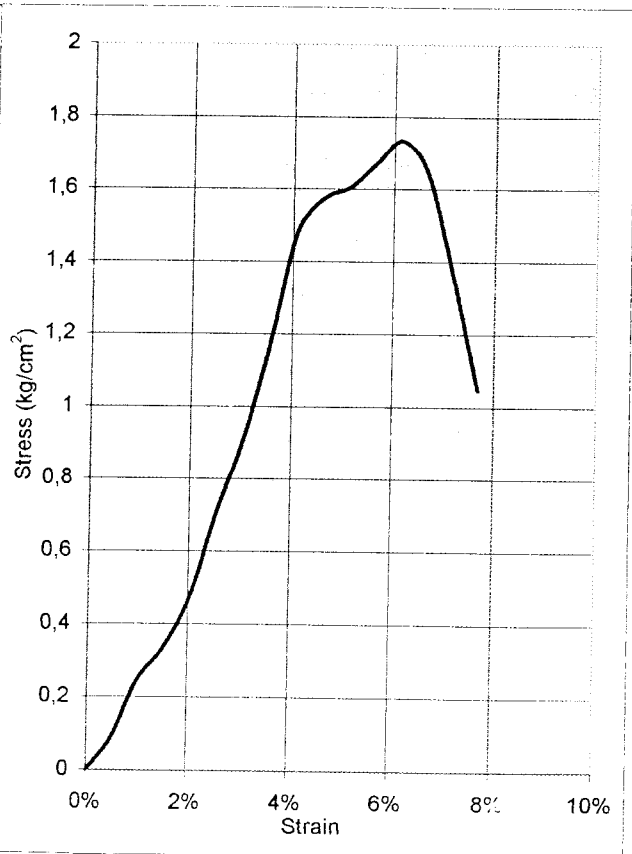
Date : November 21<sup>st</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht, Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	193,637
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,98545
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,67622

Water Content		
Wt Container (cup), gr	21,84	21,97
Wt of Cup + Wet soil, gr	75,56	76,21
Wt of Cup + Dry soil, gr	66,98	67,98
Water Content %	19,01	17,89
Average water content %	18,45	

LRC = 0,165 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain ( $\Delta L/L_0$ )	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	7	0,51%	1,155	0,0919
80	19	1,03%	3,135	0,248156
120	26	1,54%	4,29	0,337822
160	37	2,05%	6,105	0,478243
200	55	2,56%	9,075	0,70718
240	71	3,08%	11,715	0,9081
280	92	3,59%	15,18	1,170467
320	117	4,10%	19,305	1,480612
360	125	4,62%	20,625	1,573391
400	128	5,13%	21,12	1,60249
440	134	5,64%	22,11	1,668539
480	140	6,15%	23,1	1,733775
520	134	6,67%	22,11	1,650402
560	112	7,18%	18,48	1,371861
600	86	7,69%	14,19	1,047574
640				
680				
720				
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu = 1,73378 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\alpha$  = 50°  
 Angle Of Internal friction,  $\phi$  = 10°  
 Cohesion = 0,727 kg/cm<sup>2</sup>





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. :-  
 Sample No : UCT 3% - 2

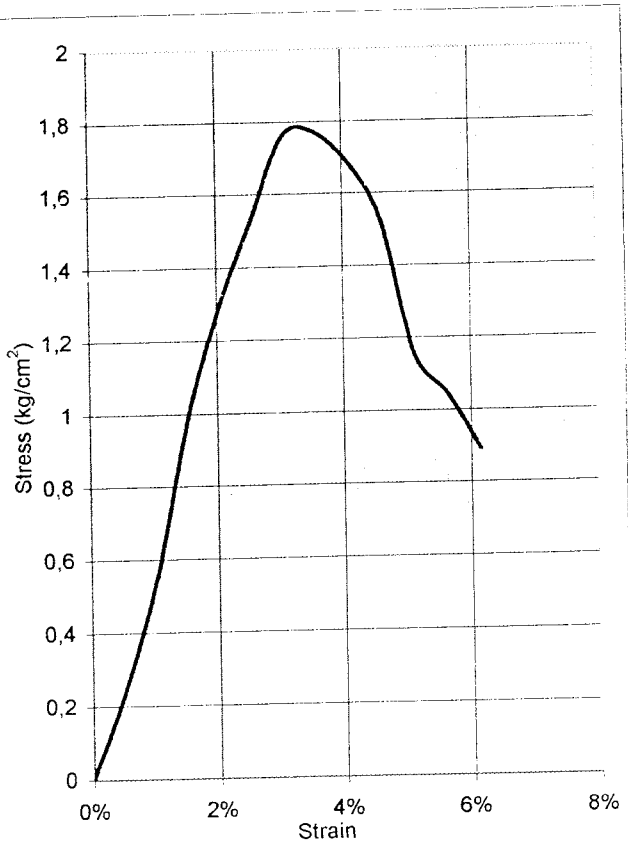
Date : November 21<sup>st</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht,Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	193,681
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,9859
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,67661

Water Content		
Wt Container (cup), gr	21,84	21,97
Wt of Cup + Wet soil, gr	75,56	76,21
Wt of Cup + Dry soil, gr	66,98	67,98
Water Content %	19,01	17,89
Average water content %	18,45	

LRC = 0,165 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/L <sub>0</sub> )	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	18	0,51%	2,97	0,236313
80	42	1,03%	6,93	0,548555
120	76	1,54%	12,54	0,98748
160	100	2,05%	16,5	1,292549
200	119	2,56%	19,635	1,53008
240	138	3,08%	22,77	1,76504
280	139	3,59%	22,935	1,768424
320	133	4,10%	21,945	1,683088
360	121	4,62%	19,965	1,523042
400	92	5,13%	15,18	1,15179
440	84	5,64%	13,86	1,04595
480	72	6,15%	11,88	0,891656
520				
560				
600				
640				
680				
720				
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu = 1,76842 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\alpha$  = 50,25 °  
 Angle Of Internal friction,  $\phi$  = 10,5 °  
 Cohesion = 0,735 kg/cm<sup>2</sup>



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. : -  
 Sample No : UCT 6% - 1

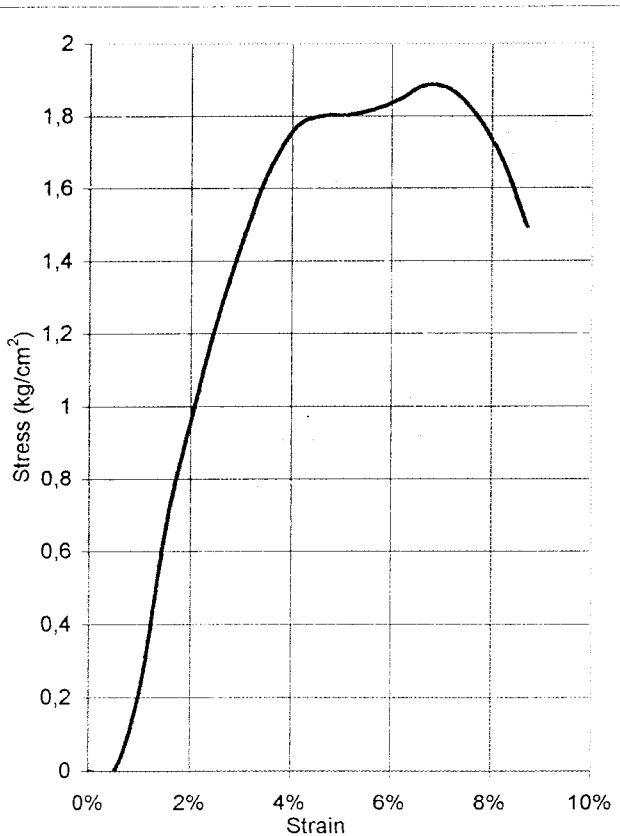
Date : November 21<sup>st</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht, Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	196,385
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	2,01362
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,65768

Water Content		
Wt Container (cup), gr	22,50	22,06
Wt of Cup + Wet soil, gr	82,42	82,24
Wt of Cup + Dry soil, gr	71,86	71,57
Water Content %	21,39	21,55
Average water content %	21,47	

LRC = 0,165 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	0	0,51%	0	0
80	17	1,03%	2,805	0,222034
120	52	1,54%	8,58	0,675644
160	76	2,05%	12,54	0,982337
200	97	2,56%	16,005	1,247208
240	115	3,08%	18,975	1,470867
280	130	3,59%	21,45	1,653921
320	140	4,10%	23,1	1,771672
360	143	4,62%	23,595	1,799959
400	144	5,13%	23,76	1,802801
440	146	5,64%	24,09	1,81796
480	149	6,15%	24,585	1,845232
520	153	6,67%	25,245	1,884415
560	153	7,18%	25,245	1,874061
600	148	7,69%	24,42	1,802801
640	139	8,21%	22,935	1,683765
680	124	8,72%	20,46	1,493672
720				
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu =	1,88441 kg/cm <sup>2</sup>
α =	51,6 °
Angle Of Internal friction, φ =	13,2 °
Cohesion =	0,747 kg/cm <sup>2</sup>

*[Faint, illegible text or stamp]*



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. :-  
 Sample No : UCT 6% - 2

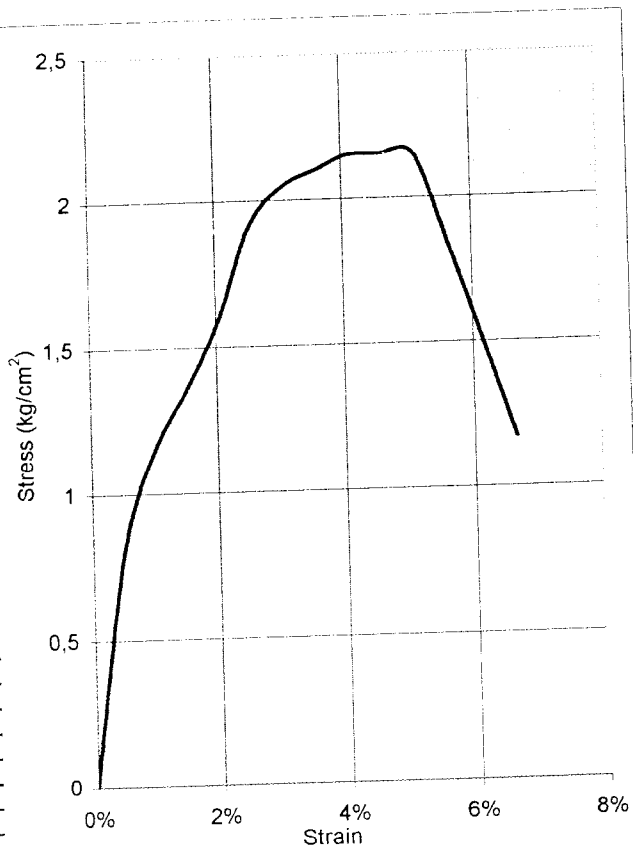
Date : November 21<sup>st</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht,Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	196,452
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	2,01431
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,65824

Water Content		
Wt Container (cup), gr	22,50	22,06
Wt of Cup + Wet soil, gr	82,42	82,24
Wt of Cup + Dry soil, gr	71,86	71,57
Water Content %	21,39	21,55
Average water content %	21,47	

LRC = 0,165 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	62	0,51%	10,23	0,813968
80	89	1,03%	14,685	1,162414
120	105	1,54%	17,325	1,364282
160	123	2,05%	20,295	1,589835
200	149	2,56%	24,585	1,915815
240	160	3,08%	26,4	2,046423
280	165	3,59%	27,225	2,099208
320	170	4,10%	28,05	2,151316
360	171	4,62%	28,215	2,152399
400	172	5,13%	28,38	2,153346
440	148	5,64%	24,42	1,842864
480	122	6,15%	20,13	1,510861
520	95	6,67%	15,675	1,170061
560				
600				
640				
680				
720				
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu = 2,15335 kg/cm<sup>2</sup>  
 α = 51,25 °  
 Angle Of Internal friction, φ = 12,5 °  
 Cohesion = 0,864 kg/cm<sup>2</sup>



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. :-  
 Sample No : UCT 9% - 2

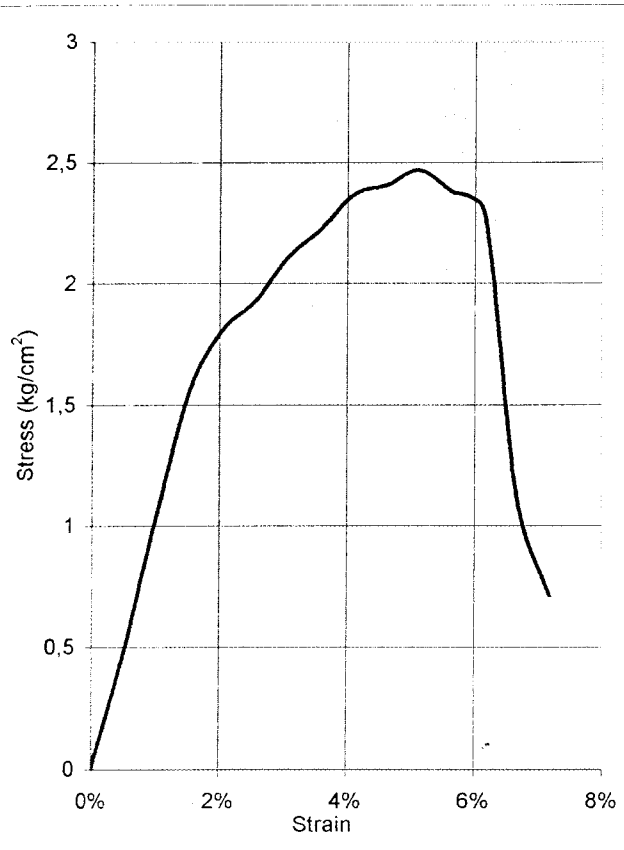
Date : November 21<sup>st</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht, Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	193,945
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,9886
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,62812

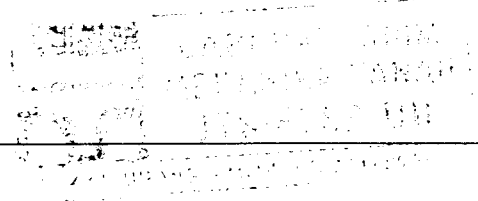
Water Content		
Wt Container (cup). gr	22,24	22,48
Wt of Cup + Wet soil, gr	78,53	72,15
Wt of Cup + Dry soil, gr	67,91	63,52
Water Content %	23,25	21,03
Average water content %	22,14	

LRC = 0,165 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (%L/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	36	0,51%	5,94	0,472626
80	80	1,03%	13,2	1,044867
120	120	1,54%	19,8	1,55918
160	140	2,05%	23,1	1,809569
200	150	2,56%	24,75	1,928673
240	165	3,08%	27,225	2,110374
280	175	3,59%	28,875	2,226433
320	187	4,10%	30,855	2,366447
360	191	4,62%	31,515	2,404141
400	197	5,13%	32,505	2,466332
440	191	5,64%	31,515	2,37829
480	185	6,15%	30,525	2,29106
520	91	6,67%	15,015	1,120796
560	58	7,18%	9,57	0,710428
600				
640				
680				
720				
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu = 2,46633 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\alpha$  = 53,2°  
 Angle Of Internal friction,  $\phi$  = 16,4°  
 Cohesion = 0,923 kg/cm<sup>2</sup>





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. : -  
 Sample No : UCT 12% - 1

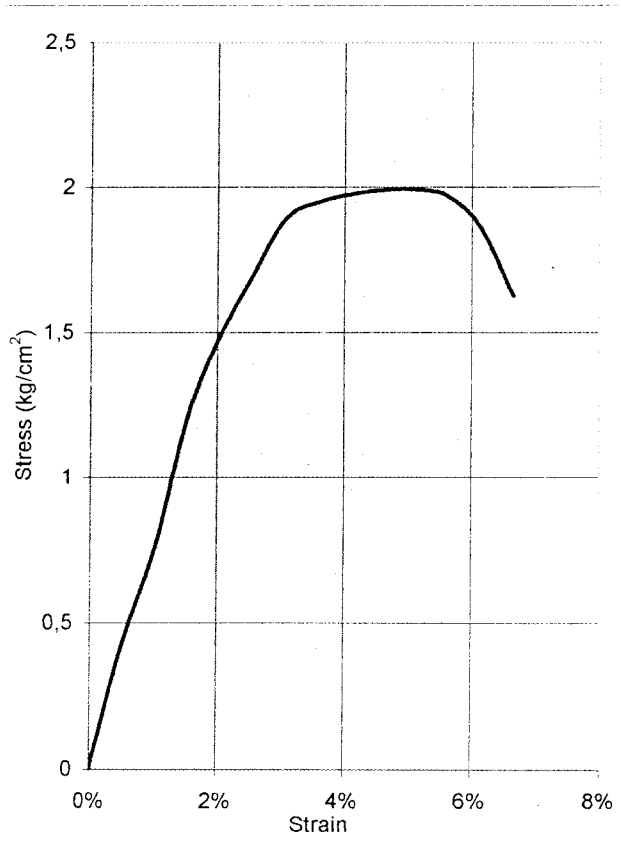
Date : November 22<sup>nd</sup>, 2002  
 Tested by : Wwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht,Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	191,452
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,96304
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,58734

Water Content		
Wt Container (cup), gr	21,90	22,46
Wt of Cup + Wet soil, gr	61,86	54,76
Wt of Cup + Dry soil, gr	54,21	48,58
Water Content %	23,68	23,66
Average water content %	23,67	

LRC = 0,165 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	32	0,51%	5,28	0,420112
80	58	1,03%	9,57	0,757528
120	93	1,54%	15,345	1,208364
160	115	2,05%	18,975	1,486431
200	132	2,56%	21,78	1,697232
240	148	3,08%	24,42	1,892941
280	153	3,59%	25,245	1,946538
320	156	4,10%	25,74	1,974149
360	158	4,62%	26,07	1,988766
400	159	5,13%	26,235	1,990593
440	158	5,64%	26,07	1,967381
480	150	6,15%	24,75	1,857616
520	132	6,67%	21,78	1,62577
560				
600				
640				
680				
720				
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu =	1,99059 kg/cm <sup>2</sup>
α =	54,4 °
Angle Of Internal friction, φ =	18,8 °
Cohesion =	0,713 kg/cm <sup>2</sup>



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. : -  
 Sample No : UCT 12% - 2

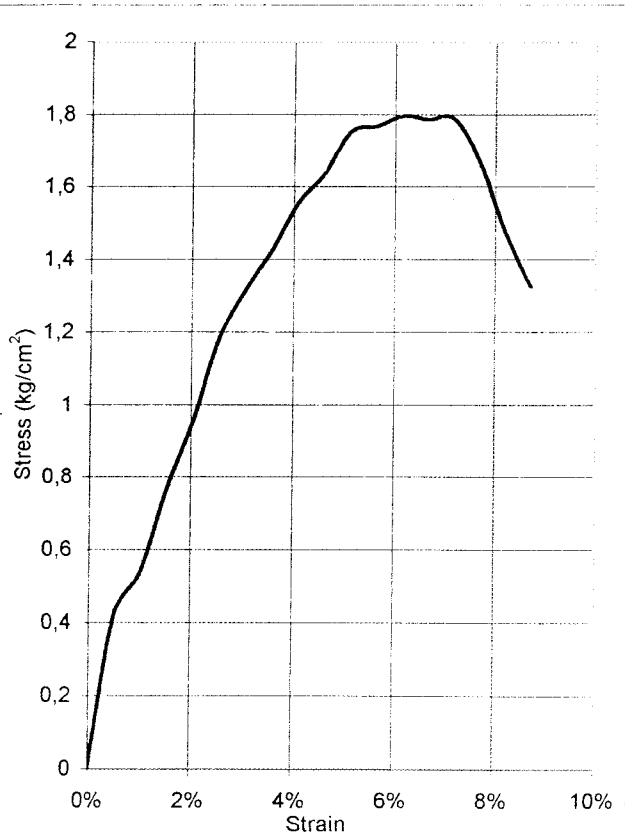
Date : November 22<sup>nd</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht,Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	191,241
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,96088
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,58559

Water Content		
Wt Container (cup), gr	21,90	22,46
Wt of Cup + Wet soil, gr	61,86	54,76
Wt of Cup + Dry soil, gr	54,21	48,58
Water Content %	23,68	23,66
Average water content %	23,67	

LRC = 0,165 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	32	0,51%	5,28	0,420112
80	41	1,03%	6,765	0,535494
120	59	1,54%	9,735	0,766597
160	74	2,05%	12,21	0,956486
200	92	2,56%	15,18	1,182919
240	103	3,08%	16,995	1,317385
280	112	3,59%	18,48	1,424917
320	123	4,10%	20,295	1,55654
360	130	4,62%	21,45	1,636326
400	140	5,13%	23,1	1,752724
440	142	5,64%	23,43	1,768153
480	145	6,15%	23,925	1,795696
520	145	6,67%	23,925	1,785883
560	146	7,18%	24,09	1,788319
600	137	7,69%	22,605	1,668809
640	122	8,21%	20,13	1,477837
680	110	8,72%	18,15	1,325032
720				
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu = 1,79570 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\alpha$  = 54,5 °  
 Angle Of Internal friction,  $\phi$  = 19 °  
 Cohesion = 0,640 kg/cm<sup>2</sup>



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. : -  
 Sample No : UCT 15% - 1

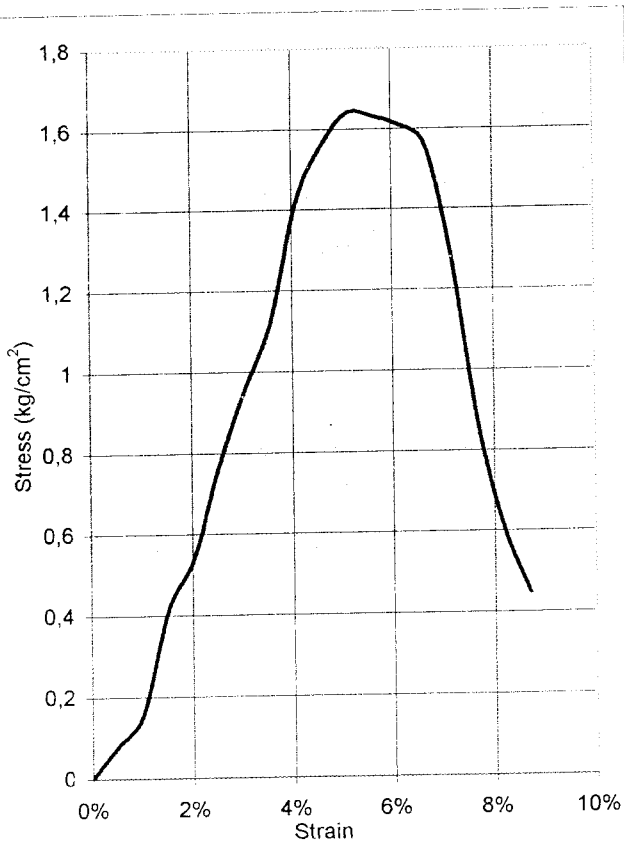
Date : November 22<sup>nd</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht,Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	188,304
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,93076
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,55025

Water Content		
Wt Container (cup), gr	21,54	22,00
Wt of Cup + Wet soil, gr	76,32	75,45
Wt of Cup + Dry soil, gr	64,73	65,72
Water Content %	26,83	22,26
Average water content %	24,55	

LRC = 0,165 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain ( $\Delta L/L_0$ )	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	6	0,51%	0,99	0,078771
80	12	1,03%	1,98	0,15673
120	32	1,54%	5,28	0,415781
160	42	2,05%	6,93	0,542871
200	60	2,56%	9,9	0,771469
240	75	3,08%	12,375	0,959261
280	88	3,59%	14,52	1,119578
320	112	4,10%	18,48	1,417338
360	124	4,62%	20,46	1,560804
400	131	5,13%	21,615	1,640048
440	131	5,64%	21,615	1,631183
480	130	6,15%	21,45	1,609934
520	127	6,67%	20,955	1,564187
560	105	7,18%	17,325	1,28612
600	71	7,69%	11,715	0,864857
640	50	8,21%	8,25	0,605671
680	37	8,72%	6,105	0,445693
720				
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu = 1,64005 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\alpha$  = 55,3 °  
 Angle Of Internal friction,  $\phi$  = 20,6 °  
 Cohesion = 0,568 kg/cm<sup>2</sup>



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. :-  
 Sample No : UCT 15% - 2

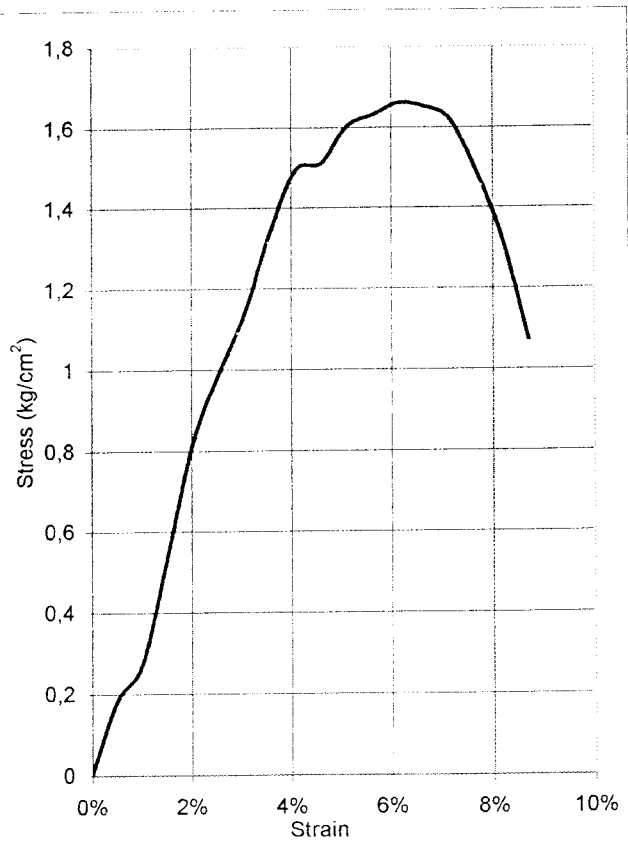
Date : November 22<sup>nd</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht,Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	188,326
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,93099
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,55043

Water Content		
Wt Container (cup), gr	21,54	22,00
Wt of Cup + Wet soil, gr	76,32	75,45
Wt of Cup + Dry soil, gr	64,73	65,72
Water Content %	26,83	22,26
Average water content %	24,55	

LRC = 0,165 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain ( $\Delta L/L_0$ )	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	14	0,51%	2,31	0,183799
80	21	1,03%	3,465	0,274278
120	42	1,54%	6,93	0,545713
160	64	2,05%	10,56	0,827231
200	77	2,56%	12,705	0,990052
240	89	3,08%	14,685	1,138323
280	105	3,59%	17,325	1,33586
320	118	4,10%	19,47	1,493266
360	120	4,62%	19,8	1,510455
400	128	5,13%	21,12	1,60249
440	131	5,64%	21,615	1,631183
480	134	6,15%	22,11	1,659471
520	134	6,67%	22,11	1,650402
560	132	7,18%	21,78	1,616837
600	122	7,69%	20,13	1,486093
640	109	8,21%	17,985	1,320363
680	89	8,72%	14,685	1,072071
720				
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu = 1,65947 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\alpha$  = 54,8 °  
 Angle Of Internal friction,  $\phi$  = 19,6 °  
 Cohesion = 0,585 kg/cm<sup>2</sup>





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. :-  
 Sample No : UCT 9% - 1

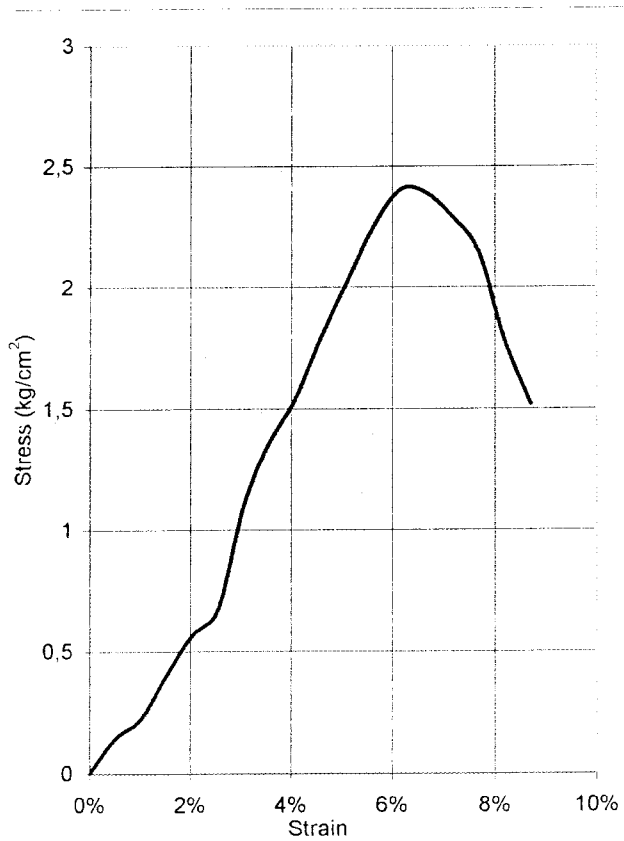
Date : November 21<sup>st</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht, Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	193,947
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,98862
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,62814

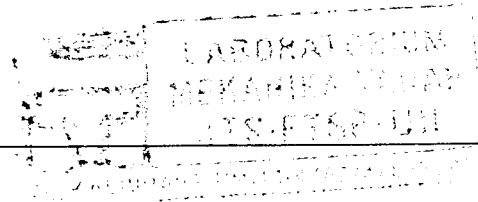
Water Content		
Wt Container (cup), gr	22,24	22,48
Wt of Cup + Wet soil, gr	78,53	72,15
Wt of Cup + Dry soil, gr	67,91	63,52
Water Content %	23,25	21,03
Average water content %	22,14	

LRC = 0,165 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	11	0,51%	1,815	0,144414
80	17	1,03%	2,305	0,222034
120	31	1,54%	5,115	0,402788
160	44	2,05%	7,26	0,568722
200	52	2,56%	8,58	0,668607
240	86	3,08%	14,19	1,099952
280	107	3,59%	17,655	1,361305
320	122	4,10%	20,13	1,543866
360	143	4,62%	23,595	1,799959
400	162	5,13%	26,73	2,028152
440	181	5,64%	29,865	2,253772
480	194	6,15%	32,01	2,402517
520	194	6,67%	32,01	2,389389
560	187	7,18%	30,855	2,290519
600	176	7,69%	29,04	2,143872
640	147	8,21%	24,255	1,780672
680	126	8,72%	20,79	1,517764
720				
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu = 2,40252 kg/cm<sup>2</sup>  
 α = 53,4 °  
 Angle Of Internal friction, φ = 16,8 °  
 Cohesion = 0,892 kg/cm<sup>2</sup>





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. :-  
 Sample No : UCT 9% - 2

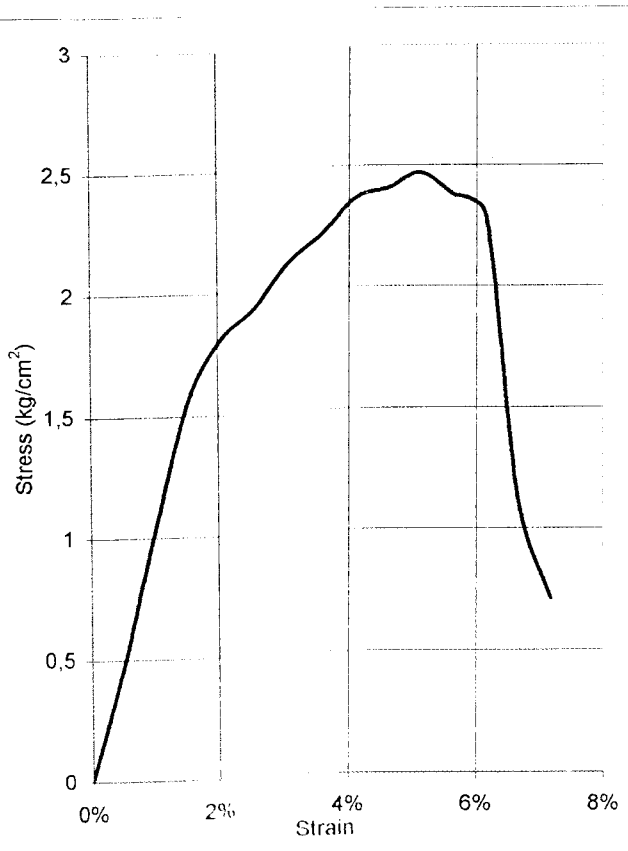
Date : November 21<sup>st</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht,Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	193,945
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,9886
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,62812

Water Content	
Wt Container (cup), gr	22,48
Wt of Cup + Wet soil, gr	72,15
Wt of Cup + Dry soil, gr	63,52
Water Content %	21,03
Average water content %	21,03

LRC = 0,165 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	36	0,51%	5,94	0,472626
80	80	1,03%	13,2	1,044867
120	120	1,54%	19,8	1,55918
160	140	2,05%	23,1	1,809569
200	150	2,56%	24,75	1,928673
240	165	3,08%	27,225	2,110374
280	175	3,59%	28,875	2,226433
320	187	4,10%	30,855	2,366447
360	191	4,62%	31,515	2,404141
400	197	5,13%	32,505	2,466332
440	191	5,64%	31,515	2,37829
480	185	6,15%	30,525	2,29106
520	91	6,67%	15,015	1,120796
560	58	7,18%	9,57	0,710428
600				
640				
680				
720				
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu =	2,404133 kg/cm <sup>2</sup>
α =	5,12 °
Angle Of Internal friction, φ	16,4 °
Cohesion =	0,923 kg/cm <sup>2</sup>



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. : -  
 Sample No : Curing time 3 -2

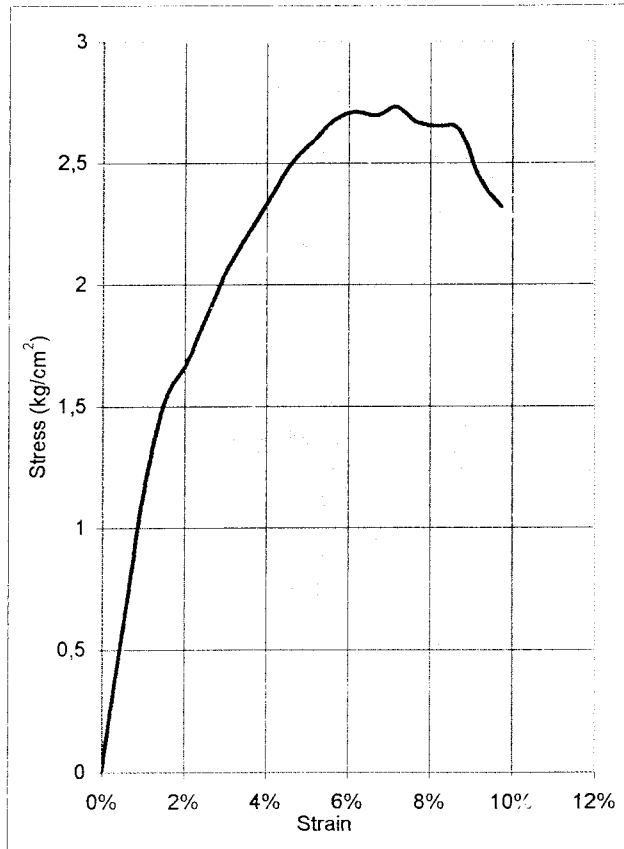
Date : November 25<sup>th</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht, Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	194,064
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,98982
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,62841

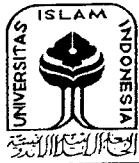
Water Content		
Wt Container (cup), gr	22,21	22,54
Wt of Cup + Wet soil, gr	77,42	71,82
Wt of Cup + Dry soil, gr	67,86	62,46
Water Content %	20,94	23,45
Average water content %	22,19	

LRC = 0,6692 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (%L/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	11	0,51%	7,3612	0,585707
80	22	1,03%	14,7224	1,165375
120	29	1,54%	19,4068	1,528216
160	32	2,05%	21,4144	1,677525
200	36	2,56%	24,0912	1,877335
240	40	3,08%	26,768	2,074949
280	43	3,59%	28,7756	2,218768
320	46	4,10%	30,7832	2,360941
360	49	4,62%	32,7908	2,501466
400	51	5,13%	34,1292	2,589569
440	53	5,64%	35,4576	2,676575
480	54	6,15%	36,1368	2,712255
520	54	6,67%	36,1368	2,697434
560	55	7,18%	36,806	2,732291
600	54	7,69%	36,1368	2,657792
640	54	8,21%	36,1368	2,652971
680	54	8,72%	36,1368	2,63815
720	50	9,23%	33,46	2,429008
760	48	9,74%	32,1216	2,318673
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu = 2,73229 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\alpha$  = 55 °  
 Angle Of Internal friction,  $\phi$  = 20 °  
 Cohesion = 0,957 kg/cm<sup>2</sup>



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. :-  
 Sample No : Curing time 7-1

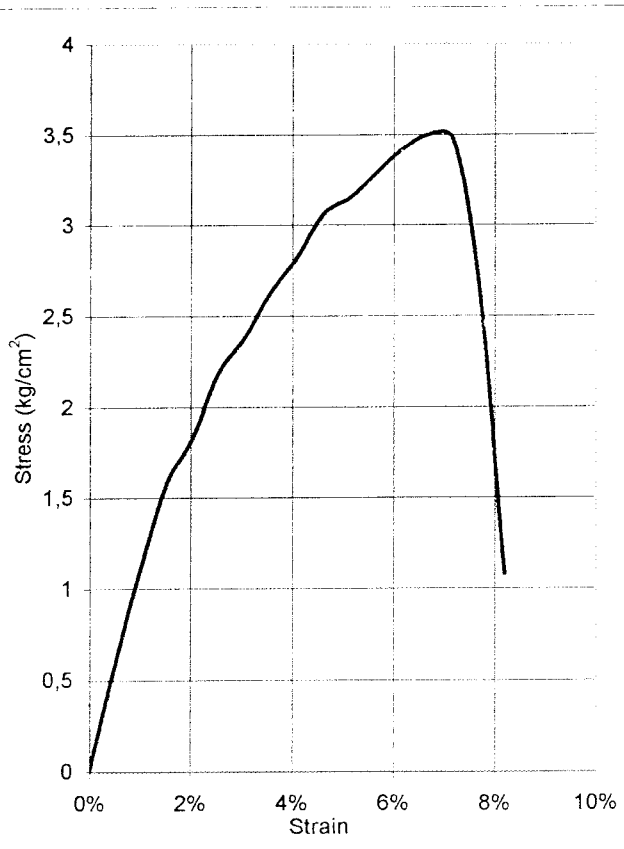
Date : November 29<sup>th</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht,Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	193,768
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,98679
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,62694

Water Content		
Wt Container (cup), gr	22,02	22,48
Wt of Cup + Wet soil, gr	78,02	71,64
Wt of Cup + Dry soil, gr	67,85	62,76
Water Content %	22,19	22,05
Average water content %	22,12	

LRC = 0,6692 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	11	0,51%	7,3612	0,585707
80	21	1,03%	14,0532	1,112403
120	30	1,54%	20,076	1,580914
160	35	2,05%	23,422	1,834793
200	42	2,56%	28,1064	2,190224
240	46	3,08%	30,7832	2,386191
280	51	3,59%	34,1292	2,631562
320	55	4,10%	36,806	2,822864
360	60	4,62%	40,152	3,06302
400	62	5,13%	41,4904	3,148104
440	65	5,64%	43,498	3,282591
480	68	6,15%	45,5056	3,415432
520	70	6,67%	46,844	3,496673
560	70	7,18%	46,844	3,477461
600	54	7,69%	36,1368	2,667792
640	22	8,21%	14,7224	1,08084
680				
720				
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu = 3,49667 kg/cm<sup>2</sup>  
 α = 58 °  
 Angle Of Internal friction, φ = 26 °  
 Cohesion = 1,092 kg/cm<sup>2</sup>



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. : -  
 Sample No : Curing time 7-2

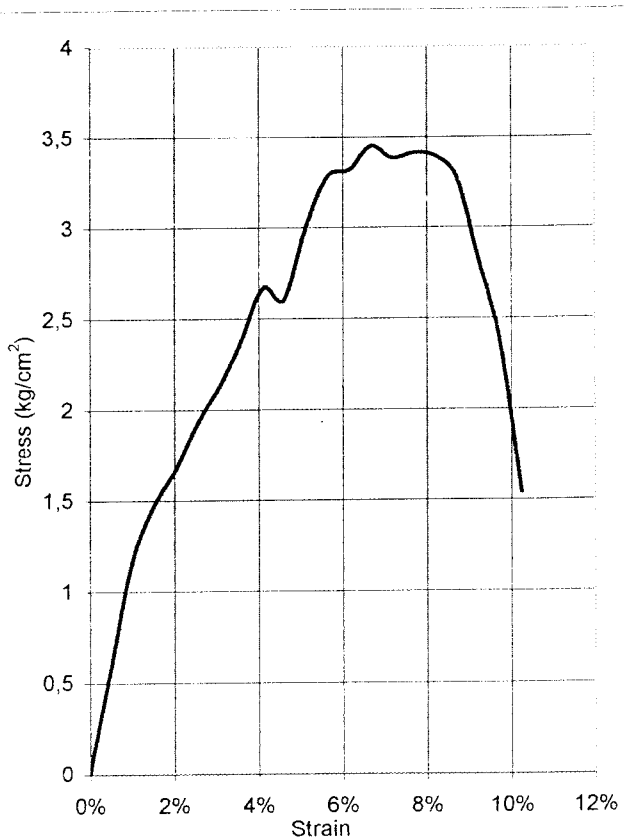
Date : November 29<sup>th</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwed & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht, Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	193,751
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,98661
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,6268

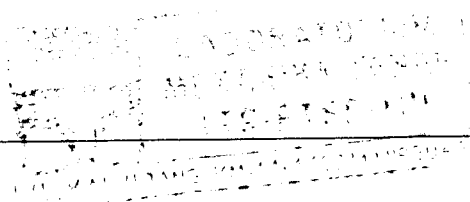
Water Content		
Wt Container (cup), gr	22,02	22,48
Wt of Cup + Wet soil, gr	78,02	71,64
Wt of Cup + Dry soil, gr	67,85	62,76
Water Content %	22,19	22,05
Average water content %	22,12	

LRC = 0,6692 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain ( $\Delta L/L_0$ ),	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	11	0,51%	7,3612	0,585707
80	22	1,03%	14,7224	1,165375
120	28	1,54%	18,7376	1,475519
160	32	2,05%	21,4144	1,677525
200	37	2,56%	24,7604	1,929483
240	41	3,08%	27,4372	2,126823
280	46	3,59%	30,7832	2,373566
320	52	4,10%	34,7984	2,66889
360	51	4,62%	34,1292	2,603567
400	59	5,13%	39,4828	2,995776
440	65	5,64%	43,498	3,282591
480	66	6,15%	44,1672	3,314978
520	69	6,67%	46,1748	3,446721
560	68	7,18%	45,5056	3,378105
600	69	7,69%	46,1748	3,408845
640	69	8,21%	46,1748	3,389907
680	67	8,72%	44,8364	3,27326
720	58	9,23%	38,8136	2,817649
760	49	9,74%	32,7908	2,366979
800	32	10,26%	21,4144	1,536999
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu = 3,44672 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\alpha$  = 56,6°  
 Angle Of Internal friction,  $\phi$  = 23,2°  
 Cohesion = 1,136 kg/cm<sup>2</sup>





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. : -  
 Sample No : Curing time 14-1

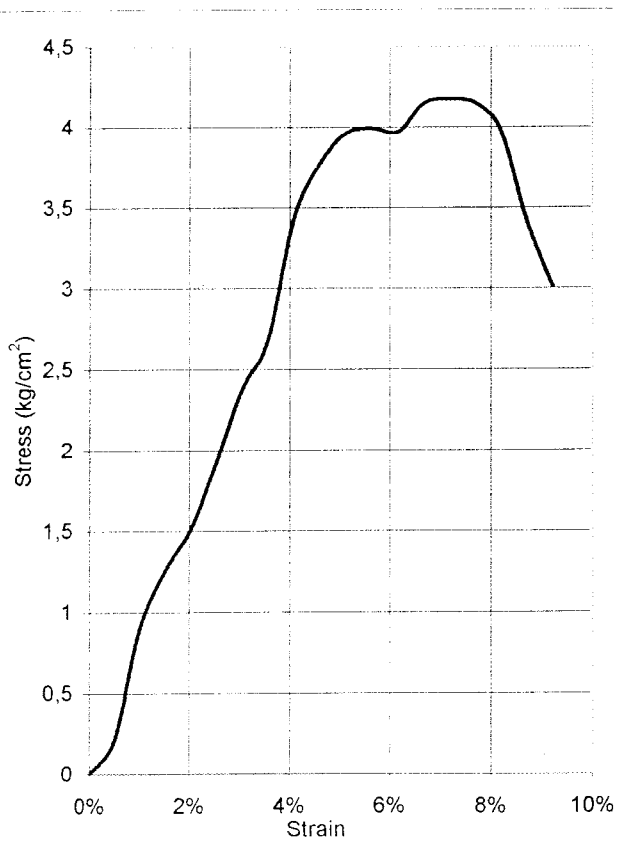
Date : December 14<sup>th</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht,Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	193,892
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,98806
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,62809

Water Content		
Wt Container (cup), gr	21,86	21,44
Wt of Cup + Wet soil, gr	78,54	74,56
Wt of Cup + Dry soil, gr	67,86	65,34
Water Content %	23,22	21,00
Average water content %	22,11	

LRC = 0,6692 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	4	0,51%	2,6768	0,212984
80	17	1,03%	11,3764	0,900517
120	24	1,54%	16,0608	1,264731
160	29	2,05%	19,4068	1,520257
200	37	2,56%	24,7604	1,929483
240	46	3,08%	30,7832	2,386191
280	52	3,59%	34,7984	2,683162
320	67	4,10%	44,8364	3,438762
360	74	4,62%	49,5208	3,777725
400	78	5,13%	52,1976	3,960518
440	79	5,64%	52,8668	3,989611
480	79	6,15%	52,8668	3,967928
520	83	6,67%	55,5436	4,146056
560	84	7,18%	56,2128	4,172953
600	84	7,69%	56,2128	4,149898
640	81	8,21%	54,2052	3,979456
680	70	8,72%	46,844	3,419823
720	62	9,23%	41,4904	3,01197
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu =	4,17295 kg/cm <sup>2</sup>
α =	58,8 °
Angle Of Internal friction, φ =	27,6 °
Cohesion =	1,264 kg/cm <sup>2</sup>



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. : -  
 Sample No : Curing time 14-2

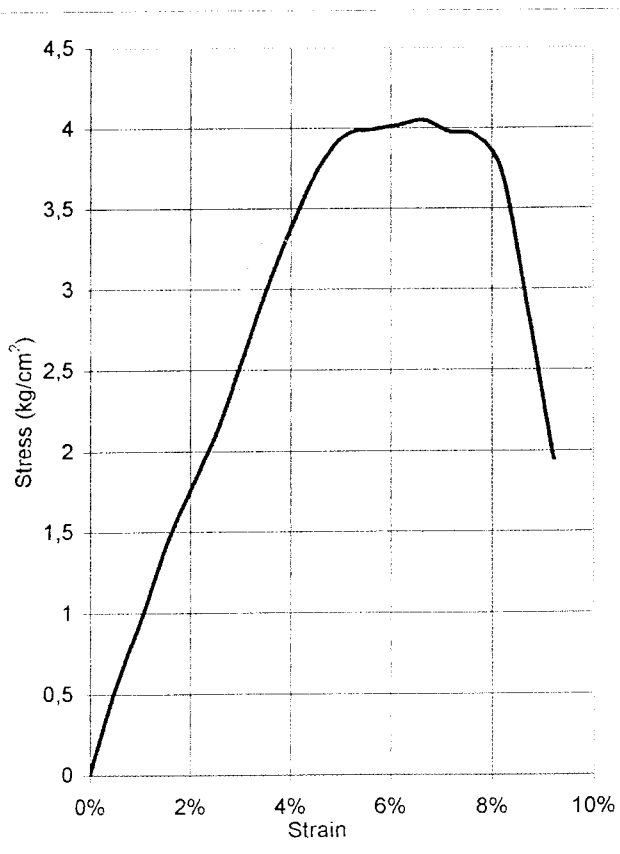
Date : December 14<sup>th</sup>, 2002  
 Tested by : Wwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht,Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	193,861
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,98774
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,62783

Water Content		
Wt Container (cup), gr	21,86	21,44
Wt of Cup + Wet soil, gr	78,54	74,56
Wt of Cup + Dry soil, gr	67,86	65,34
Water Content %	23,22	21,00
Average water content %	22,11	

LRC = 0,6692 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	10	0,51%	6,692	0,53246
80	18	1,03%	12,0456	0,953489
120	27	1,54%	18,0684	1,422822
160	34	2,05%	22,7528	1,78237
200	41	2,56%	27,4372	2,138076
240	50	3,08%	33,46	2,593686
280	59	3,59%	39,4828	3,044357
320	67	4,10%	44,8364	3,438762
360	74	4,62%	49,5208	3,777725
400	78	5,13%	52,1976	3,960518
440	79	5,64%	52,8668	3,989611
480	80	6,15%	53,536	4,018155
520	81	6,67%	54,2052	4,046151
560	80	7,18%	53,536	3,974241
600	80	7,69%	53,536	3,952284
640	76	8,21%	50,8592	3,73381
680	59	8,72%	39,4828	2,882423
720	40	9,23%	26,768	1,943206
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu =	4,04615 kg/cm <sup>2</sup>
α =	58,5 °
Angle Of Internal friction, φ =	27 °
Cohesion =	1,240 kg/cm <sup>2</sup>



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. : -  
 Sample No : Curing time 21-1

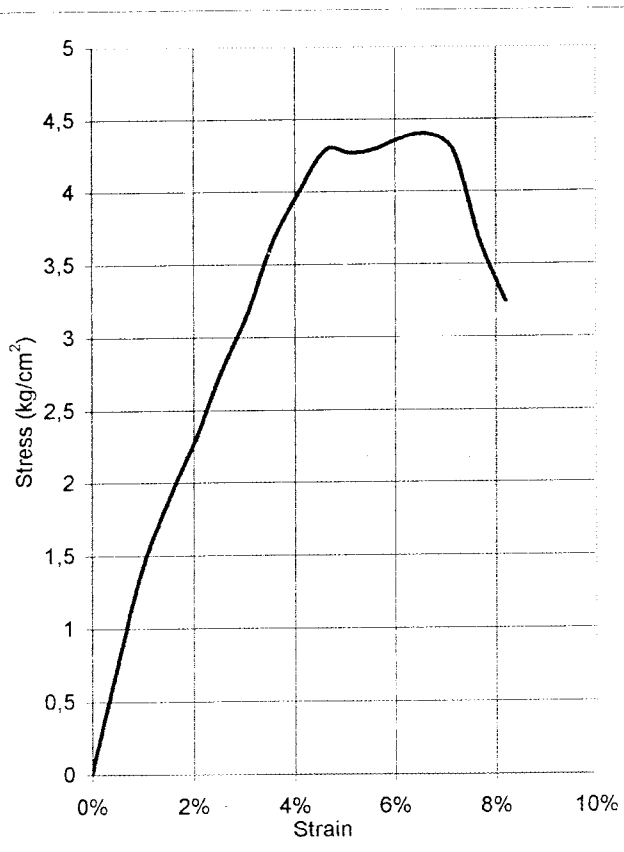
Date : December 14<sup>th</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht, Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	194,012
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,98929
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,62853

Water Content		
Wt Container (cup), gr	21,92	22,08
Wt of Cup + Wet soil, gr	79,16	73,49
Wt of Cup + Dry soil, gr	68,49	64,43
Water Content %	22,91	21,39
Average water content %	22,15	

LRC = 0,6692 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	14	0,51%	9,3688	0,745445
80	27	1,03%	18,0684	1,430233
120	36	1,54%	24,0912	1,897096
160	44	2,05%	29,4448	2,306597
200	53	2,56%	35,4676	2,763854
240	61	3,08%	40,8212	3,164297
280	71	3,59%	47,5132	3,663548
320	78	4,10%	52,1976	4,003334
360	84	4,62%	56,2128	4,288228
400	84	5,13%	56,2128	4,265173
440	85	5,64%	56,882	4,29262
480	87	6,15%	58,2204	4,369744
520	88	6,67%	58,8896	4,395818
560	86	7,18%	57,5512	4,272309
600	74	7,69%	49,5208	3,655863
640	66	8,21%	44,1672	3,24252
680				
720				
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu =	4,39582 kg/cm <sup>2</sup>
α =	59 °
Angle Of Internal friction, φ =	28 °
Cohesion =	1,321 kg/cm <sup>2</sup>





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**UNCONFINED COMPRESSION TEST**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Boring No. : -  
 Sample No : Curing time 21-2

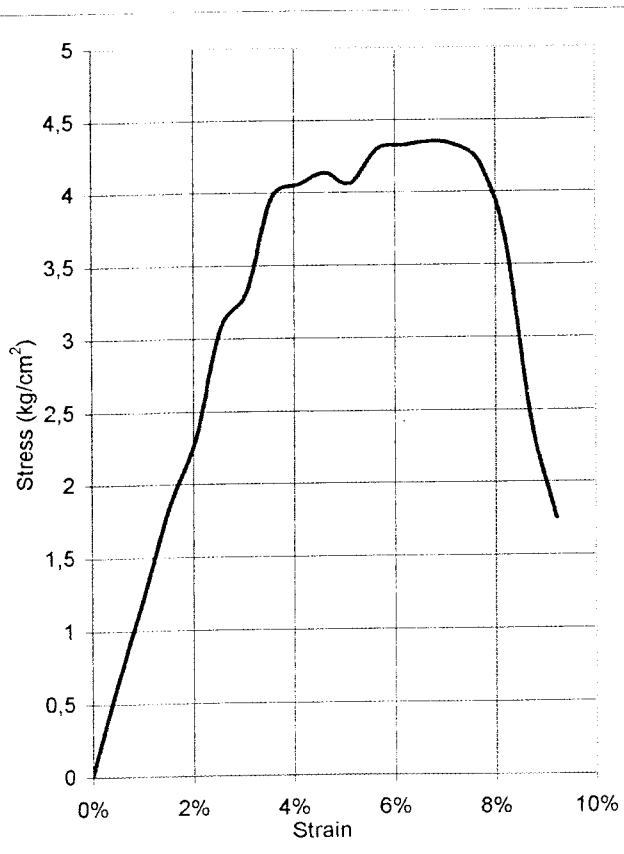
Date : December 14<sup>th</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Sample data	
diam (mm)	3,99
Area (mm <sup>2</sup> )	12,5036
Ht,Lo (mm)	7,8
Vol (mm <sup>3</sup> )	97,5282
Wt (gr)	193,894
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,98808
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,62754

Water Content		
Wt Container (cup), gr	21,92	22,08
Wt of Cup + Wet soil, gr	79,16	73,49
Wt of Cup + Dry soil, gr	68,49	64,43
Water Content %	22,91	21,39
Average water content %	22,15	

LRC = 0,6692 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
40	12	0,51%	8,0304	0,638953
80	23	1,03%	15,3916	1,218346
120	35	1,54%	23,422	1,844399
160	44	2,05%	29,4448	2,306597
200	59	2,56%	39,4828	3,076743
240	64	3,08%	42,8288	3,319919
280	77	3,59%	51,5284	3,973143
320	79	4,10%	52,8668	4,054659
360	81	4,62%	54,2052	4,135077
400	80	5,13%	53,536	4,06207
440	85	5,64%	56,882	4,29262
480	86	6,15%	57,5512	4,319517
520	87	6,67%	58,2204	4,345866
560	87	7,18%	58,2204	4,321987
600	85	7,69%	56,882	4,199302
640	75	8,21%	50,19	3,684681
680	50	8,72%	33,46	2,442731
720	36	9,23%	24,0912	1,748886
760				
800				
840				
880				
920				
960				
1000				
1040				
1080				
1120				



qu = 4,34587 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\alpha$  = 58,5 °  
 Angle Of Internal friction,  $\phi$  = 27 °  
 Cohesion = 1,332 kg/cm<sup>2</sup>



**LABORATORIUM MEKANIK TANAH**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**TRIAXIAL COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Description of soil : Clay

Sample No. : Undisturbed  
 Date : November 22<sup>nd</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Hight	H cm	7,74
No. Of cell			Diameter	D cm	3,835
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11,5510
Coeff. proving ring K =	0,2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	89,4050
k = K / A	0,017738682		Wight	W gram	182,6500
Cell pessure	0,60		Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain		Reading of proving ring	kg/cm <sup>2</sup>	Pore pressure	
	Axial deformation	Strain %			u	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	1	0		
	40	0,517	0,995	11	0,194117098	
	80	1,034	0,990	32	0,561770756	
	120	1,550	0,984	48	0,838255841	
	160	2,067	0,979	67	1,163923369	
	200	2,584	0,974	77	1,330584472	
	240	3,101	0,969	89	1,529789409	
	280	3,618	0,964	102	1,743891171	
	320	4,134	0,959	108	1,836572345	
	360	4,651	0,953	114	1,928153446	
	400	5,168	0,948	127	2,136388151	
	440	5,685	0,943	136	2,27531824	
	480	6,202	0,938	141	2,346043784	
	520	6,718	0,933	143	2,366211795	
	560	7,235	0,928	145	2,386013114	
	600	7,752	0,922	147	2,405447742	
	640	8,269	0,917	149	2,424515679	
	680	8,786	0,912	149	2,410856435	
	720	9,302	0,907	151	2,429374336	
	760	9,819	0,902	150	2,399534848	
	800	10,336	0,897	152	2,417594384	
	840	10,853	0,891	155	2,451100783	
	880	11,370	0,886	154	2,421169622	
	920	11,886	0,881	150	2,344531184	
	960	12,403	0,876	149	2,315241733	
	1000	12,920	0,871	148	2,286135627	
	1040	13,437	0,866	140	2,14972654	
	1080	13,953	0,860	134	2,045311251	
	1120	14,470	0,855	128	1,941996035	
	1160	14,987	0,850	127	1,915181749	



**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project

Sample No. : Undisturbed

Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java

Date : November 22<sup>nd</sup>, 2002

Description of soil : Clay

Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Height	H cm	7,7
No. Of cell			Diameter	D cm	3,83
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11,5209
Coeff. proving ring K =	0,2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	88,7111
k = K / A	0,017785		Wight	W gram	186,4400
Cell pessure	1,00		Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain			Reading of proving ring		Pore pressure	
	Axial defor- mation	Strain %				u	
					kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	1	0	0		
	40	0,517	0,995	21	0,370587187		
	80	1,034	0,990	32	0,561770756		
	120	1,550	0,984	41	0,716010198		
	160	2,067	0,979	54	0,938087492		
	200	2,584	0,974	71	1,226902565		
	240	3,101	0,969	92	1,581355344		
	280	3,618	0,964	101	1,726794199		
	320	4,134	0,959	114	1,938604142		
	360	4,651	0,953	126	2,131116967		
	400	5,168	0,948	137	2,304607691		
	440	5,685	0,943	142	2,375699927		
	480	6,202	0,938	147	2,445875435		
	520	6,718	0,933	148	2,448946473		
	560	7,235	0,928	151	2,484744691		
	600	7,752	0,922	153	2,503629282		
	640	8,269	0,917	156	2,5384191		
	680	8,786	0,912	157	2,540298392		
	720	9,302	0,907	159	2,55808291		
	760	9,819	0,902	162	2,591497636		
	800	10,336	0,897	163	2,592551873		
	840	10,853	0,891	164	2,593422764		
	880	11,370	0,886	165	2,59411031		
	920	11,886	0,881	165	2,578984302		
	960	12,403	0,876	164	2,548319759		
	1000	12,920	0,871	165	2,548732287		
	1040	13,437	0,866	164	2,51825109		
	1080	13,953	0,860	162	2,472689721		
	1120	14,470	0,855	157	2,381979512		
	1160	14,987	0,850	148	2,231865345		



**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project

Sample No. : Undisturbed

Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java

Date : November 22<sup>nd</sup>, 2002

Description of soil : Clay

Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Height	H cm	7,645
No. Of cell			Diameter	D cm	3,79
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11,2815
Coeff. proving ring K	0,2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	86,2474
k = K / A	0,0181624		Wight	W gram	177,6200
Cell pessure	2,00	Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>	2,0594

Time	Strain		Reading of proving ring	Pore pressure	
	Axial deformation	Strain %		u	
0	0	0	0	0	0
40	0,517	0,995	28	0,494116249	
80	1,034	0,990	40	0,702213445	
120	1,550	0,984	53	0,925574158	
160	2,067	0,979	72	1,250783322	
200	2,584	0,974	85	1,468827014	
240	3,101	0,969	97	1,667298569	
280	3,618	0,964	119	2,0345397	
320	4,134	0,959	121	2,057641239	
360	4,651	0,953	131	2,2156851	
400	5,168	0,948	148	2,489649184	
440	5,685	0,943	157	2,626654144	
480	6,202	0,938	165	2,745370386	
520	6,718	0,933	174	2,879166799	
560	7,235	0,928	179	2,945492051	
600	7,752	0,922	182	2,978173395	
640	8,269	0,917	184	2,994032784	
680	8,786	0,912	184	2,977164994	
720	9,302	0,907	185	2,976385775	
760	9,819	0,902	184	2,943429413	
800	10,336	0,897	187	2,974277302	
840	10,853	0,891	191	3,020388707	
880	11,370	0,886	192	3,018601088	
920	11,886	0,881	194	3,032260331	
960	12,403	0,876	195	3,030014348	
1000	12,920	0,871	195	3,012138157	
1040	13,437	0,866	192	2,948196398	
1080	13,953	0,860	185	2,823750607	
1120	14,470	0,855	177	2,685416392	
1160	14,987	0,850	164	2,473148085	



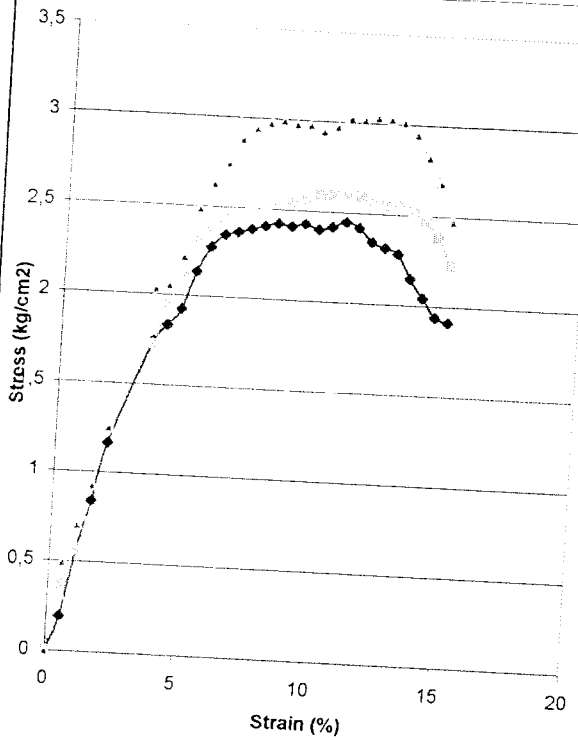
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telp. (0274) 896042, 896707 fax 896330 Yogyakarta 55584.

**TRIAXIAL COMPRESSION TEST RESULT**  
**UNCONSOLIDATED UNDRAINED (TXUU)**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Description of soil : Clay

Sample No. : Undisturbed  
 Date : November 22<sup>nd</sup>, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

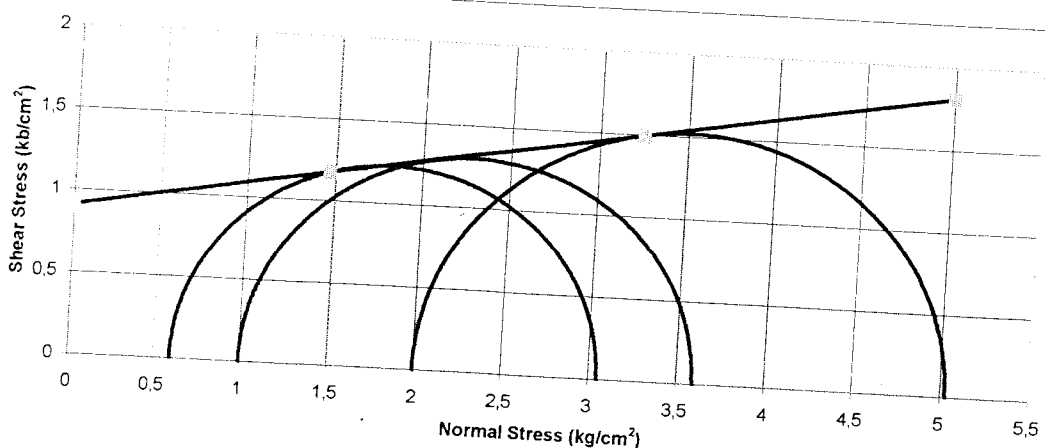


Piece No :	1	2	3
H cm	7,74	7,7	7,645
D cm	3,835	3,83	3,79
A cm <sup>2</sup>	11,55	11,52	11,28
V cm <sup>3</sup>	89,40	88,71	86,25
Wt gram	182,65	186,44	177,62

Water Content		
Wt Container (cup), gr	22,17	21,73
Wt of Cup + Wet soil, gr	65,95	85,61
Wt of Cup + Dry soil, gr	55,21	69,21
Water Content %	32,51	34,54
Average water content %	33,52	

$\gamma_d$ gram/cm <sup>3</sup>	2,042952	2,101653	2,059425
$\gamma$ gram/cm <sup>3</sup>	1,530032	1,573995	1,54237

$\sigma_3$	0,6	1	2
$\sigma_1 - \sigma_2 = P/A$	2,451101	2,59411	3,03226
$\sigma_1 + \sigma_2$	3,051101	3,59411	5,03226
$(\sigma_1 + \sigma_2)/2$	1,82555	2,297055	3,51613
$(\sigma_1 - \sigma_2)/2$	1,22555	1,297055	1,51613
Angle of shearing resistance (o)	10,19418		
Apperen cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )	0,908156		





**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Description of soil : Clay

Sample No. : Disturbed  
 Date : November 22nd, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Height	H cm	7.63
No. Of cell			Diameter	D cm	3.768
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11.1509
Coeff. proving ring K =	0.2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	85.0817
k = K / A	0.018375124		Wight	W gram	171.2200
Cell pessure	0.60	Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>	2.0124

Time	Strain		Reading of proving ring	kg/cm <sup>2</sup>	Pore pressure	
	Axial deformation	Strain %			u	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0		
	40	0.524	0.995	7	0.127951555	
	80	1.048	0.990	16	0.290919401	
	120	1.573	0.984	22	0.397894896	
	160	2.097	0.979	32	0.575673623	
	200	2.621	0.974	37	0.662058383	
	240	3.145	0.969	46	0.818668388	
	280	3.670	0.963	58	1.026646861	
	320	4.194	0.958	71	1.249917868	
	360	4.718	0.953	84	1.470684271	
	400	5.242	0.948	99	1.723769701	
	440	5.767	0.942	107	1.852756813	
	480	6.291	0.937	114	1.962983477	
	520	6.815	0.932	120	2.054738685	
	560	7.339	0.927	127	2.162364414	
	600	7.864	0.921	133	2.251711349	
	640	8.388	0.916	138	2.323068484	
	680	8.912	0.911	140	2.343249813	
	720	9.436	0.906	142	2.363045819	
	760	9.961	0.900	142	2.349366827	
	800	10.485	0.895	141	2.31923933	
	840	11.009	0.890	144	2.354713194	
	880	11.533	0.885	145	2.357097384	
	920	12.058	0.879	146	2.359288913	
	960	12.582	0.874	147	2.36128778	
	1000	13.106	0.869	148	2.363093984	
	1040	13.630	0.864	142	2.253613885	
	1080	14.155	0.858	131	2.06641881	
	1120	14.679	0.853	130	2.0381216	
	1160	15.203	0.848	119	1.854201777	



**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Description of soil : Clay

Sample No. : Disturbed  
 Date : November 22nd, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Height	H cm	7.754
No. Of cell			Diameter	D cm	3.805
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11.3710
Coeff. proving ring K =	0.2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	88.1708
k = K / A	0.0180195		Wight	W gram	176.8500
Cell pessure	1.00		Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain		Reading of proving ring	kg/cm <sup>2</sup>	Pore pressure	
	Axial deformation	Strain %			u	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	1	0	0	
	40	0.524	0.995	11	0.2010667	
	80	1.048	0.990	22	0.4000142	
	120	1.573	0.984	37	0.6691869	
	160	2.097	0.979	50	0.89949	
	200	2.621	0.974	59	1.0557147	
	240	3.145	0.969	72	1.281394	
	280	3.670	0.963	84	1.4868679	
	320	4.194	0.958	97	1.7076343	
	360	4.718	0.953	104	1.8208472	
	400	5.242	0.948	110	1.9152997	
	440	5.767	0.942	116	2.0085962	
	480	6.291	0.937	121	2.0835175	
	520	6.815	0.932	130	2.2259669	
	560	7.339	0.927	134	2.2815499	
	600	7.864	0.921	139	2.3532923	
	640	8.388	0.916	142	2.3904038	
	680	8.912	0.911	144	2.4101998	
	720	9.436	0.906	149	2.479534	
	760	9.961	0.900	150	2.4817255	
	800	10.485	0.895	150	2.4672759	
	840	11.009	0.890	150	2.4528262	
	880	11.533	0.885	151	2.4546324	
	920	12.058	0.879	152	2.456246	
	960	12.582	0.874	151	2.4255405	
	1000	13.106	0.869	149	2.3790608	
	1040	13.630	0.864	136	2.1583908	
	1080	14.155	0.858	130	2.0506446	
	1120	14.679	0.853	125	1.9597323	
	1160	15.203	0.848	124	1.9321094	



**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Description of soil : Clay

Sample No. : Disturbed  
 Date : November 22nd, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Hight	H cm	7.724
No. Of cell			Diameter	D cm	3.816
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11.4369
Coeff. proving ring K	0.2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	88.3383
k = K / A	0.0179158		Wight	W gram	178.4400
Cell pessure	2.00		Wet density	gr/cm <sup>3</sup>	2.0200
		Rate of compression : 0.5 %			

Time	Strain		Reading of proving ring	kg/cm <sup>2</sup>	Pore pressure	
	Axial deformation	Strain %			u	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0		
	40	0.524	0.995	3	0.054836381	
	80	1.048	0.990	17	0.309101864	
	120	1.573	0.984	24	0.43406716	
	160	2.097	0.979	29	0.521704221	
	200	2.621	0.974	40	0.715738792	
	240	3.145	0.969	53	0.94324836	
	280	3.670	0.963	71	1.256757364	
	320	4.194	0.958	84	1.478776069	
	360	4.718	0.953	92	1.61074944	
	400	5.242	0.948	95	1.65412244	
	440	5.767	0.942	108	1.870072297	
	480	6.291	0.937	118	2.03186009	
	520	6.815	0.932	126	2.15747562	
	560	7.339	0.927	129	2.196417397	
	600	7.864	0.921	134	2.26864151	
	640	8.388	0.916	138	2.323068484	
	680	8.912	0.911	145	2.426937307	
	720	9.436	0.906	151	2.512816329	
	760	9.961	0.900	159	2.630629053	
	800	10.485	0.895	165	2.714003471	
	840	11.009	0.890	168	2.747165393	
	880	11.533	0.885	170	2.763493485	
	920	12.058	0.879	174	2.81175528	
	960	12.582	0.874	170	2.73074097	
	1000	13.106	0.869	169	2.698397861	
	1040	13.630	0.864	171	2.713858974	
	1080	14.155	0.858	168	2.650063818	
	1120	14.679	0.853	166	2.602524505	
	1160	15.203	0.848	166	2.586533571	





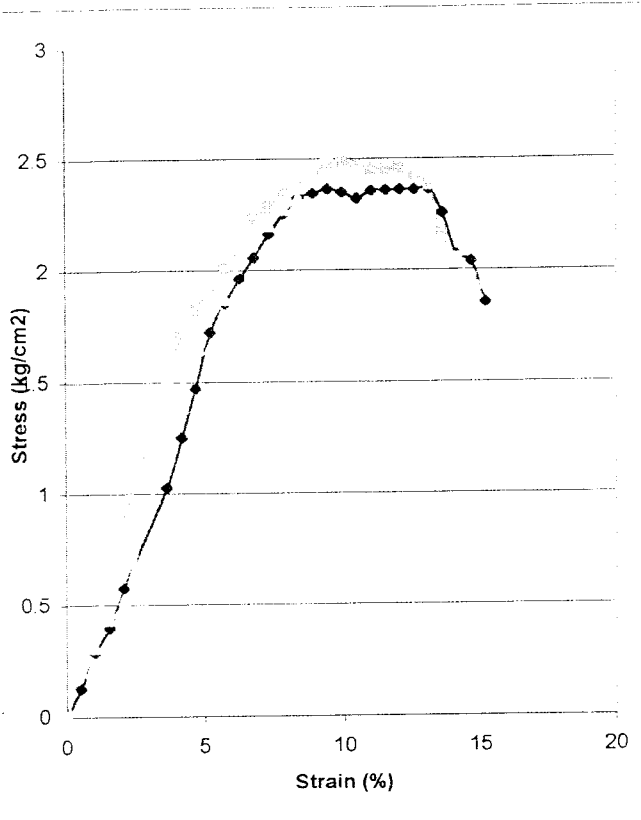
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**TRIAXIAL COMPRESSION TEST RESULT**  
**UNCONSOLIDATED UNDRAINED (TXUU)**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Description of soil : Clay

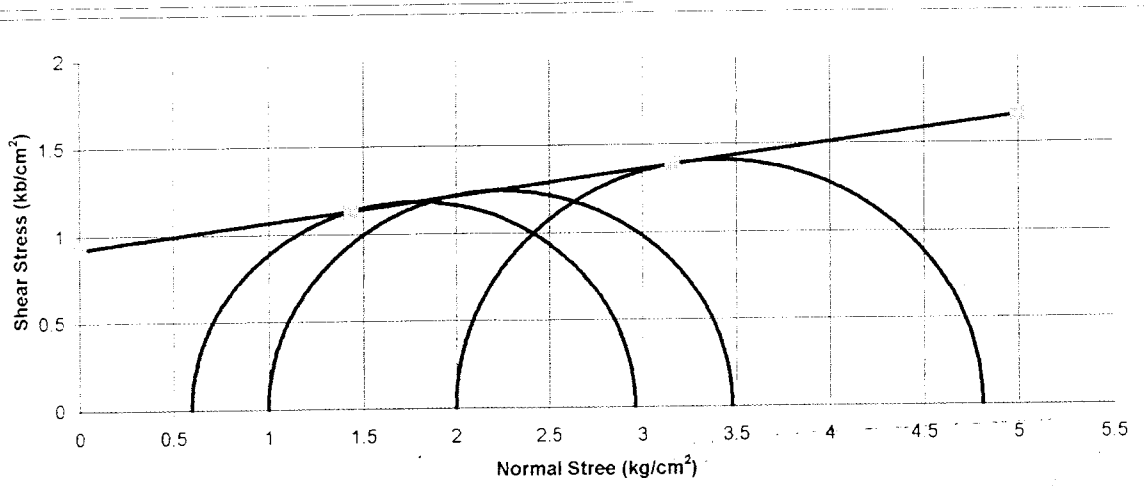
Sample No. : Disturbed  
 Date : November 22nd, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani



Piece No :	1	2	3
H cm	7.63	7.754	7.724
D cm	3.768	3.805	3.816
A cm²	11.15	11.37	11.44
V cm³	85.08	88.17	88.34
Wt gram	171.22	176.85	178.44
Water Content			
Wt Container (cup), gr	22.17	21.73	
Wt of Cup + Wet soil, gr	65.95	85.61	
Wt of Cup + Dry soil, gr	55.21	69.21	
Water Content %	32.51	34.54	
Average water content %	33.52		

$\gamma_d$ gram/cm³	2.012418	2.005765	2.019963
$\gamma$ gram/cm³	1.507165	1.502182	1.512815

$\sigma_3$	0.6	1	2
$\sigma_1 - \sigma_2 = P/A$	2.363094	2.481726	2.811755
$\sigma_1 + \sigma_2$	2.963094	3.481726	4.811755
$(\sigma_1 + \sigma_2)/2$	1.781547	2.240863	3.405878
$(\sigma_1 - \sigma_2)/2$	1.181547	1.240863	1.405878
Angle of shearing resistance (o)	8.392782		
Apperen cohesion (kg/cm²)	0.91804		





**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Description of soil : Clay

Sample No. : Curing time 0  
 Date : November 22nd, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Hight	H cm	7.55
No. Of cell			Diameter	D cm	3.84
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11.5812
Coeff. proving ring K =	0.2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	87.4378
k = K / A	0.017692517		Wight	W gram	176.0400
Cell pessure	0.60		Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain			Reading of proving ring		Pore pressure	
	Axial deformation	Strain				u	
		%			kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	1	0	0		
	40	0.530	0.995	15	0.26398173		
	80	1.060	0.989	29	0.50764636		
	120	1.589	0.984	46	0.80092034		
	160	2.119	0.979	67	1.16027763		
	200	2.649	0.974	80	1.37790731		
	240	3.179	0.968	89	1.52457945		
	280	3.709	0.963	105	1.78881895		
	320	4.238	0.958	108	1.82980466		
	360	4.768	0.952	111	1.87022796		
	400	5.298	0.947	127	2.127906		
	440	5.828	0.942	133	2.21597021		
	480	6.358	0.936	141	2.33604499		
	520	6.887	0.931	141	2.32282833		
	560	7.417	0.926	146	2.39151279		
	600	7.947	0.921	153	2.49183288		
	640	8.477	0.915	167	2.70418995		
	680	9.007	0.910	170	2.73683324		
	720	9.536	0.905	179	2.86494581		
	760	10.066	0.899	183	2.9118134		
	800	10.596	0.894	183	2.89465986		
	840	11.126	0.889	182	2.86178224		
	880	11.656	0.883	184	2.87598313		
	920	12.185	0.878	185	2.87427246		
	960	12.715	0.873	185	2.85693145		
	1000	13.245	0.868	185	2.83959044		
	1040	13.775	0.862	181	2.76122782		
	1080	14.305	0.857	172	2.60780674		
	1120	14.834	0.852	169	2.5464805		
	1160	15.364	0.846	154	2.3060263		



**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Locatior : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Description of soil : Clay

Sample No. : Curing time 0  
 Date : November 22nd, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Hight	H cm	7.78
No. Of cell			Diameter	D cm	3.795
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11.3113
Coeff. proving ring K =	0.2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	88.0021
k = K / A	0.0181146		Wight	W gram	174.8800
Cell pessure	1.00		Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain			Reading of proving ring		Pore pressure	
	Axial deformation	Strain				u	
		%			kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	
0	0	0	1	0	0		
	40	0.530	0.995	25	0.43996955		
	80	1.060	0.989	30	0.52515141		
	120	1.589	0.984	47	0.81833165		
	160	2.119	0.979	59	1.02173701		
	200	2.649	0.974	70	1.20566889		
	240	3.179	0.968	102	1.74727083		
	280	3.709	0.963	108	1.83992806		
	320	4.238	0.958	115	1.94840311		
	360	4.768	0.952	126	2.12296147		
	400	5.298	0.947	140	2.34572315		
	440	5.828	0.942	142	2.36592308		
	480	6.358	0.936	154	2.55142503		
	520	6.887	0.931	159	2.61935961		
	560	7.417	0.926	165	2.70273706		
	600	7.947	0.921	175	2.85013565		
	640	8.477	0.915	179	2.89850301		
	680	9.007	0.910	181	2.91392244		
	720	9.536	0.905	184	2.94497223		
	760	10.066	0.899	186	2.95954805		
	800	10.596	0.894	191	3.02120237		
	840	11.126	0.889	195	3.06619526		
	880	11.656	0.883	198	3.09480793		
	920	12.185	0.878	197	3.06071175		
	960	12.715	0.873	196	3.02680305		
	1000	13.245	0.868	194	2.97773268		
	1040	13.775	0.862	194	2.95954805		
	1080	14.305	0.857	191	2.89587842		
	1120	14.834	0.852	187	2.81770327		
	1160	15.364	0.846	182	2.72530381		

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
 YOGYAKARTA



**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Description of soil : Clay

Sample No. : Curing time 0  
 Date : November 22nd, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Hight	H cm	7.725
No. Of cell			Diameter	D cm	3.804
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11.3650
Coeff. proving ring K	0.2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	87.7949
k = K / A	0.018029		Wight	W gram	174.5500
Cell pessure	2.00		Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain		Reading of proving ring			Pore pressure	
	Axial defor- mation	Strain %				u	
					kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	
0	0	0	1	0	0		
	40	0.530	0.995	16	0.28158051		
	80	1.060	0.989	30	0.52515141		
	120	1.589	0.984	41	0.71386378		
	160	2.119	0.979	55	0.95246671		
	200	2.649	0.974	78	1.34345962		
	240	3.179	0.968	92	1.57596976		
	280	3.709	0.963	109	1.85696443		
	320	4.238	0.958	117	1.98228838		
	360	4.768	0.952	131	2.20720597		
	400	5.298	0.947	146	2.44625414		
	440	5.828	0.942	148	2.46589167		
	480	6.358	0.936	162	2.68396659		
	520	6.887	0.931	174	2.866469		
	560	7.417	0.926	179	2.9320602		
	600	7.947	0.921	183	2.98042756		
	640	8.477	0.915	196	3.17377983		
	680	9.007	0.910	201	3.23590282		
	720	9.536	0.905	206	3.29708847		
	760	10.066	0.899	210	3.34142522		
	800	10.596	0.894	219	3.46410115		
	840	11.126	0.889	225	3.53791761		
	880	11.656	0.883	232	3.62623959		
	920	12.185	0.878	235	3.65110285		
	960	12.715	0.873	235	3.62907508		
	1000	13.245	0.868	233	3.57634904		
	1040	13.775	0.862	233	3.55450874		
	1080	14.305	0.857	225	3.4113751		
	1120	14.834	0.852	220	3.31494502		
	1160	15.364	0.846	200	2.99483935		



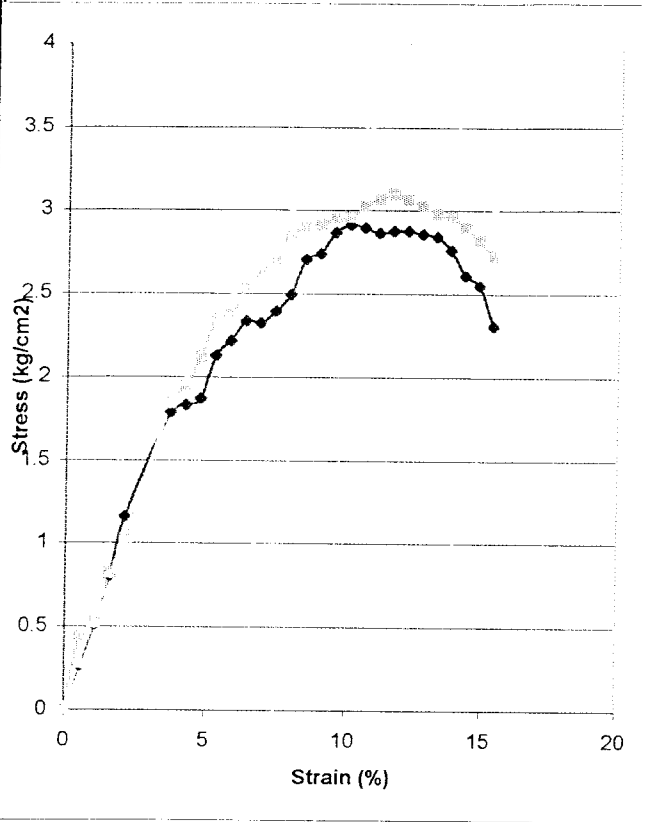
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**TRIAXIAL COMPRESSION TEST RESULT**  
**UNCONSOLIDATED UNDRAINED (TXUU)**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Description of soil : Clay

Sample No. : Curing time 0  
 Date : November 22nd, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

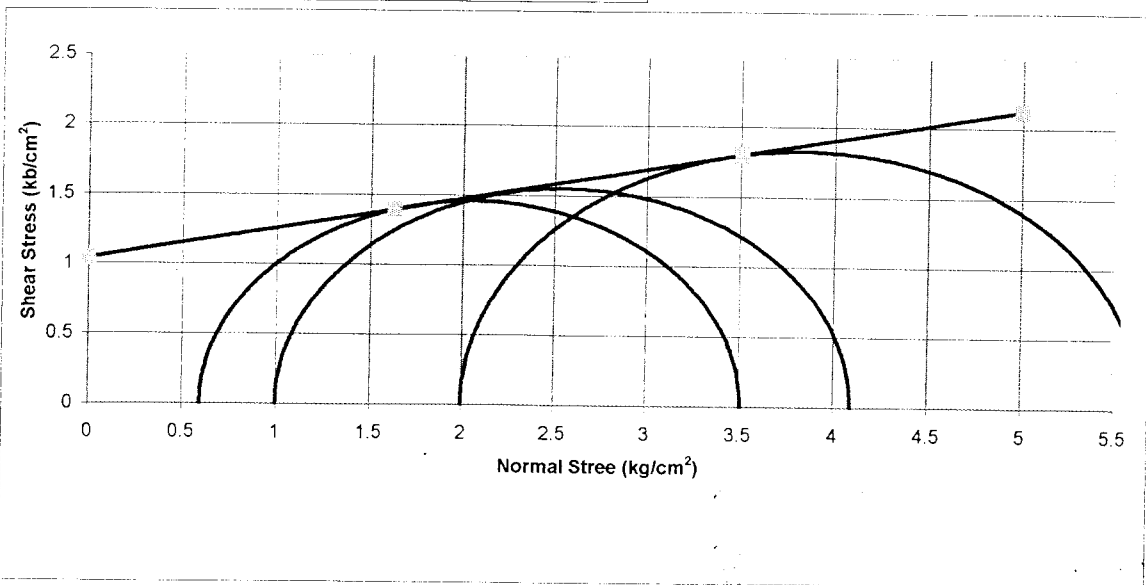


Piece No :	1	2	3
H cm	7.55	7.78	7.725
D cm	3.84	3.795	3.804
A cm²	11.58	11.31	11.37
V cm³	87.44	88.00	87.79
Wt gram	176.04	174.88	174.55

Water Content		
Wt Container (cup), gr	22.17	21.73
Wt of Cup + Wet soil, gr	65.95	85.61
Wt of Cup + Dry soil, gr	55.21	69.21
Water Content %	32.51	34.54
Average water content %	33.52	

$\gamma_d$ gram/cm³	2.013317	1.987225	1.988156
$\gamma$ gram/cm³	1.507837	1.488297	1.488994

$\sigma_3$	0.6	1	2
$\sigma_1 - \sigma_2 = P/A$	2.911813	3.094808	3.651103
$\sigma_1 + \sigma_2$	3.511813	4.094808	5.651103
$(\sigma_1 + \sigma_2)/2$	2.055907	2.547404	3.825551
$(\sigma_1 - \sigma_2)/2$	1.455907	1.547404	1.825551
Angle of shearing resistance ( $\phi$ )			12.18317
Apperen cohesion (kg/cm²)			1.040321





**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project      Sample No. : Curing time 3  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java      Date : November 25th, 2002  
 Discription of soil : Clay      Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Height	H cm	7,8
No. Of cell			Diameter	D cm	3,99
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	12,5036
Coeff. proving ring K =	0,2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	97,5282
k = K / A	0,016387258		Wight	W gram	193,3400
Cell pessure	0,50		Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain		Reading of proving ring		Pore pressure	
	Axial deforma- tion	Strain			u	
		%			kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	1	0	0	
	40	0,513	0,995	36	0,58691594	
	80	1,026	0,990	72	1,167781201	
	120	1,538	0,985	90	1,452163152	
	160	2,051	0,979	102	1,637213109	
	200	2,564	0,974	113	1,804279101	
	240	3,077	0,969	125	1,985379309	
	280	3,590	0,964	141	2,227658613	
	320	4,103	0,959	144	2,262954245	
	360	4,615	0,954	159	2,485316727	
	400	5,128	0,949	169	2,627423665	
	440	5,641	0,944	174	2,690535617	
	480	6,154	0,938	178	2,737428386	
	520	6,667	0,933	178	2,722469761	
	560	7,179	0,928	179	2,722721872	
	600	7,692	0,923	182	2,753059308	
	640	8,205	0,918	188	2,828020508	
	680	8,718	0,913	194	2,901973261	
	720	9,231	0,908	196	2,915419216	
	760	9,744	0,903	195	2,884157371	
	800	10,256	0,897	193	2,838357086	
	840	10,769	0,892	198	2,895250284	
	880	11,282	0,887	204	2,965841548	
	920	11,795	0,882	205	2,963152357	
	960	12,308	0,877	198	2,845332175	
	1000	12,821	0,872	191	2,728688515	
	1040	13,333	0,867	192	2,726839696	
	1080	13,846	0,862	192	2,71070455	
	1120	14,359	0,856	189	2,652466757	
	1160	14,872	0,851	190	2,650533901	



**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project      Sample No: Curing time 3  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java      Date : November 25th, 2002  
 Discription of soil : Clay      Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Hight	H cm	7,7
No. Of cell			Diameter	D cm	3,83
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11,5209
Coeff. proving ring K =	0,2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	88,7111
k = K / A	0,017785		Wight	W gram	177,2600
Cell pessure	1,00		Rate of compression : 0.5 %	Wet densi	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain		Reading of proving ring	Pore pressure	
	Axial defor- mation	Strain		u	

		%			kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	1	0	0		
	40	0,513	0,995	30	0,4890966		
	80	1,026	0,990	79	1,2813155		
	120	1,538	0,985	114	1,8394067		
	160	2,051	0,979	128	2,0545419		
	200	2,564	0,974	141	2,2513571		
	240	3,077	0,969	150	2,3824552		
	280	3,590	0,964	164	2,5910355		
	320	4,103	0,959	175	2,750118		
	360	4,615	0,954	180	2,8135661		
	400	5,128	0,949	184	2,8606269		
	440	5,641	0,944	189	2,9224783		
	480	6,154	0,938	191	2,9373529		
	520	6,667	0,933	193	2,9518914		
	560	7,179	0,928	197	2,9965151		
	600	7,692	0,923	207	3,1312268		
	640	8,205	0,918	212	3,1890444		
	680	8,718	0,913	216	3,231063		
	720	9,231	0,908	218	3,2426601		
	760	9,744	0,903	224	3,3130833		
	800	10,256	0,897	220	3,2354329		
	840	10,769	0,892	217	3,1730773		
	880	11,282	0,887	215	3,1257644		
	920	11,795	0,882	215	3,1076964		
	960	12,308	0,877	214	3,075258		
	1000	12,821	0,872	207	2,9572698		
	1040	13,333	0,867	210	2,9824809		
	1080	13,846	0,862	204	2,8801236		
	1120	14,359	0,856	198	2,7787747		
	1160	14,872	0,851	187	2,6086834		



**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project      Sample No: Curing time 3  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java      Date : November 25th, 2002  
 Discription of soil : Clay      Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Hight	H cm	7,645
No. Of cell			Diameter	D cm	3,79
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11,2815
Coeff. proving ring K	0,2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	86,2474
k = K / A	0,0181624		Wight	W gram	171,4800
Cell pessure	2,00		Rate of compression : 0.5 %	Wet densi	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain		Reading of proving ring		Pore pressure	
	Axial defor- mation	Strain %			u	
				kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	1	0		
	40	0,513	0,995	40	0,6521288	
	80	1,026	0,990	85	1,3786306	
	120	1,538	0,985	114	1,8394067	
	160	2,051	0,979	139	2,2311041	
	200	2,564	0,974	159	2,5387644	
	240	3,077	0,969	174	2,763648	
	280	3,590	0,964	186	2,9386135	
	320	4,103	0,959	196	3,0801322	
	360	4,615	0,954	206	3,2199701	
	400	5,128	0,949	224	3,4825024	
	440	5,641	0,944	234	3,6183065	
	480	6,154	0,938	244	3,7524299	
	520	6,667	0,933	247	3,7778092	
	560	7,179	0,928	250	3,8026842	
	600	7,692	0,923	253	3,827055	
	640	8,205	0,918	254	3,8208362	
	680	8,718	0,913	252	3,7695735	
	720	9,231	0,908	254	3,7781453	
	760	9,744	0,903	261	3,8603337	
	800	10,256	0,897	267	3,9266391	
	840	10,769	0,892	269	3,9334461	
	880	11,282	0,887	271	3,939917	
	920	11,795	0,882	265	3,8304165	
	960	12,308	0,877	256	3,6788133	
	1000	12,821	0,872	256	3,6572998	
	1040	13,333	0,867	254	3,6073817	
	1080	13,846	0,862	255	3,6001545	
	1120	14,359	0,856	253	3,5506566	
	1160	14,872	0,851	248	3,4596442	





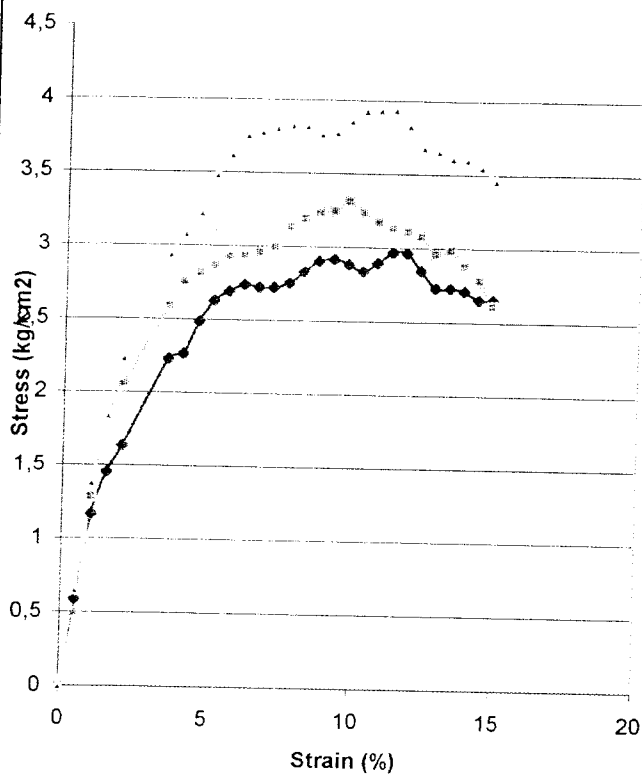
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**TRIAXIAL COMPRESSION TEST RESULT**  
**UNCONSOLIDATED UNDRAINED (TXUU)**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Discription of soil : Clay

Sample No. : Curing time 3  
 Date : November 25th, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

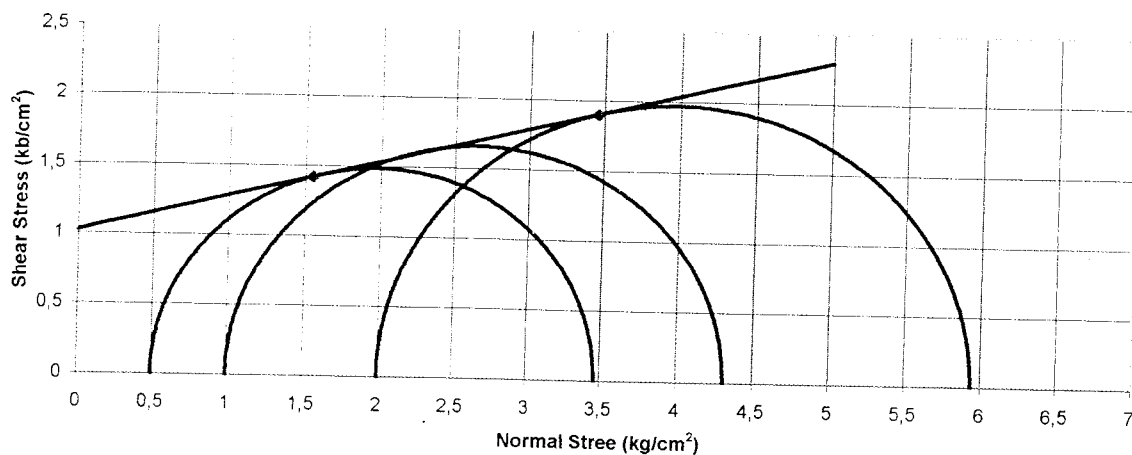


Piece No :	1	2	3
H cm	7,8	7,7	7,645
D cm	3,99	3,83	3,79
A cm²	12,50	11,52	11,28
V cm³	97,53	88,71	86,25
Wt gram	193,34	177,26	171,48

Water Content		
Wt Container (cup), gr	22,14	21,86
Wt of Cup + Wet soil, gr	101,48	101,21
Wt of Cup + Dry soil, gr	87,02	86,94
Water Content %	22,29	21,93
Average water content %	22,11	

$\gamma_d$ gram/cm³	1,982401	1,998171	1,98823
$\gamma$ gram/cm³	1,623494	1,636409	1,62827

$\sigma_3$	0,5	1	2
$\sigma_1 - \sigma_2 = P/A$	2,965842	3,313083	3,93992
$\sigma_1 + \sigma_2$	3,465842	4,313083	5,93992
$(\sigma_1 + \sigma_2)/2$	1,982921	2,656542	3,96996
$(\sigma_1 - \sigma_2)/2$	1,482921	1,656542	1,96996
Angle of shearing resistance ( $\phi$ )	14,2343		
Apperen cohesion (kg/cm²)	1,02509		





**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project      Sample No. : Curing time 7  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java      Date : November 29th, 2002  
 Discription of soil : Clay      Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Hight	H cm	7,74
No. Of cell			Diameter	D cm	3,835
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11,5510
Coeff. proving ring K =	0,2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	89,4050
k = K / A	0,017738682		Wight	W gram	178,6600
Cell pessure	0,50	Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>	1,9983

Time	Strain		Reading of proving ring	kg/cm <sup>2</sup>	Pore pressure	
	Axial defor- mation	Strain %			u	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	1	0		
	40	0,517	0,995	52	0,917644463	
	80	1,034	0,990	81	1,421982227	
	120	1,550	0,984	98	1,71143901	
	160	2,067	0,979	119	2,06726688	
	200	2,584	0,974	131	2,263721634	
	240	3,101	0,969	140	2,406410306	
	280	3,618	0,964	156	2,667127674	
	320	4,134	0,959	164	2,788869117	
	360	4,651	0,953	171	2,892230169	
	400	5,168	0,948	182	3,061595618	
	440	5,685	0,943	194	3,245674548	
	480	6,202	0,938	203	3,377637505	
	520	6,718	0,933	211	3,491403417	
	560	7,235	0,928	218	3,587247302	
	600	7,752	0,922	225	3,681807768	
	640	8,269	0,917	234	3,80762865	
	680	8,786	0,912	241	3,899438932	
	720	9,302	0,907	244	3,925611509	
	760	9,819	0,902	246	3,93523715	
	800	10,336	0,897	247	3,928590874	
	840	10,853	0,891	247	3,905947699	
	880	11,370	0,886	248	3,899026405	
	920	11,886	0,881	248	3,876291557	
	960	12,403	0,876	247	3,838018174	
	1000	12,920	0,871	239	3,6918001	
	1040	13,437	0,866	233	3,57775917	
	1080	13,953	0,860	227	3,464818313	
	1120	14,470	0,855	220	3,337805685	
	1160	14,987	0,850	216	3,25731699	



**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project      Sample No. : Curing time 7  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java      Date : November 29th, 2002  
 Discription of soil : Clay      Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Height	H cm	7,7
No. Of cell			Diameter	D cm	3,83
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11,5209
Coeff. proving ring K =	0,2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	88,7111
k = K / A	0,017785		Wight	W gram	175,8700
Cell pessure	1,00		Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain		Reading of proving ring	Pore pressure
	Axial deformation	Strain %		
			kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0
	40	0,517	58	1,023526517
	80	1,034	99	1,737978277
	120	1,550	124	2,165494257
	160	2,067	142	2,466822664
	200	2,584	161	2,782131168
	240	3,101	178	3,059578817
	280	3,618	191	3,265521703
	320	4,134	204	3,469081097
	360	4,651	215	3,636429745
	400	5,168	222	3,734473776
	440	5,685	234	3,914885795
	480	6,202	241	4,009904624
	520	6,718	249	4,120186971
	560	7,235	257	4,229002553
	600	7,752	264	4,319987781
	640	8,269	269	4,377145755
	680	8,786	270	4,368666024
	720	9,302	272	4,376091518
	760	9,819	274	4,383150322
	800	10,336	277	4,405747661
	840	10,853	278	4,396167856
	880	11,370	279	4,386404705
	920	11,886	282	4,407718625
	960	12,403	280	4,350789833
	1000	12,920	277	4,278780869
	1040	13,437	278	4,268742701
	1080	13,953	264	4,029568434
	1120	14,470	259	3,929507602
	1160	14,987	252	3,800203155



**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Discription of soil : Clay  
 Sample No. : Curing time 7  
 Date : November 29th, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Height	H cm	7,645
No. Of cell			Diameter	D cm	3,79
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11,2815
Coeff. proving ring K	0,2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	86,2474
k = K / A	0,0181624		Wight	W gram	171,4500
Cell pessure	2,00		Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain		Reading of proving ring	Pore pressure u
	Axial deforma- tion	Strain %		
0	0	0	0	0
	40	0,517	64	1,12940857
	80	1,034	125	2,194417017
	120	1,550	147	2,567158514
	160	2,067	165	2,866378447
	200	2,584	184	3,179578478
	240	3,101	199	3,420540363
	280	3,618	214	3,658752065
	320	4,134	231	3,928224183
	360	4,651	247	4,1776658
	400	5,168	258	4,340064118
	440	5,685	269	4,500445636
	480	6,202	275	4,57561731
	520	6,718	287	4,748970525
	560	7,235	294	4,837847279
	600	7,752	305	4,990894974
	640	8,269	312	5,0768382
	680	8,786	314	5,080596783
	720	9,302	318	5,116165819
	760	9,819	328	5,246982867
	800	10,336	334	5,312345555
	840	10,853	341	5,392421722
	880	11,370	343	5,392605068
	920	11,886	347	5,423682138
	960	12,403	348	5,407410221
	1000	12,920	350	5,40640182
	1040	13,437	344	5,282185212
	1080	13,953	336	5,128541644
	1120	14,470	324	4,915677464
	1160	14,987	319	4,810574629



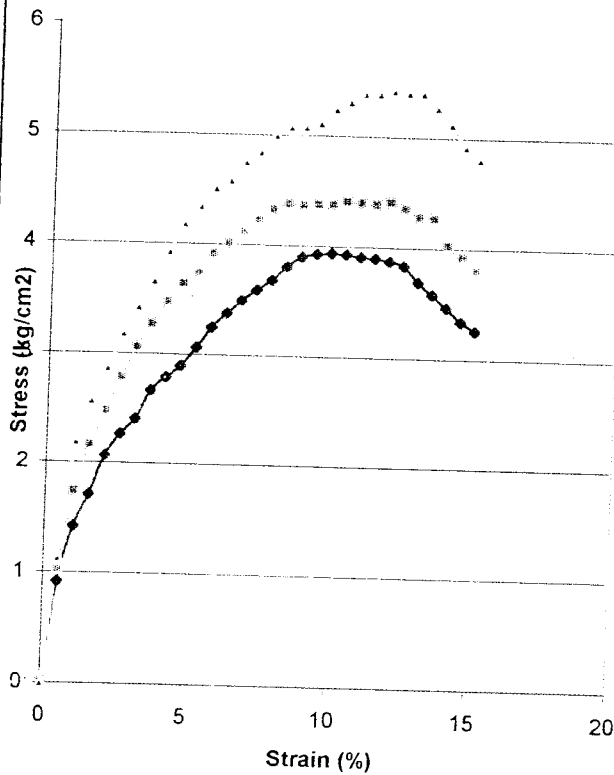
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**TRIAXIAL COMPRESSION TEST RESULT**  
**UNCONSOLIDATED UNDRAINED (TXUU)**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Discription of so : Clay

Sample No. : Curing time 7  
 Date : November 29th, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani

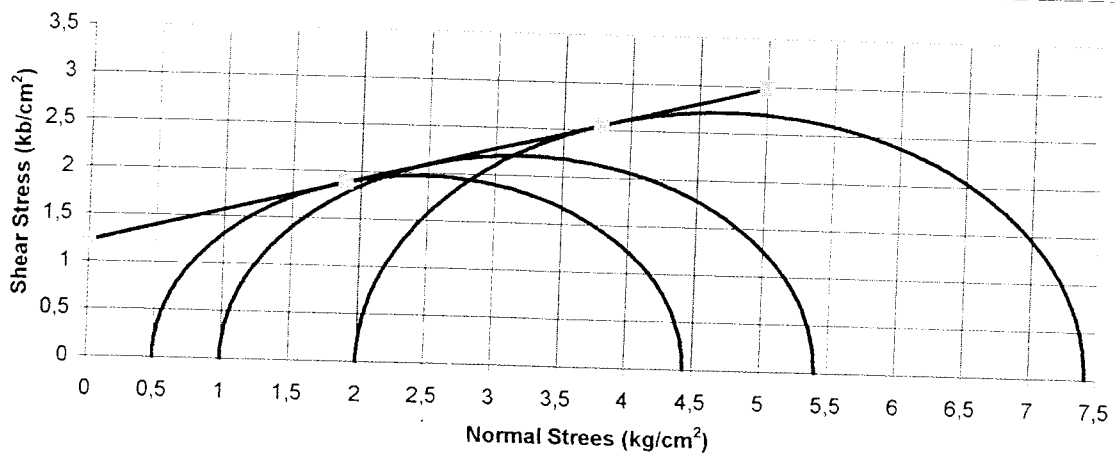


Piece No :	1	2	3
H cm	7,74	7,7	7,645
D cm	3,835	3,83	3,79
A cm <sup>2</sup>	11,55	11,52	11,28
V cm <sup>3</sup>	89,40	88,71	86,25
Wt gram	178,66	175,87	171,45

Water Content		
Wt Container (cup), gr	22,17	21,73
Wt of Cup + Wet soil, gr	65,95	85,61
Wt of Cup + Dry soil, gr	55,21	69,21
Water Content %	32,51	34,54
Average water content %	33,52	

γ <sub>d</sub> gram/cm <sup>3</sup>	1,998323	1,982502	1,987887
γ <sub>d</sub> gram/cm <sup>3</sup>	1,496608	1,484759	1,488792

σ <sub>3</sub>	0,5	1	2
σ <sub>1</sub> -σ <sub>2</sub> = P/A	3,935237	4,407719	5,423682
σ <sub>1</sub> +σ <sub>2</sub>	4,435237	5,407719	7,423682
(σ <sub>1</sub> +σ <sub>2</sub> )/2	2,217619	2,703859	3,711841
(σ <sub>1</sub> -σ <sub>2</sub> )/2	1,967619	2,203859	2,711841
Angle of shearing resistance (o)	19,41018		
Apperen cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )	1,214866		





**LABORATORIUM MEKANIK TANAH**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**TRIAxIAL COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project      Sample No. : Curing time 14  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java      Date : December 14th, 2002  
 Discription of soil : Clay      Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Hight	H cm	7,74
No. Of cell			Diameter	D cm	3,835
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11,5510
Coeff. proving ring K =	0,2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	89,4050
k = K / A	0,017738682		Wight	W gram	177,8900
Cell pessure	0,50		Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain		Reading of proving ring	kg/cm <sup>2</sup>	Pore pressure	
	Axial deforma- tion	Strain %			u kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	1	0		
	40	0,517	0,995	18	0,31764616	
	80	1,034	0,990	45	0,789990126	
	120	1,550	0,984	67	1,170065445	
	160	2,067	0,979	91	1,580851144	
	200	2,584	0,974	119	2,05635782	
	240	3,101	0,969	137	2,354844371	
	280	3,618	0,964	154	2,632933729	
	320	4,134	0,959	168	2,856890315	
	360	4,651	0,953	184	3,112107317	
	400	5,168	0,948	196	3,297102974	
	440	5,685	0,943	203	3,396247078	
	480	6,202	0,938	214	3,560662198	
	520	6,718	0,933	223	3,689966645	
	560	7,235	0,928	230	3,784710456	
	600	7,752	0,922	242	3,959988799	
	640	8,269	0,917	252	4,100523161	
	680	8,786	0,912	261	4,223043823	
	720	9,302	0,907	265	4,263471516	
	760	9,819	0,902	268	4,287168928	
	800	10,336	0,897	272	4,32622153	
	840	10,853	0,891	277	4,380354302	
	880	11,370	0,886	280	4,402126586	
	920	11,886	0,881	282	4,407718625	
	960	12,403	0,876	283	4,397405438	
	1000	12,920	0,871	280	4,325121456	
	1040	13,437	0,866	274	4,207321942	
	1080	13,953	0,860	267	4,075358985	
	1120	14,470	0,855	258	3,914335758	
	1160	14,987	0,850	246	3,709722127	



**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project      Sample No. : Curing time 14  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java      Date : December 14th, 2002  
 Discription of soil : Clay      Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Hight	H cm	7,7
No. Of cell			Diameter	D cm	3,83
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11,5209
Coeff. proving ring K =	0,2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	88,7111
k = K / A	0,017785		Wight	W gram	176,0500
Cell pessure	1,00		Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain			Reading of proving ring		Pore pressure	
	Axial deformation	Strain %				u kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	1	0	0		
	40	0,517	0,995	29	0,511763258		
	80	1,034	0,990	52	0,912877479		
	120	1,550	0,984	81	1,414556732		
	160	2,067	0,979	108	1,876174984		
	200	2,584	0,974	136	2,350123223		
	240	3,101	0,969	157	2,698617272		
	280	3,618	0,964	174	2,974873175		
	320	4,134	0,959	189	3,214001604		
	360	4,651	0,953	201	3,399638971		
	400	5,168	0,948	212	3,566254237		
	440	5,685	0,943	221	3,697392139		
	480	6,202	0,938	234	3,893434366		
	520	6,718	0,933	245	4,053999229		
	560	7,235	0,928	257	4,229002553		
	600	7,752	0,922	264	4,319987781		
	640	8,269	0,917	271	4,40968959		
	680	8,786	0,912	287	4,643730181		
	720	9,302	0,907	298	4,794394384		
	760	9,819	0,902	304	4,863057292		
	800	10,336	0,897	309	4,914714899		
	840	10,853	0,891	315	4,981269333		
	880	11,370	0,886	318	4,999558051		
	920	11,886	0,881	319	4,986036317		
	960	12,403	0,876	320	4,972331238		
	1000	12,920	0,871	320	4,94299595		
	1040	13,437	0,866	318	4,882950283		
	1080	13,953	0,860	309	4,71642669		
	1120	14,470	0,855	301	4,566725051		
	1160	14,987	0,850	298	4,493891032		



**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project      Sample No. : Curing time 14  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java      Date : December 14th, 2002  
 Discription of soil : Clay      Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Hight	H cm	7,645
No. Of cell			Diameter	D cm	3,79
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11,2815
Coeff. proving ring K :	0,2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	86,2474
k = K / A	0,0181624		Wight	W gram	173,3600
Cell pessure	2,00		Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain			Reading of proving ring		Pore pressure	
	Axial deformation	Strain %				u kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	1	0	0		
	40	0,517	0,995	41	0,723527365		
	80	1,034	0,990	76	1,334205546		
	120	1,550	0,984	107	1,86861198		
	160	2,067	0,979	123	2,136754842		
	200	2,584	0,974	141	2,436524812		
	240	3,101	0,969	169	2,904881012		
	280	3,618	0,964	194	3,31681262		
	320	4,134	0,959	211	3,588118193		
	360	4,651	0,953	235	3,974702279		
	400	5,168	0,948	254	4,272776303		
	440	5,685	0,943	274	4,584097042		
	480	6,202	0,938	287	4,775280611		
	520	6,718	0,933	302	4,997174559		
	560	7,235	0,928	315	5,183407799		
	600	7,752	0,922	328	5,367257546		
	640	8,269	0,917	334	5,43482038		
	680	8,786	0,912	346	5,598364608		
	720	9,302	0,907	357	5,743620118		
	760	9,819	0,902	362	5,790877433		
	800	10,336	0,897	369	5,869028472		
	840	10,853	0,891	374	5,914268986		
	880	11,370	0,886	380	5,974314653		
	920	11,886	0,881	387	6,048890454		
	960	12,403	0,876	393	6,106644301		
	1000	12,920	0,871	395	6,101510626		
	1040	13,437	0,866	394	6,049944691		
	1080	13,953	0,860	381	5,8153999		
	1120	14,470	0,855	374	5,674269665		
	1160	14,987	0,850	364	5,489182335		





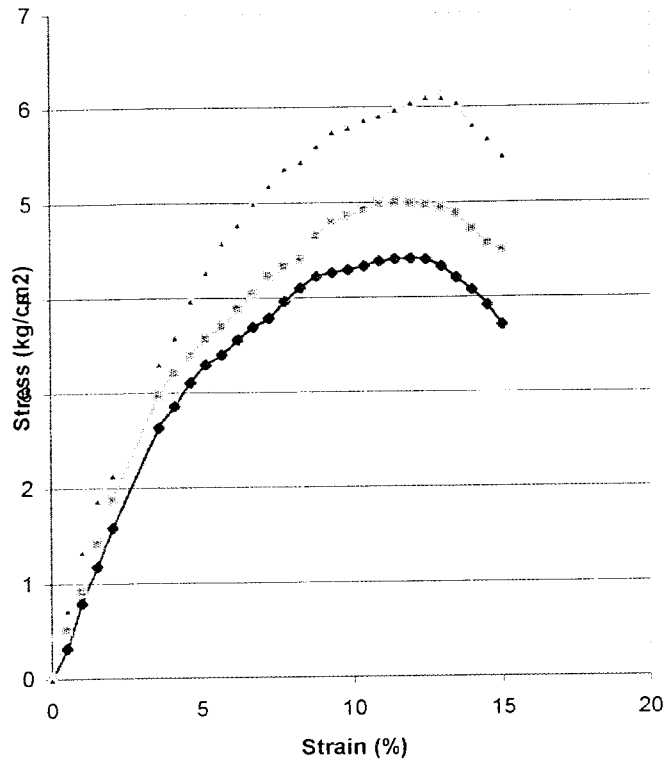
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**TRIAXIAL COMPRESSION TEST RESULT**  
**UNCONSOLIDATED UNDRAINED (TXUU)**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Discription of soil : Clay

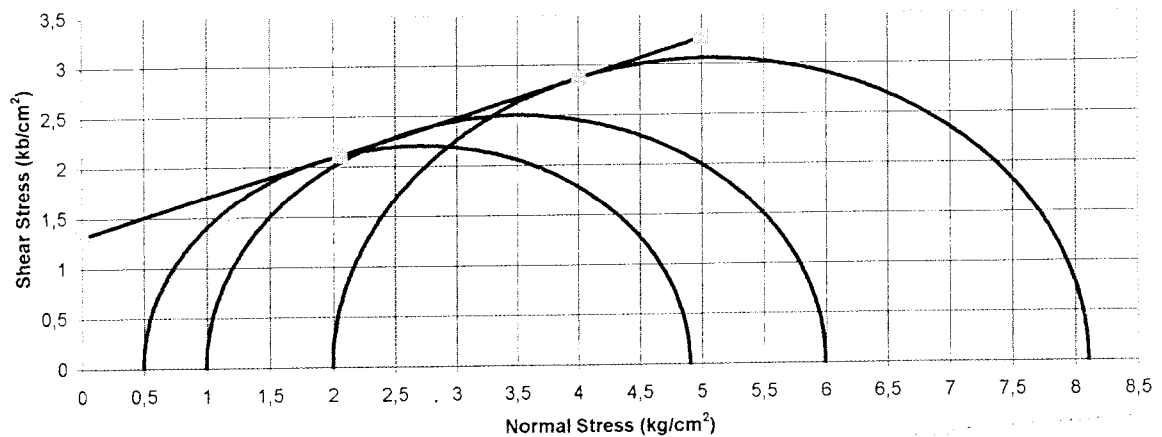
Sample No. : Curing time 14  
 Date : December 14th, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani



Piece No :	1	2	3
H cm	7,74	7,7	7,645
D cm	3,835	3,83	3,79
A cm <sup>2</sup>	11,55	11,52	11,28
V cm <sup>3</sup>	89,40	88,71	86,25
Wt gram	177,89	176,05	173,36
Water Content			
Wt Container (cup), gr	22,14	21,86	
Wt of Cup + Wet soil, gr	101,48	101,21	
Wt of Cup + Dry soil, gr	87,02	86,94	
Water Content %	22,29	21,93	
Average water content %	22,11		

$\gamma_d$ gram/cm <sup>3</sup>	1,989711	1,984531	2,010033
$\gamma$ gram/cm <sup>3</sup>	1,62948	1,625238	1,646123

$\sigma_3$	0,5	1	2
$\sigma_1 - \sigma_2 = P/A$	4,407719	4,999558	6,106644
$\sigma_1 + \sigma_2$	4,907719	5,999558	8,106644
$(\sigma_1 + \sigma_2)/2$	2,703859	3,499779	5,053322
$(\sigma_1 - \sigma_2)/2$	2,203859	2,499779	3,053322
Angle of shearing resistance ( $\phi$ )	21,33929		
Apperen cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )	1,302963		





**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project      Sample No. : Curing time 21  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java      Date : December 14th, 2002  
 Discription of soil : Clay      Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Hight	H cm	7,74
No. Of cell			Diameter	D cm	3,835
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11,5510
Coeff. proving ring K =	0,2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	89,4050
k = K / A	0,017738682		Wight	W gram	177,3600
Cell pessure	0,50		Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain		Reading of proving ring	kg/cm <sup>2</sup>	Pore pressure	
	Axial deformation	Strain %			u	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	1	0		
	40	0,517	0,995	51	0,899997454	
	80	1,034	0,990	104	1,825754958	
	120	1,550	0,984	146	2,549694851	
	160	2,067	0,979	173	3,005354372	
	200	2,584	0,974	194	3,352381656	
	240	3,101	0,969	217	3,729935974	
	280	3,618	0,964	233	3,983594538	
	320	4,134	0,959	251	4,268330173	
	360	4,651	0,953	264	4,465197454	
	400	5,168	0,948	275	4,626037336	
	440	5,685	0,943	286	4,784860416	
	480	6,202	0,938	291	4,841835045	
	520	6,718	0,933	299	4,947533752	
	560	7,235	0,928	304	5,002399907	
	600	7,752	0,922	309	5,056349335	
	640	8,269	0,917	312	5,0768382	
	680	8,786	0,912	316	5,112957272	
	720	9,302	0,907	317	5,100077248	
	760	9,819	0,902	319	5,103010776	
	800	10,336	0,897	320	5,089672388	
	840	10,853	0,891	323	5,107777761	
	880	11,370	0,886	324	5,093889335	
	920	11,886	0,881	324	5,064187357	
	960	12,403	0,876	323	5,018946843	
	1000	12,920	0,871	321	4,958442812	
	1040	13,437	0,866	320	4,913660663	
	1080	13,953	0,860	305	4,655372623	
	1120	14,470	0,855	298	4,521209519	
	1160	14,987	0,850	279	4,207367779	



**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project      Sample No. : Curing time 21  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java      Date : December 14th, 2002  
 Discription of soil : Clay      Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Hight	H cm	7,7
No. Of cell			Diameter	D cm	3,83
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11,5209
Coeff. proving ring K =	0,2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	88,7111
k = K / A	0,017785		Wight	W gram	175,4400
Cell pessure	1,00	Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>	1,9777

Time	Strain		Reading of proving ring	Pore pressure	
	Axial defor- mation	Strain %		u	
0	0	0	0	0	
40	0,517	0,995	60	1,058820535	
80	1,034	0,990	109	1,913531639	
120	1,550	0,984	151	2,637013168	
160	2,067	0,979	183	3,179074278	
200	2,584	0,974	209	3,611586423	
240	3,101	0,969	229	3,936199715	
280	3,618	0,964	246	4,205855178	
320	4,134	0,959	264	4,489399067	
360	4,651	0,953	278	4,701988228	
400	5,168	0,948	289	4,861544691	
440	5,685	0,943	301	5,035814633	
480	6,202	0,938	314	5,224523038	
520	6,718	0,933	323	5,344660207	
560	7,235	0,928	334	5,496057793	
600	7,752	0,922	341	5,579984217	
640	8,269	0,917	349	5,67889914	
680	8,786	0,912	354	5,727806565	
720	9,302	0,907	359	5,775797262	
760	9,819	0,902	362	5,790877433	
800	10,336	0,897	364	5,789502341	
840	10,853	0,891	367	5,803574112	
880	11,370	0,886	368	5,785652085	
920	11,886	0,881	370	5,78317692	
960	12,403	0,876	372	5,780335064	
1000	12,920	0,871	372	5,746232792	
1040	13,437	0,866	369	5,666064952	
1080	13,953	0,860	364	5,555920114	
1120	14,470	0,855	357	5,416348316	
1160	14,987	0,850	354	5,338380622	



**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 COMPRESION TEST LOADING DATA**

Project : Kaliwiro Development Project      Sample No. : Curing time 21  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java      Date : December 14th, 2002  
 Discription of soil : Clay      Tested by : Wiwied & Dhani

Type of test apparatus		Dimension of test piece	Height	H cm	7,645
No. Of cell			Diameter	D cm	3,79
No. of Proving ring			Cross area	A cm <sup>2</sup>	11,2815
Coeff. proving ring K	0,2049		Volume	V cm <sup>3</sup>	86,2474
k = K / A	0,0181624		Wight	W gram	172,4200
Cell pessure	2,00		Rate of compression : 0.5 %	Wet density	gr/cm <sup>3</sup>

Time	Strain		Reading of proving ring		Pore pressure
	Axial defor- mation	Strain			
		%		kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	1	0	
	40	0,517	0,995	68	1,199996606
	80	1,034	0,990	119	2,089085
	120	1,550	0,984	162	2,829113465
	160	2,067	0,979	208	3,613374042
	200	2,584	0,974	238	4,11271564
	240	3,101	0,969	260	4,469047711
	280	3,618	0,964	284	4,855540124
	320	4,134	0,959	306	5,203621645
	360	4,651	0,953	322	5,446187804
	400	5,168	0,948	341	5,736286296
	440	5,685	0,943	354	5,922519536
	480	6,202	0,938	366	6,089730675
	520	6,718	0,933	379	6,271288603
	560	7,235	0,928	391	6,434007776
	600	7,752	0,922	404	6,610890392
	640	8,269	0,917	412	6,70402993
	680	8,786	0,912	422	6,828063193
	720	9,302	0,907	432	6,950263
	760	9,819	0,902	440	7,038635554
	800	10,336	0,897	449	7,141446569
	840	10,853	0,891	456	7,210980368
	880	11,370	0,886	458	7,200621344
	920	11,886	0,881	459	7,174265422
	960	12,403	0,876	461	7,163264689
	1000	12,920	0,871	458	7,074662954
	1040	13,437	0,866	452	6,940545686
	1080	13,953	0,860	448	6,838055525
	1120	14,470	0,855	417	6,326658958
	1160	14,987	0,850	404	6,092389185



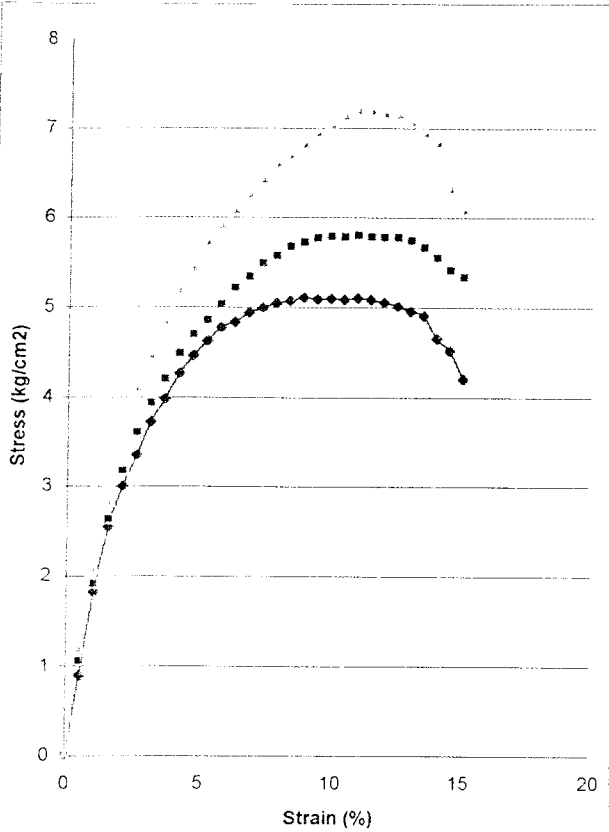
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**TRIAXIAL COMPRESSION TEST RESULT**  
**UNCONSOLIDATED UNDRAINED (TXUU)**

Project : Kaliwiro Development Project  
 Location : Kaliwiro, Wonosobo, Central Java  
 Discription of soi : Clay

Sample No. : Curing time 21  
 Date : December 14th, 2002  
 Tested by : Wiwied & Dhani



Piece No :	1	2	3
H cm	7,74	7,7	7,645
D cm	3,835	3,83	3,79
A cm <sup>2</sup>	11,55	11,52	11,28
V cm <sup>3</sup>	89,40	88,71	86,25
Wt gram	177,36	175,44	172,42

Water Content		
Wt Container (cup), gr	22,14	21,86
Wt of Cup + Wet soil, gr	101,48	101,21
Wt of Cup + Dry soil, gr	87,02	86,94
Water Content %	22,29	21,93
Average water content %	22,11	

$\gamma_d$ gram/cm <sup>3</sup>	1,983783	1,977655	1,999134
$\gamma_s$ gram/cm <sup>3</sup>	1,624625	1,619607	1,637197

$\sigma_3$	0,5	1	2
$\sigma_1 - \sigma_2 = P/A$	5,112957	5,803574	7,21098
$\sigma_1 + \sigma_2$	5,612957	6,803574	9,21098
$(\sigma_1 + \sigma_2)/2$	3,056479	3,901787	5,60549
$(\sigma_1 - \sigma_2)/2$	2,556479	2,901787	3,60549
Angle of shearing resistance (o)	24,34862		
Apperen cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )	1,420534		

