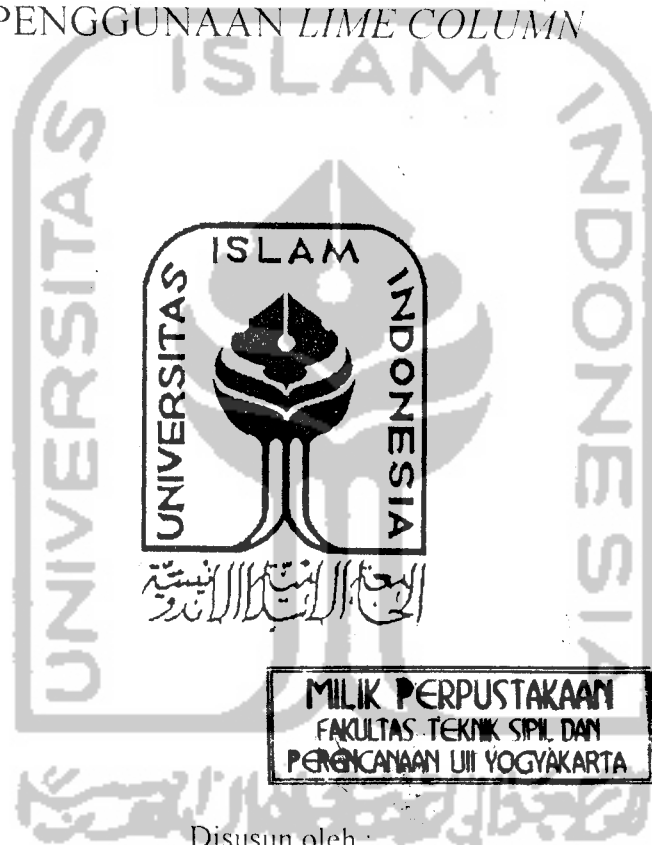


LAPORAN TUGAS AKHIR

PERUBAHAN PARAMETER
PENURUNAN DAN KUAT GESER TANAH PADA
PENGUNAAN *LIME COLUMN*



Disusun oleh :

DIATRI NARARATIH

No. Mhs. 96 310 136

Nirm. 960051013114120118

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

2002

TUGAS AKHIR

**PERUBAHAN PARAMETER PENURUNAN
DAN KUAT GESER TANAH PADA
PENGUNAAN *LIME COLUMN***

Nama : **DIATRI NARARATIH**
No. Mhs : 96 310 136
Nirm : 960051013114120118

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

DR. Ir. Luthfi Hasan, MS

Dosen Pembimbing I


Tanggal : 10/06/02

Ir. Balya Umar, MSc

Dosen Pembimbing II


Tanggal : 08/6/02

Kupersembahkan Laporan Tugas Akhir ini kepada orang-orang yang kucintai dan kuhormati :

- ✓ Mama dan Papa atas doa dan nasehatnya,
- ✓ Kakak yang harus menunda wisuda MMnya, Ayuk Oya yang selalu menanyakan kapan lulus, dan Ading yang nemenin ke laboratorium.
- ✓ Depri, Doni dan Tommy yang udah bantuin dan nungguin aku nguji di laboratorium walaupun sampai sore.
- ✓ Anik dan Lisa yang udah nemenin aku sidang dan pendadaran.
- ✓ Mas Sugi dan mas Yudi yang udah bantuin aku penelitian dan mengajarkan aku cara kerja alat-alat di laboratorium.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Puji syukur peneliti panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya berupa keimanan, kekuatan, kesabaran, kelancaran serta keselamatan selama melaksanakan penelitian Tugas Akhir hingga laporan ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para pengikut-pengikutnya.

Sesuai dengan kurikulum dan persyaratan akademis, untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil program strata satu (S1) pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, maka setiap mahasiswa diwajibkan melaksanakan Tugas Akhir.

Laporan ini disusun berdasarkan data dan hasil pengamatan peneliti terhadap penelitian Tugas Akhir yang dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, dengan judul “Perubahan parameter penurunan dan kuat geser tanah pada penggunaan *lime column*”

Selama melaksanakan Tugas Akhir dan menyusun laporan, peneliti telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini peneliti bermaksud menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Widodo MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak DR. Ir. Luthfi Hasan, MS, selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Penguji.
4. Bapak Ir. Balya Umar MSc, selaku Dosen Pembimbing II dan Dosen Penguji.
5. Bapak Ir. A. Marzuko, MT selaku Dosen Tamu dan Dosen Penguji.
6. Mama, Papa, Kakak, Ayuk Oya dan Adingku tercinta dan terkasih atas doa dan dukungannya.
7. Teman-teman yang baik hati yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir dan penelitian laporan ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran yang sifatnya membangun selalu peneliti harapkan. Dan semoga laporan ini, dapat bermanfaat bagi peneliti khususnya dan bagi seluruh mahasiswa yang membutuhkan umumnya. Akhir kata, semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada kita semua, Amin amin ya robbal ‘alamiin.

وسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Jogjakarta, Mei 2002

Peneliti

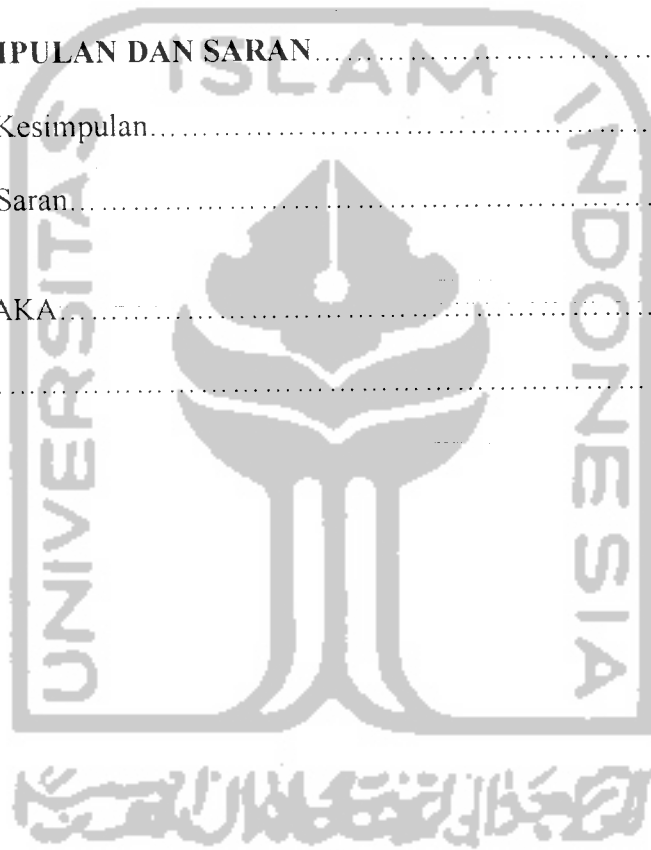
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
INTISARI.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian.....	3
BAB II. KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tanah.....	5
2.1.1 Umum.....	5
2.1.2 Klasifikasi Tanah.....	5
2.2 Tanah Lempung.....	6

2.2.1	Karakteristik Tanah Lempung.....	6
2.2.2	Jenis Tanah Lempung.....	7
2.3	Kompresibilitas, Konsolidasi dan Penurunan.....	8
2.3.1	Konsolidasi Pada Lempung.....	8
2.3.2	Karakteristik Kompresibilitas.....	11
2.3.3	Penurunan Konsolidasi Metode Satu Dimensi.....	13
2.4	Kuat Geser Tanah.....	14
2.4.1	Kriteria Keruntuhan Menurut Mohr-Coulomb.....	14
2.4.2	Uji Triaksial.....	18
2.5	Stabilisasi Tanah.....	24
2.5.1	Stabilisasi Mekanik.....	25
2.5.2	Stabilisasi Fisik.....	25
2.5.3	Stabilisasi Kimia.....	25
2.6	Kolom Kapur.....	27
2.6.1	Macam-macam Kapur.....	27
2.6.2	Reaksi dari Tanah-Kapur.....	28
2.6.3	Karakteristik dari Kapur yang Dikerjakan dengan Tanah.....	29
BAB III. MEKANISME PENELITIAN.....		33
3.1	Alat dan Bahan yang Digunakan	33
3.2	Data yang Diperlukan.....	33
3.3	Uji yang Dilaksanakan.....	34
3.3.1	Pengujian Sifat Fisik Tanah.....	34

3.3.2	Pengujian Sifat Mekanik Tanah.....	35
3.4	Permodelan Benda Uji.....	35
3.5	Variasi Sampel.....	36
3.6	Teknik Pencampuran.....	38
3.7	Sistematika Penelitian.....	41
BAB IV.	HASIL PENELITIAN.....	43
4.1	Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Lempung.....	43
4.2	Hasil Uji Triaksial.....	44
4.2.1	Hasil dari Grafik Tegangan Regangan.....	44
4.2.2	Hasil dari Grafik Lingkaran Mohr.....	45
4.3	Hasil Uji Konsolidasi.....	46
BAB V.	ANALISIS HASIL PENELITIAN.....	47
5.1	Lempung Asli (<i>remolded</i>).....	47
5.2	Analisis Hubungan Tegangan dengan Regangan Terhadap Prosentase Berat Kapur.....	48
5.2.1	Pada sample yang langsung diuji (0 Jam).....	48
5.2.2	Pada sample yang diuji setelah didiamkan 2 hari (48 Jam).....	51
5.3	Analisis Hubungan Kohesi (c) dan Sudut Tahanan Geser (ϕ) Terhadap Prosentase Berat Kapur.....	53
5.4	Indeks Kompresi Terhadap Prosentase Berat Kapur.....	55

5.4.1	Pada sample yang langsung diuji (0 Jam).....	55
5.4.2	Pada sample yang diuji setelah didiamkan 2 hari (48 jam).....	56
5.5	Analisis Hubungan Kohesi (c) dengan Indeks Kompresi (C_c)	59
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN		62
6.1	Kesimpulan.....	62
6.2	Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....		64
LAMPIRAN.....		65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur dari kolinit.....	6
Gambar 2.2	Struktur simbolis dari ilit.....	7
Gambar 2.3	Struktur simbolis dari monmorilonit.....	7
Gambar 2.4	Porositas, angka pori dan berat unit air dari tanah-tanah tipikal dalam keadaan alami.....	8
Gambar 2.5	Penampang melintang Oedometer.....	11
Gambar 2.6	Hubungan angkapori-tegangan efektif.....	12
Gambar 2.7	Penurunan Konsolidasi.....	13
Gambar 2.8	Garis keruntuhan menurut Mohr dan hukum keruntuhan dari Mohr-Coulomb.....	15
Gambar 2.9	Kemiringan bidang keruntuhan dengan bidang utama besar di dalam tanah.....	16
Gambar 2.10	Lingkaran Mohr dan garis keruntuhan.....	18
Gambar 2.11	Skema alat triaksial.....	21
Gambar 2.12	Lingkaran-lingkaran Mohr untuk tegangan total dan garis keruntuhan ($\phi = 0$) yang didapat dari uji triaksial Unconsolidated-Undrained.....	22
Gambar 2.13	Lingkaran Mohr.....	23
Gambar 2.14	Partikel lempung.....	26
Gambar 2.15	Mekanisme dari stabilisasi kapur pada tanah lempung.....	29
Gambar 2.16	Hubungan tegangan deviator-regangan geser untuk lempung yang sudah diperlakukan dengan kapur (kandungan kapur 2.5%).....	31
Gambar 2.17	Hubungan angka pori-tegangan aksial (kurva e -log σ).....	31
Gambar 2.18	Efek dari penambahan kapur pada tekanan sebelum Konsolidasi.....	32
Gambar 2.19	Efek dari penambahan kapur pada indeks kompresi untuk tegangan pada tingkat maksimum.....	32
Gambar 3.1	Contoh bentuk sampel triaksial dan konsolidasi.....	36
Gambar 3.2	Contoh model dari kolom kapur dan rencana pondasi yang akan dibangun.....	37
Gambar 5.1	Hubungan tegangan-regangan untuk tekanan sel 0,5 kg/cm ² pada uji triaksial tipe UU 0 jam.....	49
Gambar 5.2	Hubungan tegangan-regangan untuk tekanan sel 1,0 kg/cm ² pada uji triaksial tipe UU 0 jam.....	49
Gambar 5.3	Hubungan tegangan-regangan untuk tekanan sel 2,0 kg/cm ² pada uji triaksial tipe UU 0 jam.....	50
Gambar 5.4	Hubungan tegangan-regangan untuk tekanan sel 0,5 kg/cm ² pada uji triaksial tipe UU 48 jam.....	51
Gambar 5.5	Hubungan tegangan-regangan untuk tekanan sel 1,0 kg/cm ² pada uji triaksial tipe UU 48 jam.....	52
Gambar 5.6	Hubungan tegangan-regangan untuk tekanan sel 2,0 kg/cm ² pada uji triaksial tipe UU 48 jam.....	52

Gambar 5.7	Hubungan e-Log P pada uji konsolidasi 0 jam.....	55
Gambar 5.8	Hubungan e-Log P pada uji konsolidasi 48 jam.....	56
Gambar 5.9	Hubungan kohesi (c) dengan Indeks kompresi (Cc) pada pengujian 0 jam dan 48 jam.....	60



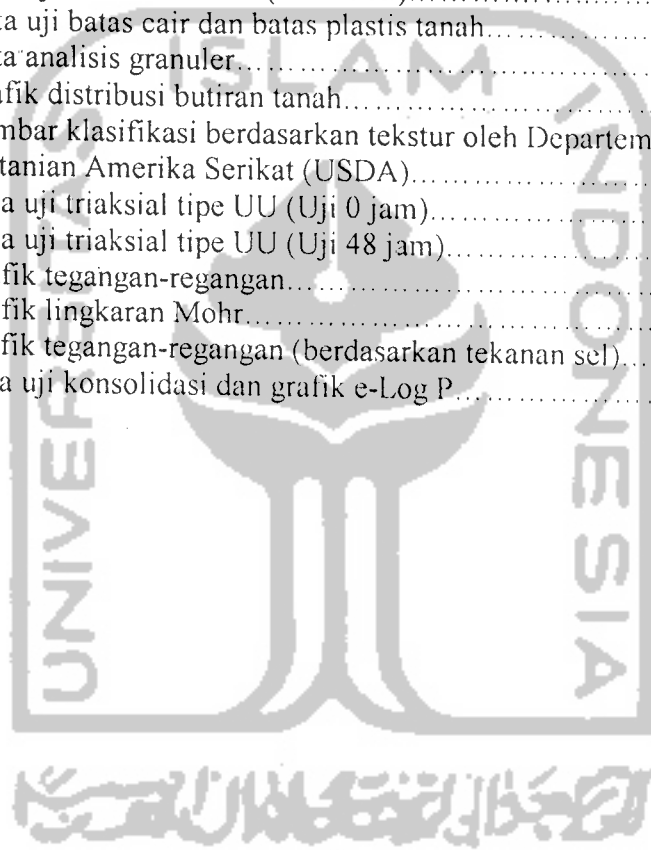
DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data sifat fisik dan indeks tanah lempung godean.....	43
Tabel 4.2	Hasil grafik tegangan regangan.....	44
Tabel 4.3	Hasil uji triaksial.....	45
Tabel 4.4	Hasil uji konsolidasi.....	46
Tabel 5.1	Kohesi (c) dengan indeks kompresi (Cc) pada pengujian 0 jam.....	60
Tabel 5.2	Kohesi (c) dengan indeks kompresi (Cc) pada pengujian 48 jam.....	60



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Data uji kadar air tanah, Data uji berat jenis tanah, Data uji batas susut tanah dengan berat jenis sudah diketahui.....	66
Lampiran II	Data uji batas susut tanah dengan berat jenis belum diketahui.....	67
Lampiran III	Data uji kadar air tanah (<i>remolded</i>).....	68
Lampiran IV	Data uji batas cair dan batas plastis tanah.....	69
Lampiran V	Data analisis granuler.....	70
Lampiran VI	Grafik distribusi butiran tanah.....	71
Lampiran VII	Gambar klasifikasi berdasarkan tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA).....	72
Lampiran VIII	Data uji triaksial tipe UU (Uji 0 jam).....	73
Lampiran IX	Data uji triaksial tipe UU (Uji 48 jam).....	91
Lampiran X	Grafik tegangan-regangan.....	106
Lampiran XI	Grafik lingkaran Mohr.....	111
Lampiran XII	Grafik tegangan-regangan (berdasarkan tekanan sel).....	116
Lampiran XIII	Data uji konsolidasi dan grafik e-Log P.....	119



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi tanah yang ada di Indonesia ada berbagai macam jenis, diantaranya adalah tanah lunak (*soft soil*) seperti yang terdapat di daerah DKI Jakarta bagian utara, Kotamadya Padang dan sekitarnya, Bintan Utara Kabupaten kepulauan Riau, Bendung Jati Gede Kabupaten Sumedang, Bogor Puncak Cianjur (BOPUNCUR) Jawa Barat. Tanah lunak memiliki daya dukung yang rendah dan penurunan yang besar sebagaimana hasil penelitian yang dilakukan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (<http://www.dgtl.dpe.go.id>).

Mengingat hampir semua bangunan itu dibuat diatas atau dibawah permukaan tanah, maka harus dibuat fondasi yang dapat memikul beban bangunan untuk kemudian meneruskannya ke tanah. Adapun syarat dari suatu desain fondasi adalah tidak boleh terjadi kegagalan daya dukung tanah (*bearing failure*) dan tidak boleh terjadi penurunan sebagian (*excessive settlement*).

Oleh karena itu berbagai cara perbaikan kondisi tanah sering dilakukan. Diantaranya adalah :

1. Stabilisasi mekanik
2. Stabilisasi fisik
3. Stabilisasi kimia

Stabilisasi kimia yang selama ini dilakukan dalam rangka perbaikan tanah salah satunya yakni dengan stabilisasi kapur, akan tetapi stabilisasi kapur yang

dilakukan biasanya dengan cara pencampuran kapur dengan tanah yang kemudian di hamparkan. Pada kenyataannya cara ini di lapangan sulit pelaksanaannya, sehingga diperlukan cara yang lebih praktis yakni dengan menggunakan kolom kapur.

Kolom kapur (*lime column*) di Indonesia masih belum terlalu menjadi alternatif pilihan pada suatu fondasi bangunan, yang bisa jadi karena belum diyakini kekuatannya karena masih minimnya penelitian tentang kolom kapur (*lime column*). Padahal jika kita mengetahui bahwa tanah lempung lunak (*soft clay*) yang akan menjadi dasar pondasi telah terpenuhi daya dukungnya hanya dengan menambahkan kolom kapur (*lime column*) saja dengan prosentase kapur tertentu, maka akan terjadi banyak sekali penghematan biaya.

Dengan alasan tersebut di atas, maka dirasa perlu untuk meneliti lebih jauh pengaruh penambahan kolom kapur (*lime column*) pada tanah lempung lunak (*soft clay*) dengan prosentase kapur tertentu terhadap kuat geser dan penurunan yang terjadi.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang di atas, dapat diambil rumusan masalah :

“ Bagaimana mengatasi masalah rendahnya daya dukung tanah (*bearing capacity*) dan penurunan (*settlement*) pada tanah lunak (*soft soil*) ?”

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perubahan parameter kohesi, sudut geser dalam (ϕ), dan indeks kompresi (C_c) untuk *lime column* dengan prosentase campuran antara tanah lempung kering dengan kapur kering 0, 8, 12, 20 dan 100 %.
2. Mencari hubungan tegangan regangan untuk campuran di atas.
3. Melakukan analisis terhadap hasil penelitian laboratorium.

1.4 Manfaat Penelitian

Diharapkan dari hasil penelitian ini nantinya akan diperoleh manfaat sebagai berikut :

1. Menambah pengetahuan tentang kolom kapur (*lime column*).
2. Memberikan wawasan baru pada pendesainan pondasi dengan kolom kapur (*lime column*).
3. Memberikan pemahaman dasar mengenai perubahan pada tanah lempung lunak (*soft clay*) yang telah dicampur dengan kolom kapur (*lime column*).

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tanah lempung lunak (*soft clay*) yang digunakan dibuat (*remolded*) dengan kadar air antara 39-41 %, dan Indeks plastisitas (IP) berkisar antara 21-23 %.
2. Uji konsolidasi dilakukan dengan waktu pembebanan yang dipercepat (*repeat*) tiap 2 jam.

3. Uji konsolidasi dan triaksial untuk sampel tanah lempung lunak (*soft clay*) yang telah diberi kolom kapur (*lime column*) dilakukan pada 0 jam (setelah dibuat sampel langsung diuji) dan 48 jam (setelah dibuat sampel didiamkan dahulu selama 48 jam baru diuji).
4. Perbandingan prosentase untuk *lime column* berdasarkan berat kering tanah dan berat kering kapur adalah 0, 8, 12, 20 dan 100%.
5. Suhu ruangan laboratorium dianggap konstan.
6. Kapur yang digunakan pada penelitian ini untuk setiap prosentase mempunyai jenis yang sama, yakni kapur hidrat (*hydrated lime*).
7. *Lime column* untuk semua uji konsolidasi berdiameter 1,60 cm dengan tinggi 2,00 cm, dan *lime column* untuk semua uji triaksial berdiameter 1,22 cm dengan tinggi 7,60 cm.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tanah

2.1.1 Umum

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas yang telah ditentukan. Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran lebih dari satu macam ukuran partikelnya. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja. Akan tetapi, dapat bercampur dengan butir-butir ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik

2.1.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi digunakan untuk mengelompokkan tanah-tanah sesuai dengan perilaku umum dari tanah pada kondisi fisis tertentu. Tanah-tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasar satu kondisi- kondisi fisis tertentu bisa saja mempunyai urutan yang tidak sama jika didasarkan kondisi- kondisi fisis tertentu lainnya. Oleh karena itu, sejumlah sistem klasifikasi telah dikembangkan disesuaikan dengan maksud yang diinginkan oleh sistem itu. Ada banyak sekali klasifikasi tanah yang dipergunakan oleh seorang insinyur geoteknik dalam

merencanakan suatu bangunan sesuai dengan fungsi dari bangunan yang akan dibangun.

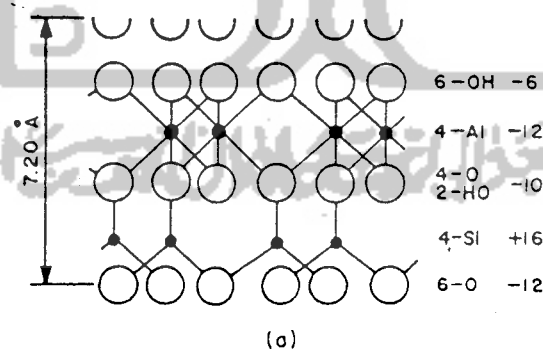
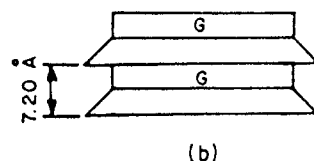
2.2 Tanah Lempung

2.2.1 Karakteristik Tanah Lempung

Tanah lempung atau dapat juga dikatakan sebagai tanah halus mengandung partikel-partikel yang berupa mineral lempung. Mineral lempung terdiri dari aluminium silikat, magnesium dan zat besi. Ada dua unit kristalin dasar yang membentuk mineral lempung yaitu : tetrahedron silikon-oksigen dan oktahedron aluminium. Sifat dari partikel-partikel lempung dapat diilustrasikan dengan menggambarkan tiga subkelompok umum dari mineral lempung yaitu :

a. Kaolinit

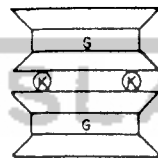
Mineral lempung kaolinit adalah suatu unit dasar dua lapis terbentuk dengan bertumpuknya lempeng gipsit pada lempeng silika seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1a dan secara simbolis terlihat dalam gambar 2.1b.



Gambar 2.1 Struktur dari kaolinit. (a) Struktur atom. (b) Struktur simbolis.
(Lambe dan Withman, 1969)

b. Ilit

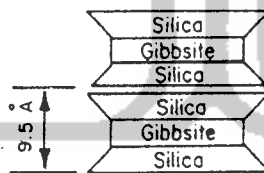
Ilit adalah suatu unit tiga lapis yang sangat stabil yang terdiri dari unit-unit dasar monmorilonit yang terikat oleh gaya bervalensi sekunder dan ion-ion potasium seperti ditunjukkan secara simbolis pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur simbolis dari ilit (I.S. Dunn dkk, 1992)

c. Monmorilonit

Monmorilonit adalah suatu unit dasar tiga lapis terbentuk dengan menempatkan sebuah lempeng silika di atas dan sebuah di bawah dari lempeng gibsit seperti ditunjukkan secara simbolis dalam gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur simbolis dari monmorilonit (I.S. Dunn dkk, 1992)

2.2.2 Jenis Tanah Lempung

Perilaku tanah lempung sangat dipengaruhi oleh sifat partikel-partikel lempung secara individual dan air pori. Tipikal tanah lempung secara alami jika dilihat dari porositas, angka pori dan berat unit dapat dilihat pada gambar 2.4. Porositas (n) adalah perbandingan antara volume pori dan volume total dalam hal ini dapat digunakan dalam bentuk persen maupun desimal. Angka pori (e)

didefinisikan sebagai rasio antara volume pori dengan volume bahan padat yang selalu dinyatakan dalam suatu desimal. Berat unit (berat tiap unit volume) adalah berat tanah dibagi dengan berat volumenya, dimana berat unit dari suatu massa tanah dapat dinyatakan dalam pengertian berat unit total (γ), berat unit kering (γ_d) dan berat unit basah (γ_b).

Deskripsi	Porositas (n)	Angka pori (e)	Kadar air (w) ^a	Berat Unit			
				kN/m ³		lb/cu ft	
				γ_d	γ_{sat}	γ_d	γ_{sat}
1. Pasir uniform, lepas	0,46	0,85	32	14,1	18,5	90	118
2. Pasir uniform, padat	0,34	0,51	19	17,1	20,4	109	130
3. Pasir berbutir campuran, lepas	0,40	0,67	25	15,6	19,5	99	124
4. Pasir berbutir campuran, padat	0,30	0,43	16	18,2	21,2	116	135
5. Lanau bawaan angin (lus)	0,50	0,99	21	13,4	18,2	85	116
6. Tanah glasial, berbutir sangat campuran	0,20	0,25	9	20,7	22,8	132	145
7. Lempung glasial lunak	0,55	1,2	45	11,9	17,3	76	110
8. Lempung glasial kaku	0,37	0,6	22	16,7	20,3	106	129
9. Lempung agak organik lunak	0,66	1,9	70	9,1	15,4	58	98
10. Lempung sangat organik lunak	0,75	3,0	110	6,8	14,0	43	89
11. Lempung monmorilonit lunak (calcium bentonite)	0,84	5,2	194	4,2	12,6	27	80

^aw = kadar air apabila jenuh, dalam persen terhadap berat kering.

Gambar 2.4 Porositas, angka pori dan berat unit air dari tanah-tanah tipikal dalam keadaan alami (Peck dkk, 1974)

2.3 Kompresibilitas, Konsolidasi dan Penurunan

2.3.1 Konsolidasi pada Lempung

1. Umum

Konsolidasi adalah suatu proses pengecilan volume secara perlahan-lahan pada tanah jenuh sempurna dengan permeabilitas rendah akibat pengaliran sebagian air pori, proses tersebut berlangsung terus sampai kelebihan tekanan air pori yang disebabkan oleh kenaikan tegangan total telah benar-benar hilang. Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*) adalah perpindahan vertikal

permukaan tanah sehubungan dengan perubahan volume pada suatu tingkat dalam proses konsolidasi. Sebagai contoh, penurunan konsolidasi akan terjadi bila suatu struktur dibangun di atas suatu lapisan lempung jenuh atau bila muka air tanah turun secara permanen pada lapisan di atas lapisan lempung tersebut.

Meskipun lapisan lempung mempunyai sedikit sifat kompresi elastis berupa sedikit perubahan volume pada partikel-partikel tanah dan air, secara pasti bagian yang lebih besar dari penurunan harus terjadi karena diperas keluarnya air dari rongga pori. Beban statis menghasilkan suatu gradien tekanan dalam air pori dan menyebabkan aliran menuju permukaan drainasi. Akan tetapi, aliran ini lambat karena rendahnya permeabilitas dari tanah lempung, sehingga laju penurunan merupakan fungsi dari permeabilitas. Kelambatan waktu penurunan disebabkan oleh fenomena ini disebut sebagai kelambatan hidrodinamik. Kelambatan waktu yang berkaitan dengan perlawanan kekentalan disebut kelambatan kekentalan.

Kompresi pada lapisan-lapisan lempung akibat suatu beban statis disebut konsolidasi. Metode mengenai estimasi dari konsolidasi lempung yang biasa digunakan saat ini adalah didasarkan pada teori konsolidasi satu dimensi yang diajukan oleh Terzaghi (1925), yang hanya mengenal kelambatan hidrodinamik yang bertanggung jawab pada kelambatan waktu penurunan.

2. Uji Konsolidasi

Karakteristik suatu tanah selama terjadi konsolidasi satu dimensi atau pemuaian dapat ditentukan dengan menggunakan uji konsolidasi atau uji oedometer. Gambar 2.5 memperlihatkan penampang melintang sebuah oedometer.

Contoh tanah berbentuk suatu piringan ditahan di dalam sebuah cincin logam dan diletakkan diantara dua lapisan batu berpori (*porous stone*). Lapisan batu berpori sebelah atas, yang dapat bergerak di dalam cincin dengan suatu jarak bebas yang kecil, dipasang di bawah tutup pembebanan (*loading cap*) dari logam dimana tekanan bekerja terhadap contoh. Seluruh rakitan tersebut diletakkan di dalam sel terbuka yang berisi air, dimana air pori pada contoh tanah mendapat jalan masuk yang bebas.

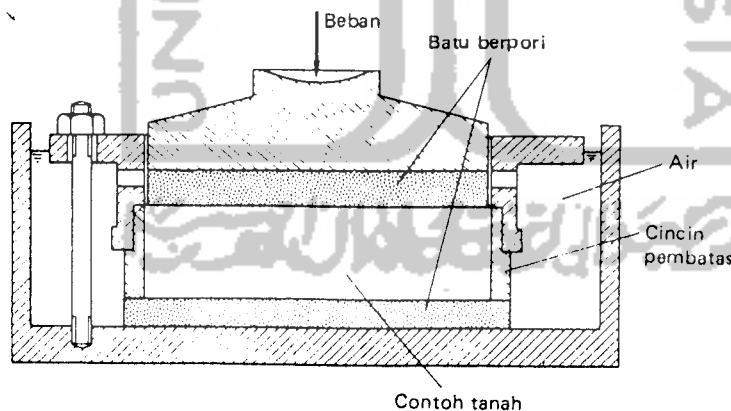
Cincin yang menahan/membatasi contoh tanah dapat terjepit (diklem pada badan sel) atau mengapung (bergerak bebas secara vertikal), cincin bagian dalam harus memiliki permukaan yang halus untuk memperkecil gesekan. Cincin pembatas tersebut menentukan suatu kondisi regangan lateral nol pada contoh tanah, rasio tegangan efektif lateral terhadap tegangan efektif vertikal K_0 , koefisien tekanan tanah pada kondisi diam. Kompresi contoh tanah akibat tekanan diukur dengan menggunakan arloji pengukur (*dial gauge*) pada tutup pembebanan. Prosedur pengujian tersebut telah di standarisasikan dalam BS 1377 [7.4] yang menetapkan bahwa oedometer merupakan tipe cincin yang terjepit (*fixed ring type*).

Tekanan awal tergantung pada jenis tanah, kemudian serangkaian tekanan dikerjakan pada contoh tanah, dimana setiap tekanan besarnya dua kali besar tekanan sebelumnya. Biasanya setiap tekanan dipertahankan selama 24 jam (untuk kasus khusus dibutuhkan waktu 48 jam), pembacaan kompresi dilakukan dalam selang waktu tertentu selama periode ini. Pada akhir periode penambahan ini

dimana tekanan air pori berlebihan telah terdisipasi secara sempurna, besarnya tekanan yang bekerja sama dengan tegangan vertikal efektif pada contoh tanah.

Hasil-hasil tersebut diperlihatkan dengan memplot tebal (presentase perubahan tebal) contoh tanah atau angka pori pada akhir setiap periode penambahan tekanan tersebut terhadap tegangan efektif yang sesuai. Tegangan efektif tersebut dapat diplot dalam skala biasa maupun skala logaritmis. Bila diinginkan, pengembangan contoh tanah dapat diukur berdasarkan penurunan tekanan yang digunakan. Akan tetapi, walaupun karakteristik pemuaian tanah tidak diperlukan pengembangan contoh tanah akibat disipasi tekanan akhir tetap harus diukur.

Angka pori pada akhir setiap periode penambahan tekanan dapat dihitung dari pembacaan arloji pengukur dan begitu pula halnya dengan kadar air (*water content*) atau berat kering (*dry weight*) dari contoh tanah pada akhir pengujian.

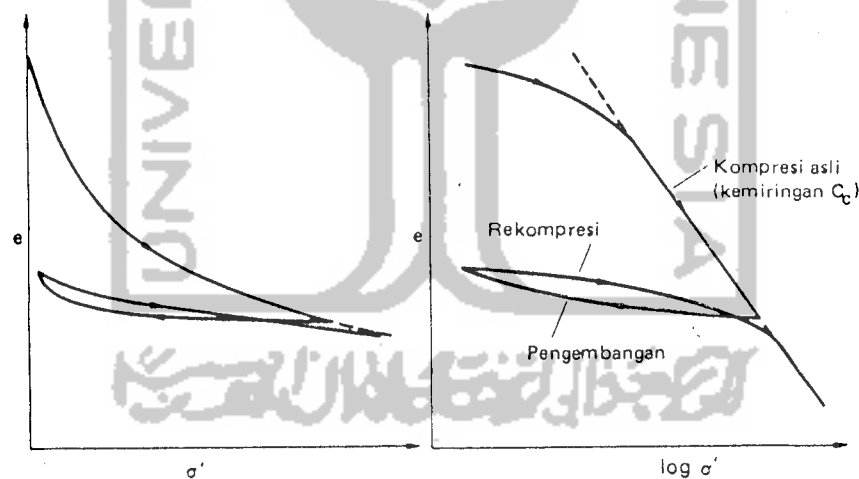


Gambar 2.5 Penampang melintang Oedometer (R.F.Craig, 1989)

2.3.2 Karakteristik Kompresibilitas

Suatu plot tipikal angka pori (e) sesudah konsolidasi terhadap tegangan efektif (σ') untuk lempung jenuh diperlihatkan pada gambar 2.6, plot tersebut

memperlihatkan kompresi awal yang diikuti oleh pemuaian (*expansion*) dan rekompresi. Bentuk kurva tersebut berkaitan dengan sejarah tegangan lempung tersebut. Hubungan e - $\log \sigma'$ untuk tanah lempung terkonsolidasi normal adalah linier (atau hampir linier) dan disebut garis kompresi asli (*virgin compression line*). Bila lempung tersebut terkonsolidasi berlebihan, keadaannya akan diwakili oleh sebuah titik pada bagian pengembangan atau rekompresi pada plot e - $\log \sigma'$. Kurva rekompresi akhirnya bergabung dengan garis kompresi asli, kemudian kompresi selanjutnya terjadi pada garis tersebut. Selama kompresi, terjadi perubahan struktur aslinya selama pengembangan. Plot tersebut memperlihatkan bahwa lempung yang terkonsolidasi berlebihan lebih tidak kompresibel dibandingkan dengan lempung yang sama dalam keadaan terkonsolidasi normal.



Gambar 2.6 Hubungan angka pori-tegangan efektif (R.F.Craig, 1989)

Kompresibilitas lempung dapat diwakili oleh salah satu koefisien yakni Indeks kompresi (C_c). Indeks kompresi (C_c) adalah kemiringan pada bagian linier dari plot e - $\log \sigma'$ dari indeks tersebut tidak berdimensi. Untuk dua buah titik sembarangan pada bagian linier dari plot tersebut :

$$C_c = \frac{e_0 - e_1}{\log \frac{\sigma'_1}{\sigma'_0}} \quad (2.1)$$

Bagian pengembangan pada plot $e - \log \sigma'$ dapat dianggap sebagai garis lurus, dimana kemiringannya disebut indeks kompresi (C_c).

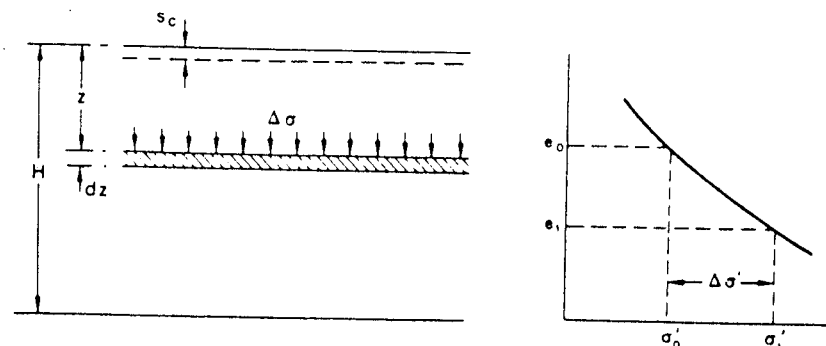
2.3.3 Penurunan Konsolidasi Metode Satu Dimensi

Untuk menghitung penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*), diperlukan nilai koefisien kompresibilitas volume dan indeks kompresi (C_c). Diambil suatu lapisan lempung jenuh dengan tebal H . Akibat pembangunan, tegangan vertikal total pada suatu elemen dengan tebal dz pada kedalaman z naik sebesar $\Delta\sigma$ (lihat gambar 2.7). Diasumsikan bahwa konsolidasi rentangan lateral nol digunakan pada lapisan lempung tersebut.

Setelah konsolidasi selesai, akan terjadi kenaikan yang sama sebesar $\Delta\sigma'$ pada tegangan vertikal efektif, sesuai dengan kenaikan tegangan dari σ'_0 ke σ'_1 dan penurunan angka pori dari e_0 ke e_1 pada kurva $e - \sigma'$.

Penurunan volume per satuan volume lempung dapat dinyatakan dalam angka pori sebagai berikut :

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0}$$



Gambar 2.7 Penurunan konsolidasi (R.F.Craig, 1989)

Karena regangan lateral adalah nol, penurunan volume per satuan volume sama dengan kurangnya ketebalan per satuan tebal, yaitu penurunan per satuan kedalaman.

2.4 Kuat Geser Tanah

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut per satuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud. Untuk menganalisis masalah stabilitas tanah seperti daya dukung, stabilitas talud dan tekanan tanah kesamping pada turap maupun tembok penahan tanah, mula-mula kita harus mengetahui sifat-sifat ketahanan penggeser tanah tersebut.

2.4.1 Kriteria Keruntuhan Menurut Mohr-Coulomb

Mohr (1980) menyuguhkan sebuah teori tentang keruntuhan pada material yang menyatakan bahwa keruntuhan terjadi pada suatu material akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser, dan bukan hanya akibat tegangan normal maksimum atau tegangan geser maksimum saja. Jadi, hubungan antara tegangan normal dan geser pada sebuah bidang keruntuhan dapat dinyatakan dalam bentuk berikut (Gambar 2.8a).

$$\tau_f = f(\sigma) \quad (2.2)$$

Garis keruntuhan (*failure envelope*) yang dinyatakan oleh persamaan 2.2 di atas sebenarnya berbentuk garis lengkung seperti terlihat pada gambar 2.8b. Untuk sebagian besar masalah-masalah mekanika tanah, garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjuk hubungan linier antara

tegangan normal dan geser (Coulomb, 1776). Persamaan itu dapat ditulis sebagai berikut :

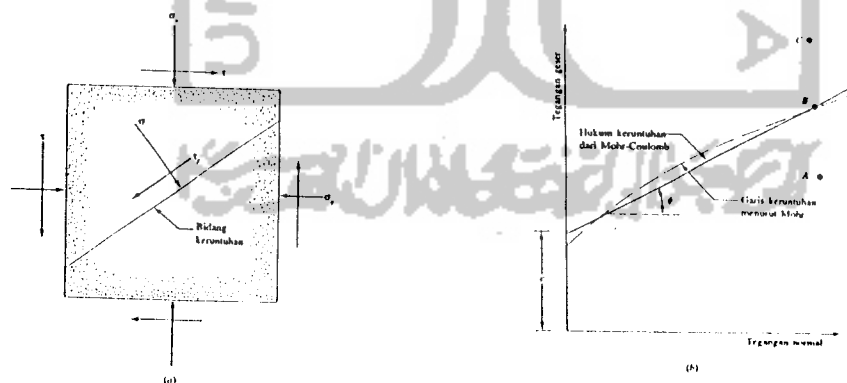
$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad (2.3)$$

dengan : c = kohesi

ϕ = sudut geser internal

Hubungan di atas disebut sebagai kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb.

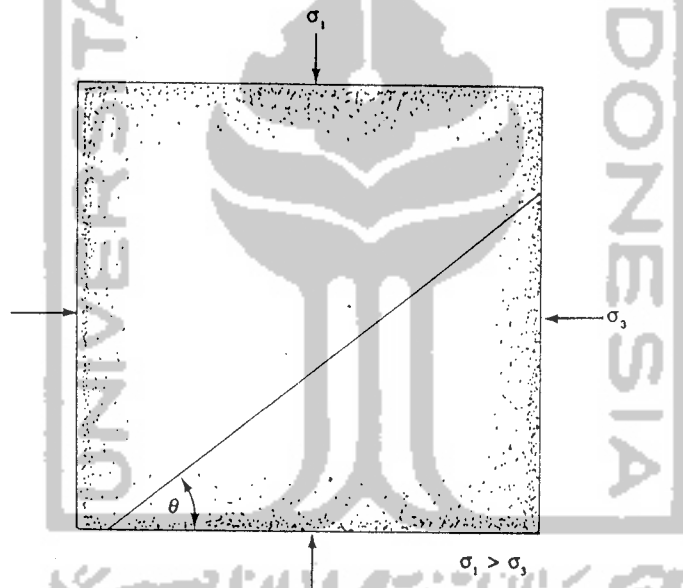
Bila tegangan normal dan tegangan geser pada sebuah bidang dalam suatu massa tanah sedemikian rupa, maka keruntuhan geser tidak akan terjadi pada bidang tersebut. Tetapi bila tegangan normal dan geser yang bekerja pada suatu bidang lain (yang tepat berada pada garis keruntuhan), maka keruntuhan geser akan terjadi pada bidang tersebut. Suatu keadaan kombinasi tegangan tidaklah mungkin terjadi karena bila titik tersebut tergambar di atas garis keruntuhan, keruntuhan geser pasti sudah terjadi sebelumnya.



Gambar 2.8 Garis keruntuhan menurut Mohr dan hukum keruntuhan dari Mohr-Coulomb (Braja M. Das, 1995)

Kemiringan Bidang Keruntuhan Akibat Geser

Keruntuhan geser (keruntuhan akibat geser) akan terjadi bila tegangan geser pada suatu bidang mencapai syarat batas yang dirumuskan oleh persamaan 2.3. Untuk menentukan kemiringan bidang keruntuhan dengan bidang utama besar (*major principal plane*), dijelaskan pada gambar 2.9. Bila bidang keruntuhan tersebut membentuk sudut θ dengan bidang utama besar, menurut ilmu mekanika kita dapat mencari harga tegangan normal dan geser yang bekerja pada bidang tersebut.



Gambar 2.9 Kemiringan bidang keruntuhan dengan bidang utama besar di dalam tanah (Braja M. Das, 1995)

Untuk harga-harga σ_3 dan c tertentu, kondisi runtuh akan ditentukan oleh harga minimum dari tegangan utama besar σ_1 . Bila harga σ_1 adalah minimum, maka harga $(\frac{1}{2} \cdot \sin 2\theta - \cos^2 \theta \cdot \tan \phi)$ haruslah maksimum. Jadi,

$$\frac{d}{d\theta} \left(\frac{1}{2} \cdot \sin 2\theta - \cos^2 \theta \cdot \tan \phi \right) = 0 \quad (2.4)$$

atau

$$\cos^2 \theta - \sin^2 \theta + 2 \sin \theta \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi = 0 \quad (2.5)$$

Persamaan 2.5 memberikan hubungan baru :

$$\theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2} \quad (2.6)$$

Gambar 2.10 menunjukkan gambaran separuh lingkaran Mohr yang mewakili kondisi tegangan pada saat keruntuhan pada suatu massa tanah. Garis keruntuhan yang dinyatakan oleh persamaan $\tau_f = c + \sigma \tan \phi$ menyinggung lingkaran Mohr pada titik X. Jadi, keruntuhan geser yang terjadi pada bidang tertentu dapat kita nyatakan dengan lingkaran berjari-jari OX , dan bidang tersebut harus membentuk kemiringan sudut $\theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2}$ terhadap bidang utama besar.

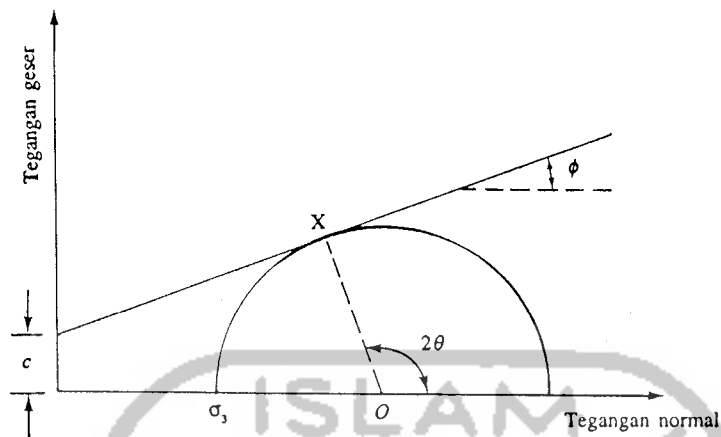
Bila harga $\theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2}$ dimasukkan ke dalam persamaan :

$$\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{3} \right) \sin 2\theta = c + \left[\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right) + \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right) \cos 2\theta \right] \tan \phi$$

dan kemudian disederhanakan, akan menghasilkan

$$\sigma_1 = \sigma_3 \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \cdot \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.7)$$

Akan tetapi, persamaan 2.7 tadi juga dapat dengan mudah diturunkan dengan menggunakan lingkaran Mohr dan ilmu ukur sederhana.



Gambar 2.10 Lingkaran Mohr dan garis keruntuhan (Braja M. Das, 1995)

2.4.2 Uji Triaksial

Dewasa ini, uji geser triaksial adalah uji yang paling dapat diandalkan untuk menentukan parameter tegangan geser. Uji ini telah digunakan secara luas untuk keperluan pengujian biasa ataupun untuk keperluan riset. Gambar skematik dari uji ini dapat dilihat pada gambar 2.11

Pada uji ini umumnya digunakan sebuah sampel tanah kira-kira berdiameter 1,5 inchi (38,1 mm) dan panjang 3 inchi (76,2 mm). Sampel tanah (=benda uji) tersebut ditutup dengan membran karet yang tipis dan diletakkan di dalam sebuah bejana silinder dari bahan plastik (atau juga gelas) yang kemudian bejana tersebut diisi dengan air atau larutan gliserin. Di dalam bejana, benda uji tersebut akan mendapatkan tekanan hidrostatik. Untuk menyebabkan terjadinya keruntuhan geser pada benda uji, tegangan aksial (vertikal) diberikan melalui suatu piston vertikal (tegangan ini biasa disebut tegangan deviator). Pembebanan arah vertikal dapat dilakukan dengan dua cara :

- a. Dengan memberikan beban mati yang berangsur-angsur ditambah (penambahan setiap saat sama) sampai benda uji runtuh (deformasi arah aksial akibat pembebanan ini diukur dengan sebuah arloji/*dial gauge*)
- b. Dengan memberikan deformasi arah aksial (vertikal) dengan kecepatan deformasi yang tetap dengan bantuan gigi-gigi mesin atau pembebanan hidrolis. Cara ini disebut sebagai benda uji regangan terkendali.

Beban aksial yang diberikan diukur dengan bantuan sebuah proving ring (lingkaran pengukur beban) yang berhubungan dengan piston vertikal.

Alat ini juga dilengkapi dengan pipa-pipa untuk mengalirkan air ke dan dari arah sampel tanah dimana pipa-pipa tersebut juga berguna sebagai sarana pengukur tegangan air pori (pada kondisi uji). Ada tiga tipe standar dari uji triaksial yang biasanya dilakukan :

1. Consolidated-Drained test (CD test)
2. Consolidated-Undrained test (CU test)
3. Unconsolidated-Undrained test (UU test)

Uji air teralirkan-terkonsolidasi (CD test) dilakukan dengan menempatkan sample tanah di dalam ruangan tekanan dan meningkatkan tekanan samping. Sampel tanah kemudian dibiarkan terkonsolidasi terhadap tekanan samping seluruh keliling, σ_3 dengan membiarkan saluran drainase tetap terbuka. Air-teralirkan pada sample tanah selama beban aksial ditambah sehingga tekanan pori eksese yang besar tidak terjadi. Uji air termampatkan-terkonsolidasi (CU test) sama dengan CD test kecuali bahwa pada sample tanah selama beban aksial ditambah besarnya, air-termampatkan. Uji air termampatkan-tak terkonsolidasi dilakukan

dengan menempatkan sample tanah di dalam ruangan tekanan dan dengan penambahan besarnya tekanan samping tanpa membolehkan sample terkonsolidasi dan tidak diijinkan mengalirkan air dari dan ke benda uji selama memberikan tekanan sel σ_3 . Dalam hal ini karena peneliti melakukan uji dengan cara Unconsolidated-Undrained, maka yang akan dijelaskan lebih lanjut hanya tentang UU test saja.

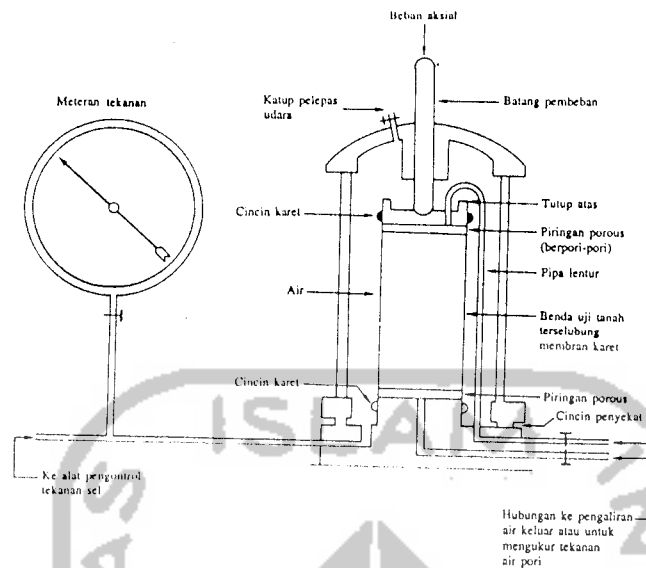
Uji air termampatkan-tak terkonsolidasi (Unconsolidated-Undrained)

Pada uji air termampatkan-tak terkonsolidasi, kita tidak diijinkan mengalirkan air dari dan ke benda uji selama memberikan tekanan sel (σ_3). Benda uji tadi kita uji sampai runtuh dengan memberikan tegangan deviator ($\Delta\sigma_d$), di arah aksial tanpa memperbolehkan pengaliran air (dari dan ke dalam benda uji). Karena pengaliran air tidak dapat terjadi di kedua tahap tersebut, maka uji ini dapat diselesaikan dengan cepat. Karena adanya tegangan sel (= tegangan penyekap = σ_3), tegangan air pori di dalam benda uji tanah tersebut akan naik menjadi u_c ($= u_{at consolidation}$). Kemudian tegangan air pori ini akan naik lagi sebesar Δu_d akibat dari pemberian tegangan deviator. Jadi, tegangan total air pori ini akan naik ke dalam benda uji pada tahap pemberian tegangan deviator adalah

$$u = u_c + \Delta u_d \quad (2.8)$$

Dari persamaan $U_c = B\sigma_3$ dan $\Delta u_d = A\Delta\sigma_d$, jadi

$$u = B\sigma_3 + A\Delta\sigma_d = B\sigma_3 + A(\sigma_1 - \sigma_3) \quad (2.9)$$

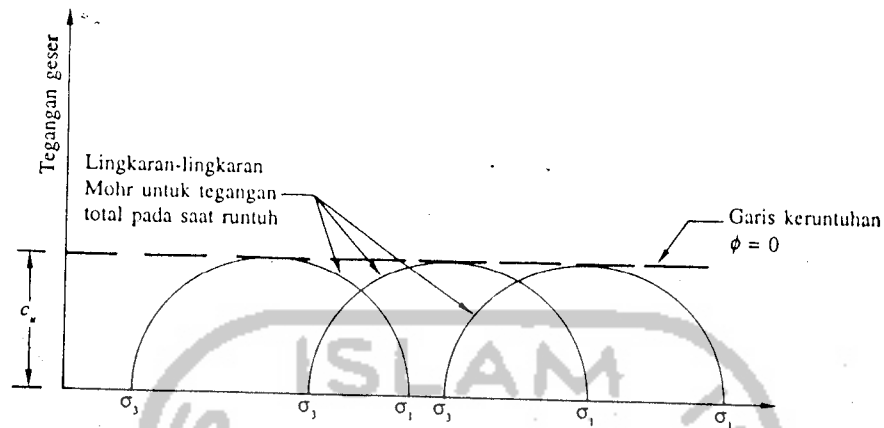


Gambar 2.11 Skema alat Triaksial (Bishop and Bjerrum, 1960)

Pada umumnya, pengujian ini kita lakukan dengan sampel tanah lempung, dan uji ini menyajikan konsep kekuatan geser tanah yang sangat penting untuk tanah berkoheesi yang jenuh air. Tambahan tegangan aksial pada saat tanah mencapai keruntuhan $(\Delta\sigma_{(t)})_f$ akan praktis selalu sama besarnya, berapapun besarnya harga tegangan sel yang ada. Hal ini terlihat pada gambar 2.12. Garis keruntuhan untuk tegangan total dari lingkaran-lingkaran Mohr berbentuk garis horisontal dan disebut sebagai garis $\phi = 0$ dan

$$\tau_f = c_u \quad (2.10)$$

dengan c_u adalah kekuatan geser air termampatkan (*undrain shear strength*) yang besarnya sama dengan jari-jari lingkaran Mohr.



Gambar 2.12 Lingkaran- Lingkaran Mohr untuk tegangan total dan garis keruntuhan ($\phi = 0$) yang didapat dari uji triaksial Uncosolidated-Undrained (Braja M. Das, 1995)

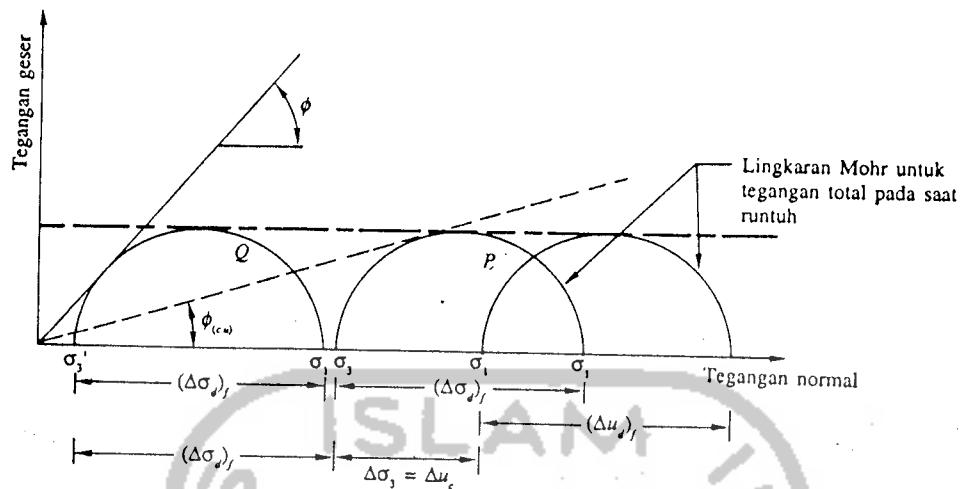
Bila sampel tanah lempung (No.1) dikonsolidasikan pada tegangan sel sebesar σ_3 dan kemudian ditekan (geser) sampai mencapai keruntuhan tanpa mengijinkan adanya pengaliran air dari dan ke dalam benda uji, kondisi tegangan total pada saat runtuh dapat digambarkan dengan lingkaran Mohr P pada gambar 2.13. Tegangan air pori yang terjadi pada saat runtuh adalah $(\Delta\sigma_d)_f$. Jadi tegangan-tegangan efektif utama besar dan kecil pada saat runtuh adalah

$$\sigma_1' = [\sigma_3 + (\Delta\sigma_d)_f] - (\Delta u_d)_f = \sigma_1 - (\Delta u_d)_f$$

dan

$$\sigma_3' = \sigma_3 - (\Delta u_d)_f$$

Q adalah lingkaran Mohr untuk tegangan efektif utama pada benda uji tersebut, dimana diameter dari lingkaran P dan Q adalah sama.



Gambar 2.13 Lingkaran Mohr (Braja M. Das, 1995)

Sebuah sampel benda uji yang lain (No.2) telah dikonsolidasi dengan tegangan sel lain sebesar σ_2 . Bila tekanan sel dinaikkan sebesar $\Delta\sigma_3$ tanpa membolehkan terjadinya pengaliran air, tegangan air pori akan meningkat pula sebesar Δc_u . Untuk tanah yang jenuh air (*saturated*) dan tersekap tegangan secara isotropis, kenaikan tegangan air pori akan sama dengan kenaikan tegangan total. Jadi, $\Delta c_u = \Delta\sigma_2$. Pada saat ini, tegangan penyekap efektif menjadi $\sigma_3 + \Delta\sigma_3 - \Delta c_u = \sigma_3 + \Delta\sigma_3 - \Delta\sigma_3 = \sigma_2$. Ini akan sama dengan tegangan penyekap efektif untuk benda uji No.1 sebelum kita memberikan tegangan deviator. Jadi bila benda uji No.2 ditekan sampai mencapai keruntuhan dengan menaikkan tegangan aksial, maka benda uji tadi akan runtuh pada tegangan deviator yang sama, yaitu $(\Delta\sigma_d)_f$ seperti pada benda uji No.1. Lingkaran Mohr untuk tegangan total pada saat mencapai keruntuhan adalah R (gambar 2.13). Penambahan tegangan pori akibat $(\Delta\sigma_d)_f$ ini adalah $(\Delta u_d)_f$.

Pada titik keruntuhan, tegangan efektif utama kecil adalah :

$$[\sigma_3 + \Delta\sigma_3] - [\Delta u_c + (\Delta u_d)_f] = \sigma_3 - (\Delta u_d)_f = \sigma_3'$$

dan tegangan efektif utama besar ialah :

$$\begin{aligned} [\sigma_3 + \Delta\sigma_3 + (\Delta\sigma_d)_f] - [\Delta u_c + (\Delta u_d)_f] &= [\Delta\sigma_3 + (\Delta\sigma_d)_f - (\Delta u_d)_f] \\ &= \sigma_1 - (\Delta u_d)_f = \sigma_1' \end{aligned}$$

Jadi lingkaran Mohr untuk tegangan-tegangan efektif akan tetap sama dengan Q .

Disini diameter lingkaran-lingkaran P, Q dan R adalah sama. Harga $\Delta\sigma_3$ untuk benda uji No.2 dapat dipilih sembarangan. Dalam kondisi apapun, tegangan deviator menyebabkan keruntuhan $(\Delta\sigma_d)_f$ akan praktis sama besarnya.

2.5 Stabilisasi Tanah

Tanah merupakan bahan bangunan pada berbagai pekerjaan teknik sipil, sehingga memerlukan suatu standar persyaratan tertentu. Ada tiga kemungkinan kondisi tanah dijumpai di suatu lokasi, yaitu :

- Kondisi tanah di lokasi cukup baik sehingga dapat dipakai langsung,
- Kondisi tanah di lokasi bangunan kualitasnya jelek, sehingga perlu diganti dengan tanah dari jenis lain yang lebih baik, dan
- Kondisi tanah di lokasi bangunan kualitasnya jelek, namun tidak perlu diganti tetapi tanah tersebut diperbaiki sifat-sifatnya sehingga persyaratannya terpenuhi.

Usaha untuk memperbaiki atau merubah sifat-sifat yang disebut stabilisasi tanah dapat berupa penambahan atau penggantian material baru, pemadatan, penambahan bahan kimia, pemanasan, pendinginan, mengalirkan arus listrik dan lain-lain. Secara garis besar stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi tiga bagian

yaitu : stabilisasi mekanik, stabilisasi fisik dan stabilisasi kimia (Ingels dan Metcalf, 1977).

2.5.1 Stabilisasi Mekanik

Stabilisasi mekanik adalah suatu metoda untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan merubah struktur atau menambahkan jenis tanah lain yang tidak mempengaruhi sifat-sifat tanah itu sendiri. Cara ini dapat juga berupa pemadatan, penambahan atau penggantian dengan tanah lain, peledakan dengan alat peledak (*explosive*) dan tekanan statis. Alat-alat yang biasa digunakan pada stabilisasi mekanik khususnya untuk pemadatan adalah alat tumbuk, mesin gilas drum halus, pelat getar, mesin gilas ban angin dan mesin kaki domba.

2.5.2 Stabilisasi Fisik

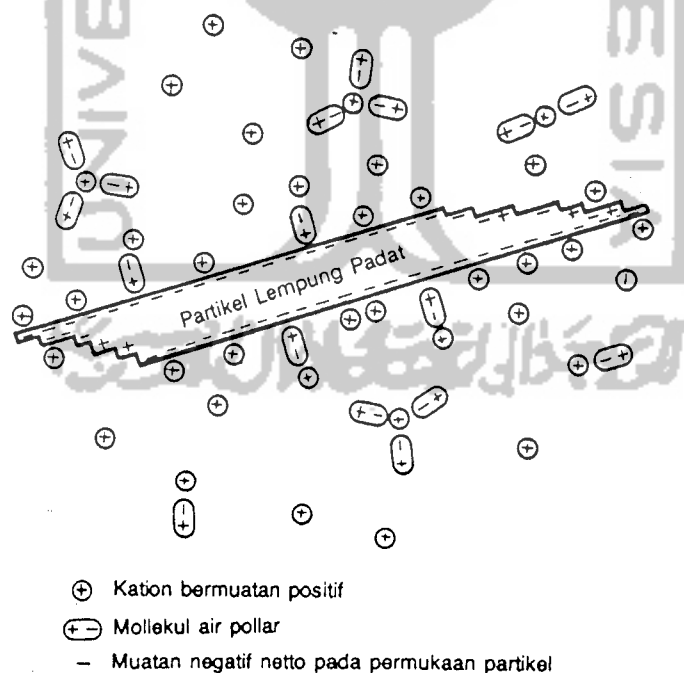
Stabilisasi fisik adalah perubahan sifat-sifat tanah dengan cara pemanasan (*heating*), pendinginan (*cooling*) dan menggunakan arus listrik (*electricity*). Salah satu jenis stabilisasi fisik yang sering dipakai adalah pemanasan.

2.5.3 Stabilisasi Kimia

Stabilisasi kimia adalah stabilisasi dengan cara penambahan bahan kimia padat atau cair pada tanah sehingga mengakibatkan perubahan sifat-sifat dari tanah tersebut, misalnya mencampur tanah lempung dengan kapur, semen dan lain-lain. Hal ini dapat terjadi karena partikel lempung memiliki muatan negatif pada tepi permukaannya dan muatan positif pada ujung-ujungnya yang menyebabkan partikel tanah lempung akan menyebar bila diberi air dan akan menggumpal bila air yang dikandungnya hilang atau berkurang (lihat gambar 2.14). Menurut ahli geoteknik, peristiwa menyebarnya tanah lempung tersebut

dapat diatasi dengan cara menambahkan material yang mengandung unsur Ca^{++} , Mg^{++} , Al^{++} , Fe^{++} , Na^{++} dan K^{++} yang dapat mengikat partikel-partikel lempung tersebut. Stabilisasi ini memanfaatkan reaksi kimia dengan tanah sehingga tanah menjadi keras, caranya :

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



Gambar 2.14 Partikel lempung (I.S. Dunn dkk, 1992)

2.6 Kolom Kapur

Metode kolom kapur telah digunakan di banyak negara, terutama Scandinavia dan Jepang, untuk menambahkan kuat dukung tanah dan mengurangi terjadinya penurunan pada tanah lempung lunak (*soft clay*). Kolom kapur dibangun dengan cara mencampur lempung dengan kapur (*quick lime*) langsung di lapangan (*in situ*). Dimana kolom ini dapat memperkecil plastisitas, meningkatkan permeabilitas dan kekuatan, dan memperkecil kadar air akibat adanya hidrasi dan reaksi pozzolanik.

Kolom kapur dapat digunakan sebagai alternatif yang lebih ekonomis dari segi biaya dan waktu dalam proses stabilisasi tanah pada tanah lempung dibanding dengan stabilisasi kapur dengan cara penghamparan. Kolom kapur juga dapat digunakan sebagai dukungan lateral (*lateral support*) di tempat pelat tiang (*sheet pile*). Di USA, kolom kapur diperkirakan telah menghemat biaya konstruksi sebesar 30 sampai 40 % jika dibandingkan dengan dinding pelat tiang (*sheet pile wall*) konvensional atau fondasi tiang.

2.6.1 Macam-macam Kapur

1. Kapur api (*Quick Lime*)

Kapur api (*quick lime*) yang secara kimia disebut kalsium oksida (CaO) didapat dari pemanasan batu kapur (CaCO_3) untuk mengeluarkan karbon dioksida. Kapur api (*quick lime*) sangat murah jika dibanding dengan hidrat kapur (*hydrated lime*) dan juga paling efektif tetapi kapur jenis ini berbahaya bagi kesehatan seorang peneliti laboratorium.

2. Hidrat Kapur (*Hidrated Lime*)

Hidrat kapur (*hidrated lime*) secara kimia disebut Ca(OH)_2 merupakan hasil reaksi kimia dari kalsium oksida dengan air ($\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$) yang berupa serbuk yang baik.

2.6.2 Reaksi dari Tanah-Kapur

1. Pertukaran Ion dan Penggumpalan

Kapur + lempung $\rightarrow$ rapuh dan seperti lumpur

a. Bidang dari partikel lempung :

Ion-ion kalsium menempatkan kembali sodium dan ion-ion hidrogen menyusun campuran dari penempatan kembali : $\text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Ca}^{++} < \text{Mg}^{++}$ (nilai tunggal kation-kation ditempatkan kembali dengan kation-kation yang bernilai banyak)

b. Penggumpalan

Kation-kation kalsium berdesak-desak masuk ke bidang dari mineral lempung. Penambahan dari kation-kation yang bernilai dua (Ca^{++}) ke dalam bidang menarik partikel lempung secara bersama-sama.

2. Reaksi Pozzolanic

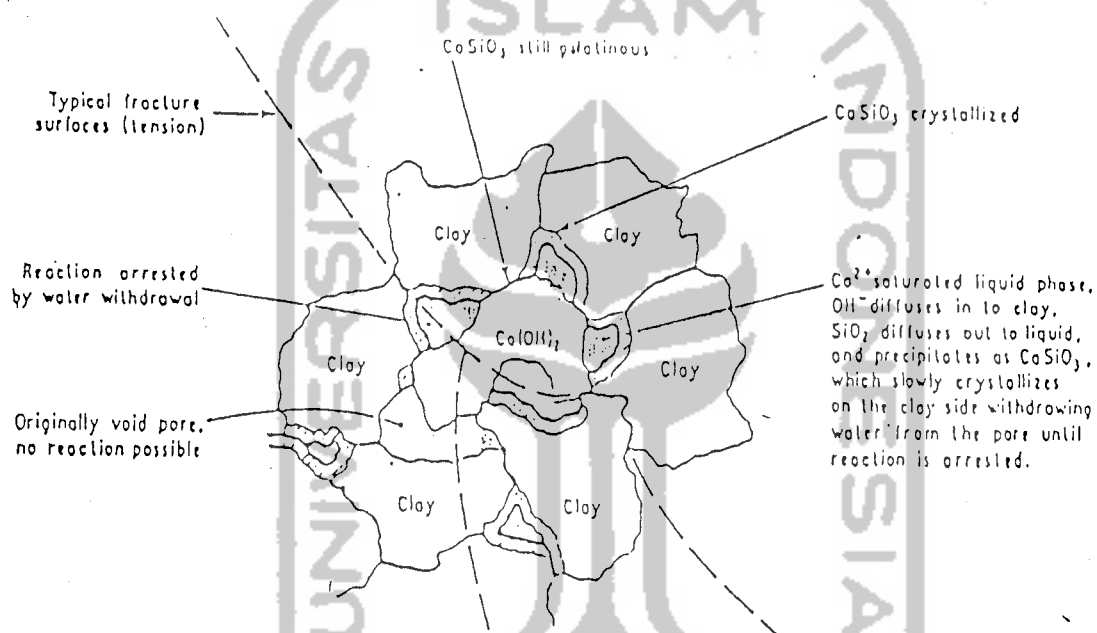
Reaksi antara silika dan alumina di dalam lempung dengan kapur membentuk semen penyebab dari kalsium silikat atau kalsium aluminat hidrat.

a. Silika/alumina dari mineral lempung, kuarsa (kristal silikon dioksida yang berbentuk heksagonal), felspar (pembentuk batuan hablur, mengandung terutama kalium aluminat silikat, natrium aluminat silikat atau kalsium aluminat silikat), mika (mineral silikat)

- b. Kalsium dari kapur
- c. Penambahan dari kapur menaikkan pH menjadi 12,3
- d. pH yang tinggi melarutkan silika dan membebaskan alumina

3. Karbonat Kalsium

Proses penyerapan karbon dioksida dari udara ke bentuk kalsium dan magnesium karbonat dapat dilihat pada gambar 2.15 di bawah ini.



Gambar 2.15 Mekanisme dari stabilisasi kapur pada tanah lempung
(After Ingles and Metcalf, 1972)

2.6.3 Karakteristik dari Kapur yang Dikerjakan dengan Tanah

1. Kemampuan mengembang (*Swelling Potential*)

Kemampuan mengembang dan tekanan mengembang menjadi berkurang disebabkan oleh menurunnya afinitas dari air karena penjenjuran kalsium dan juga ketahanan daya hambat terhadap pengembangan volume di matrik tanah yang membentuk semen.

2. Distribusi Ukuran Butir (*Grain Size Distribution*)

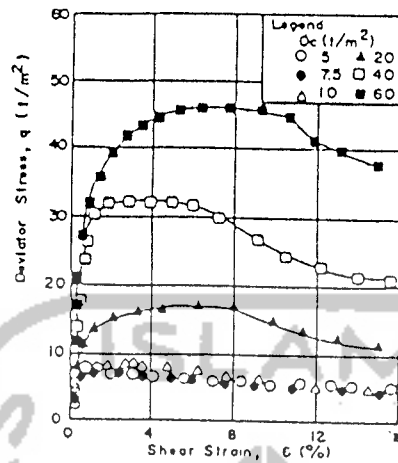
Ada suatu kecenderungan untuk fraksi lempung menjadi menurun dan ditempatkan kembali oleh tanah partikel-partikel berukuran karena efek dari penggumpalan dan tarikan jaringan dari partikel-partikel tanah.

3. Hubungan antara Tegangan Deviator dengan Regangan Geser

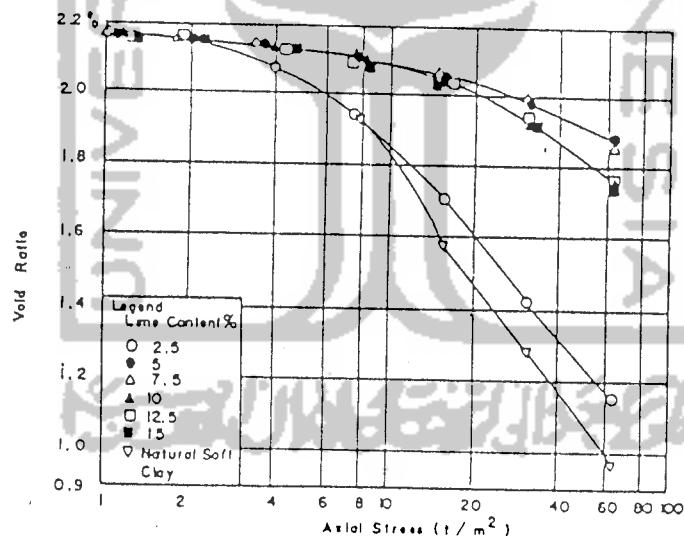
Pada gambar 2.16 memperlihatkan hubungan tegangan deviator dengan regangan geser pada kondisi dibawah tidak dialirkan (*undrained*). Kecenderungan dari sampel tanah yang sudah diolah dengan adanya penambahan kapur adalah mendekati lempung terkonsolidasi berlebihan pada saat sebelum pergeseran tekanan konsolidasi menjadi rendah. Ada perbedaan yang sangat besar antara lempung yang tidak diberi kapur dan lempung yang diberi kapur dengan kandungan kapur 5 %.

4. Karakteristik Kompresibilitas

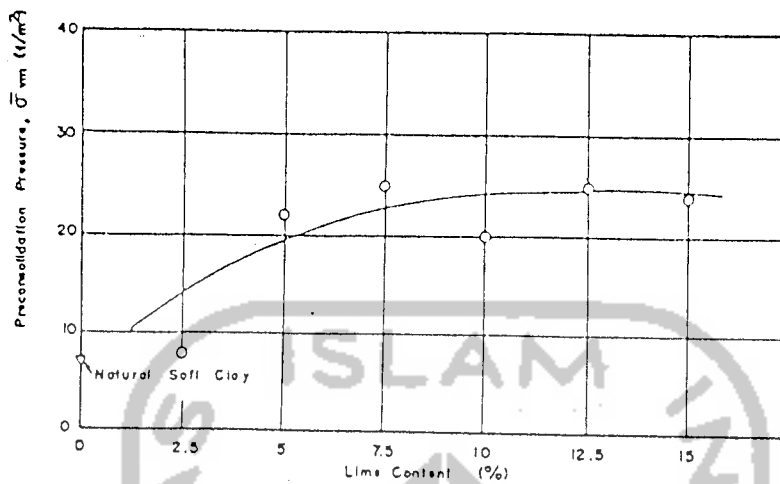
Hubungan antara angka pori dengan tegangan aksial untuk sampel dengan variasi kandungan kapur dapat dilihat pada gambar 2.17. Terlihat bahwa pada kadungan 2,5 % kapur, tidak terlalu banyak diperoleh pengaruh akibat adanya penambahan kapur tersebut. Akan tetapi pada kandungan kapur 5 %, saat sebelum tekanan konsolidasi ternyata angka pori-nya mengalami kenaikan dan lempung lunak menjadi terkonsolidasi lebih (lihat gambar 2.18). Akibat dari penambahan kapur pada indeks kompresi (C_c) dapat dilihat pada gambar 2.19.



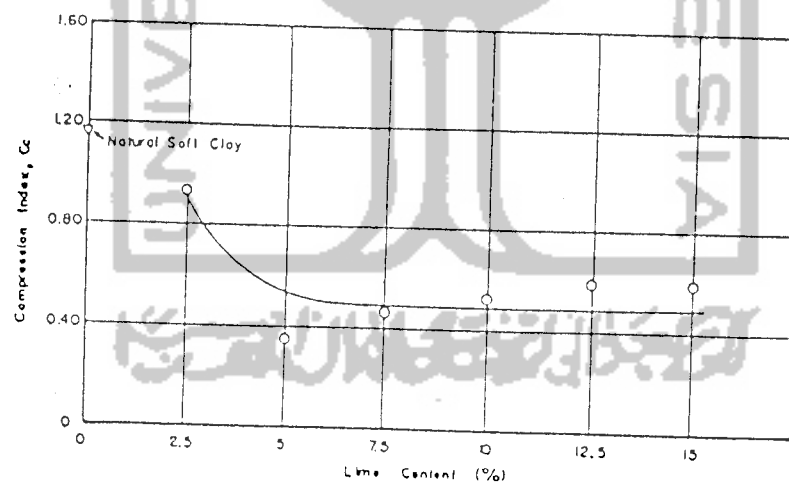
Gambar 2.16 Hubungan tegangan deviator-regangan geser untuk lempung yang sudah diperlakukan dengan kapur (kandungan kapur 2,5%).
(Dennes T Bergado, 1990)



Gambar 2.17 Hubungan angka pori-tegangan aksial (kurva e - $\log \sigma$).
(Dennes T Bergado, 1990)



Gambar 2.18 Efek dari penambahan kapur pada tekanan sebelum konsolidasi (Dennes T Bergado, 1990)



Gambar 2.19 Efek dari penambahan kapur pada indeks kompresi untuk tegangan pada tingkat maksimum (Dennes T Bergado, 1990)

BAB III

MEKANISME PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kapur

Digunakan hidrat kapur (*hydrated lime*) yang secara kimia disebut Ca(OH)_2 yang merupakan hasil reaksi kimia dari kalsium oksida dengan air ($\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$) yang berupa serbuk.

2. Lempung lunak

Lempung diambil dari Godean Yogyakarta, yang dibuat (*remolded*) dengan kadar air 39-41% dan IP 23%.

3. Air

Air diambil dari air PDAM yang ada pada laboratorium mekanika tanah FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah semua alat yang digunakan untuk pengujian sifat fisik tanah dan sifat mekanik tanah berdasarkan standarisasi American Society for Testing Material (ASTM).

3.2 Data yang Diperlukan

1. Kadar air (ω), dalam persen (%)
2. Berat Jenis (Gs)
3. Batas cair (LL), dalam persen (%)

4. Batas Plastis (PL), dalam persen (%)
5. Indeks Plastis (IP), dalam persen (%)
6. Kohesi (c), dalam kg/cm^2
7. Sudut geser dalam (ϕ), dalam derajat ($^\circ$)
8. Indeks Kompresi (C_c)

3.3 Uji yang Dilaksanakan

Perbaikan sifat-sifat tanah yang semula tidak memenuhi syarat menjadi tanah yang layak dipakai sesuai dengan spesifikasi teknik sering disebut dengan stabilisasi tanah. Sampai saat ini dianggap belum ada metode stabilisasi yang cocok untuk semua jenis tanah karena adanya perbedaan antara sifat fisika dan kimia antara jenis tanah yang satu dengan jenis tanah yang lain.

Tanah yang akan distabilisasi memerlukan pengujian-pengujian yang akan dapat menentukan sesuai tidaknya jenis stabilisator tersebut, rasio stabilisator yang optimum dan efisien pada tanah yang bersangkutan. Jenis pengujian ini biasanya dilakukan di laboratorium, sedangkan untuk kasus-kasus tertentu pengujian dilakukan di lapangan.

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

3.3.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

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

1. Pengujian kadar air tanah (ASTM D 2216-71)
2. Pengujian berat jenis tanah (ASTM D 854-72)
3. Pengujian batas susut tanah (ASTM D 427-74)
4. Pengujian batas cair tanah (ASTM D 423-66)
5. Pengujian batas plastis tanah (ASTM D 424-74)
6. Analisis hidrometer (ASTM D 421-72)
7. Analisis saringan (ASTM D 422-72)

3.3.2 Pengujian Sifat Mekanik Tanah

Pengujian sifat mekanik tanah yang dilakukan adalah :

1. Pengujian Triaksial tipe UU (ASTM D 2850)
2. Pengujian Konsolidasi (ASTM D 2435)

3.4 Permodelan Benda Uji

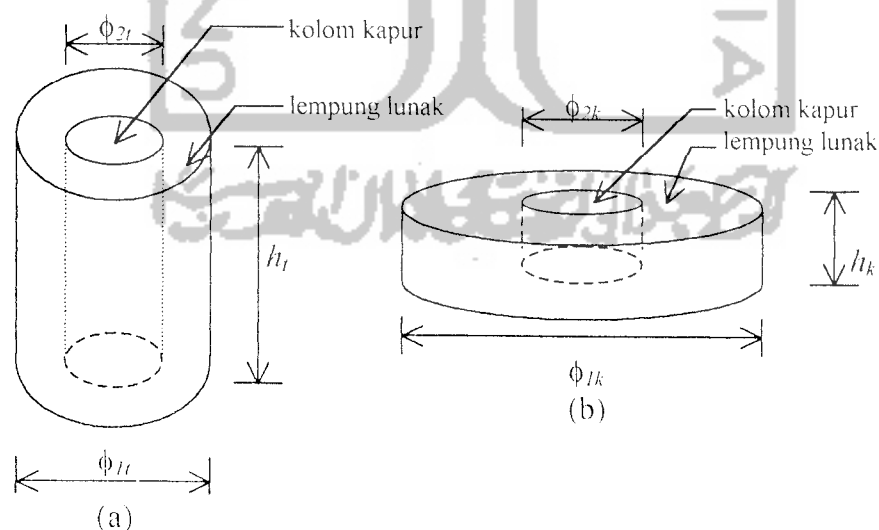
Benda uji berupa silinder tanah dengan diameter luar (ϕ_{lt}) 3,8 cm dan diameter dalam (ϕ_{2t}) 1,22 cm serta tinggi 7,6 cm untuk uji triaxial, cincin diameter luar (ϕ_{lk}) 5 cm dan diameter dalam (ϕ_{2k}) 1,60 cm serta tinggi 2 cm untuk uji konsolidasi (lihat gambar 3.1 dan 3.2). Pengambilan diameter tersebut di atas didasarkan pada perbandingan ukuran yang biasa dipakai di lapangan. Campuran dilakukan pada kolom lingkaran diameter dalam pada setiap sampelnya.

3.5 Variasi Sampel

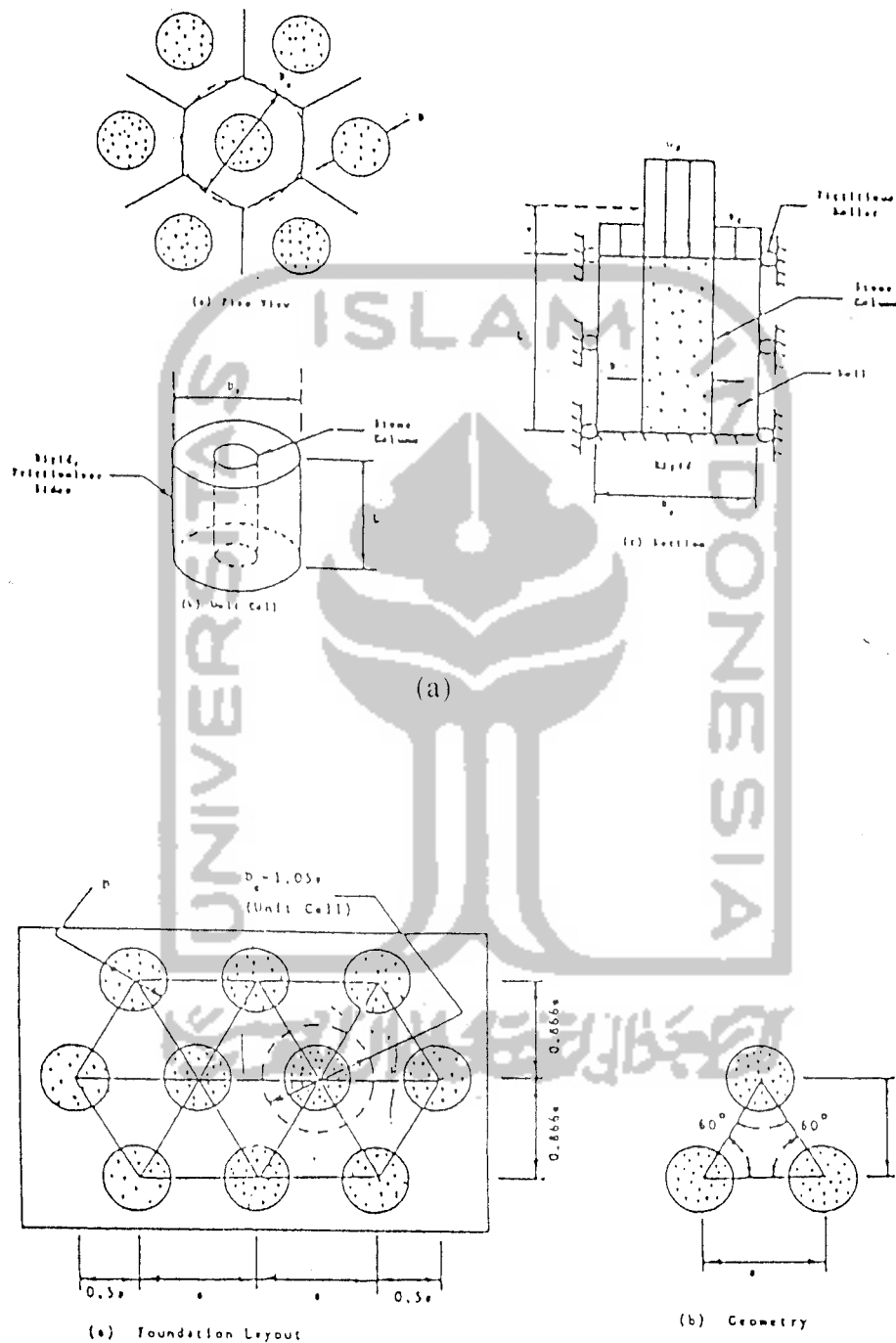
Benda uji untuk uji triaksial yang berupa kolom lingkaran dengan tinggi 7,6 cm dan benda uji untuk uji konsolidasi dengan tinggi 2 cm, untuk masing-masing sampel yang akan diuji sebagai berikut :

1. Sampel A dengan campuran kapur 0 %
2. Sampel B dengan campuran kapur 8 %
3. Sampel C dengan campuran kapur 12 %
4. Sampel D dengan campuran kapur 20 %
5. Sampel E dengan campuran kapur 100 %

Sampel masing-masing prosentase dibuat 8 sampel, yakni 1 sampel untuk uji konsolidasi 0 jam, 1 sampel untuk uji konsolidasi 48 jam, 3 sampel untuk uji triaksial 0 jam dan 3 sampel sisanya untuk uji triaksial 48 jam.



Gambar 3.1
(a) Contoh bentuk sampel triaksial, (b) Contoh bentuk sampel konsolidasi



(b)

Gambar 3.2

(a) Contoh model dari kolom kapur, (b) Rencana pondasi yang akan dibangun
 (Dennes T Bergado, 1990)

3.6 Teknik Pencampuran

Lempung lunak yang dibuat (*remolded*), dilakukan penambahan air terlebih dahulu agar tercapai kadar air yang diinginkan. Pencampuran kolom kapur dilakukan dengan prosentase terhadap berat kering tanah. Pencampuran dilakukan pada saat tanah dan kapur dalam kondisi kering, sehingga diharapkan tanah dengan kapur dapat tercampur dengan merata, baru kemudian dilakukan penambahan air hingga tercapai kadar air yang diinginkan.

Kemudian tanah dimasukkan ke dalam ring cetak. Tanah lempung lunak yang terletak disamping dimasukkan terlebih dahulu sedikit demi sedikit sambil dipadatkan dengan bagian tengah yang akan diberi kolom kapur dimasukkan besi terlebih dahulu sesuai dengan diameter yang telah ditentukan, kemudian setelah tanah penuh permukaannya diratakan.

Setelah tanah rata kolom kapur yang sudah dicampur di luar tadi dimasukkan sedikit demi sedikit sambil dipadatkan sampai penuh dan permukaannya diratakan juga.

Pembuatan sampel tanah lempung lunak :

Tanah lempung kering ditambah air agar dicapai kadar air yang diinginkan.

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

(Panduan Praktikum Mekanika Tanah FTSP UII, 2000)

dengan : W_k = berat tanah kering (gram)

B = kadar air rencana (%)

A = kadar air tanah asli (%)

Pembuatan kolom kapur (Lime column) N% :

Dibuat berdasarkan prosentase yang diinginkan.

$$\gamma_b = \frac{W_s + W_w}{V} = \frac{W_s}{V} + \frac{W_w}{V}$$

$$\gamma_b = \gamma_d + \frac{W_w}{V} \frac{W_s}{W_s}$$

$$\gamma_b = \gamma_d + \frac{\omega \cdot W_s}{V}$$

$$\gamma_b = \gamma_d + \omega \cdot \gamma_d$$

$$\gamma_b = \gamma_d (1 + \omega)$$

$$\frac{W_b}{V} = \frac{W_k}{V} (1 + \omega)$$

$$W_k = \frac{W_b}{\omega + 1}$$

(Craig R. F, 1989)

dengan : W_b = Berat tanah basah (gram)

ω = Kadar air (%)

W_k = Berat tanah kering (gram)

V = Volume

W_w = Berat air

W_s = Berat solid

γ_b = Berat volume tanah basah

γ_d = Berat volume tanah kering

$$W_{kp} \text{ (N\% dari } W_k) = \frac{N}{100} \times W_k \text{ (gram)}$$

dengan : W_{kp} = Berat kapur (gram)

W_k = Berat tanah kering (gram)

N = Besarnya prosentase campuran

$$W_w = W_b - W_k$$

dengan : W_k = Berat tanah kering (gram)

W_w = Berat air (gram)

W_b = berat tanah basah (gram)

$$\omega_c = \frac{W_w}{W_k + W_{kp}} \times 100\%$$

dengan : W_k = Berat tanah kering (gram)

W_{kp} = Berat kapur (gram)

W_w = Berat air (gram)

ω_c = Kadar air campuran (%)

$$W_{sp} = W_k + W_{kp}$$

dengan : W_k = Berat tanah kering (gram)

W_{kp} = Berat kapur

W_{sp} = Berat sampel

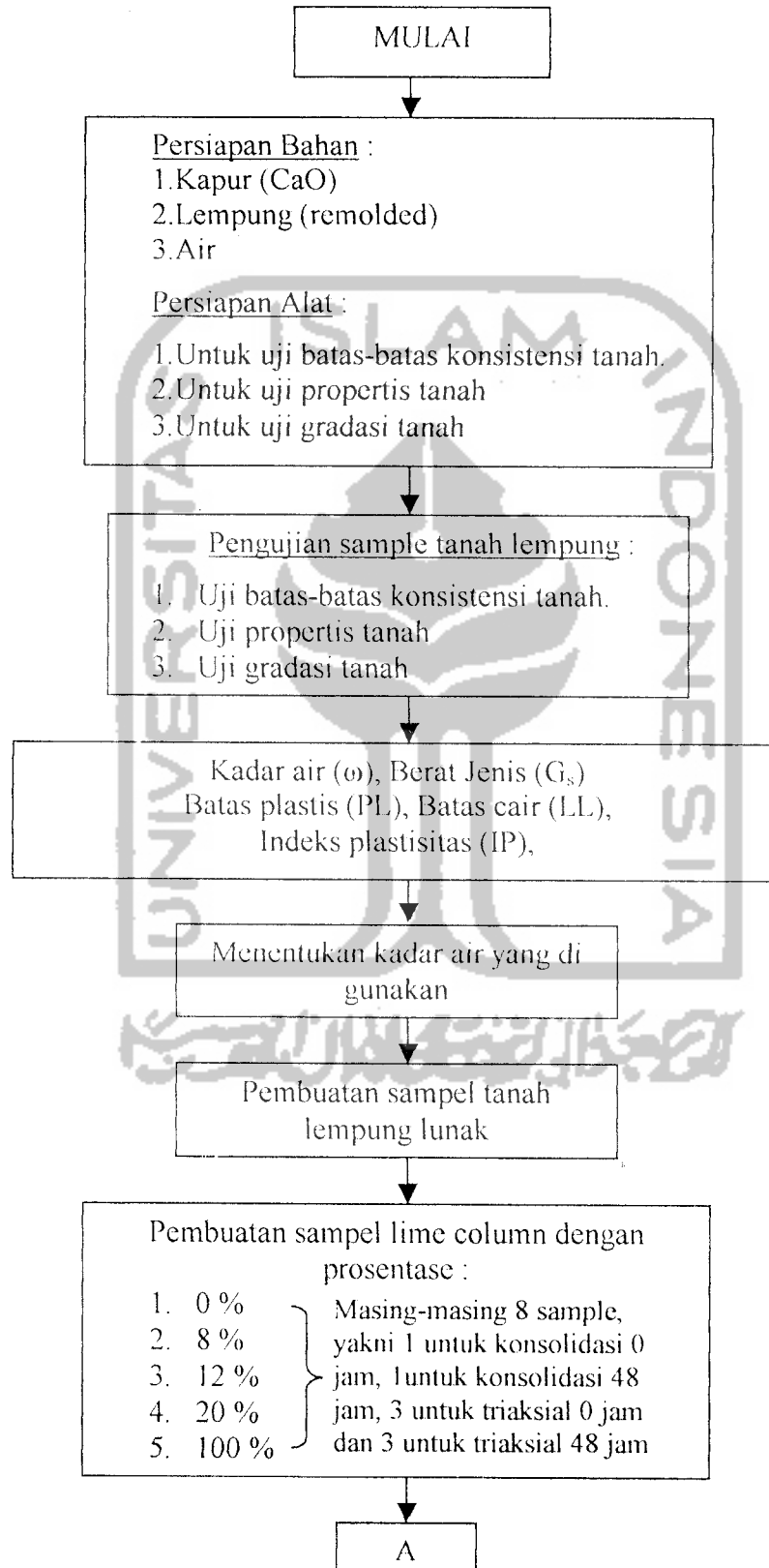
$$\text{Penambahan air untuk kolom kapur dalam } Cc = W_{sp} \times \left(\frac{100 + B}{100 + A} - 1 \right)$$

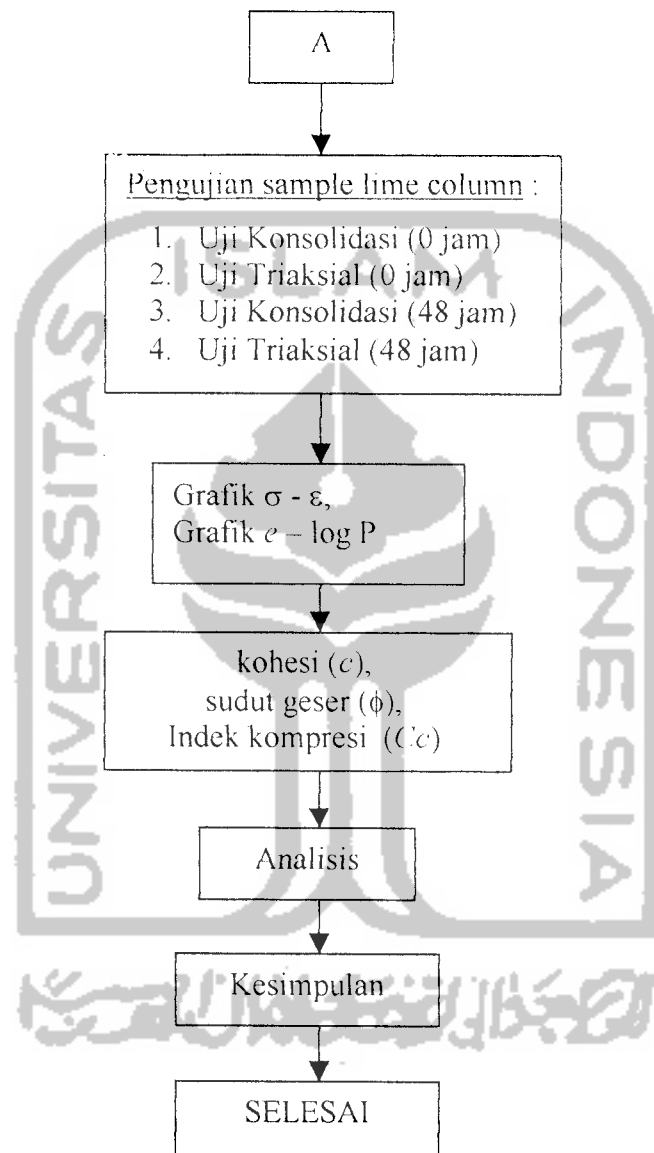
dengan : W_{sp} = Berat sampel (gram)

A = Kadar air campuran (ω_c)

B = Kadar air rencana

3.7 Sistematika Penelitian





BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Lempung

Pengujian sifat fisik tanah ini terbagi menjadi dua yaitu pengujian sifat-sifat umum meliputi kadar air dan berat jenis, dan yang kedua pengujian sifat-sifat indeks tanah yang meliputi batas-batas konsistensi tanah (batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas) dan analisis granuler. Hasil pengujian tanah asli diperoleh kadar air 39.434%. Hasil pengujian sifat umum dan indeks tanah lempung dari Godean dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel. 4.1 Data sifat fisik dan indeks tanah lempung Godean

No.	Sifat Fisik Tanah	Satuan	Lempung
1	Kadar air (w)	%	39.434
2	Berat Jenis (Gs)	-	2.562
3	Batas cair (LL)	%	49.01
4	Batas plastis (PL)	%	26.626
5	Indeks plastis (IP)	%	22.384

Sesuai dengan tabel sistem klasifikasi tanah (ASTM D 2487-66T) pada lampiran 7, maka tanah termasuk jenis lempung berlanau. Hasil pengujian analisis granuler dapat dilihat pada lampiran 6, dengan menggunakan rumus : % berat lebih kecil - % yang lolos saringan, maka diperoleh :

$$\% \text{ pasir} = 100 - 88,350 = 11,65 \%$$

$$\% \text{ lanau} = 88,35 - 42,00 = 46,35 \%$$

$$\% \text{ lempung} = 42,00 - 0 = 42,00 \%$$

4.2 Hasil Uji Triaksial

4.2.1 Hasil dari Grafik Tegangan Regangan

Dari grafik tegangan regangan pada uji triaksial tipe UU yang dilakukan pada penelitian ini (lihat lampiran 10), diperoleh hasil yang disajikan pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil grafik tegangan regangan

No.	Waktu (jam)	Lime Column dengan prosentase berat kapur	Tekanan Sel (kg/cm^2)	Regangan (ϵ)	Tegangan (kg/cm^2)
1	0	0	0.5	0.1303	0.7047
			1.0	0.1895	0.9002
			2.0	0.2092	0.9359
2	0	8	0.5	0.1658	0.8962
			1.0	0.2171	0.9551
			2.0	0.1539	1.1785
3	0	12	0.5	0.2684	0.9058
			1.0	0.3158	1.0340
			2.0	0.1855	1.3792
4	0	20	0.5	0.1618	0.5341
			1.0	0.2092	1.0871
			2.0	0.1579	1.2726
5	0	100	0.5	0.2289	0.9968
			1.0	0.1934	1.4246
			2.0	0.2053	1.7075
6	48	0	0.5	0.1539	1.0167
			1.0	0.1579	1.0426
			2.0	0.1303	1.0531
7	48	8	0.5	0.1461	1.1584
			1.0	0.1105	1.2875
			2.0	0.1737	1.3315
8	48	12	0.5	0.3118	1.1465
			1.0	0.3237	1.2869
			2.0	0.2250	1.4255
9	48	20	0.5	0.0750	1.4063
			1.0	0.1342	1.7814
			2.0	0.1421	2.1244
10	48	100	0.5	0.2842	0.7820
			1.0	0.1855	1.6016
			2.0	0.2763	1.9765

4.2.2 Hasil dari Grafik Lingkaran Mohr

Hasil yang disajikan pada tabel 4.3 berikut ini diperoleh dari grafik lingkaran Mohr pada uji triaksial tipe UU (lihat lampiran 11).

Tabel 4.3 Hasil grafik lingkaran Mohr

No.	Waktu (jam)	Lime Column dengan prosentase berat kapur	σ_3 (kg/cm ²)	$\sigma_1 f$ (kg/cm ²)	c (kg/cm ²)	ϕ (°)
1	0	0	0.5	1.2047	0.3189	3.76
			1.0	1.9002		
			2.0	2.9359		
2	0	8	0.5	1.3962	0.3575	5.04
			1.0	1.9551		
			2.0	3.1785		
3	0	12	0.5	1.4058	0.3159	7.85
			1.0	2.0340		
			2.0	3.3792		
4	0	20	0.5	1.0341	0.1687	10.26
			1.0	2.0871		
			2.0	3.2726		
5	0	100	0.5	1.4968	0.3445	10.50
			1.0	2.4246		
			2.0	3.7075		
6	48	0	0.5	1.5167	0.5001	0.63
			1.0	2.0426		
			2.0	3.0531		
7	48	8	0.5	1.6584	0.5387	2.90
			1.0	2.2875		
			2.0	3.3315		
8	48	12	0.5	1.6465	0.4938	4.72
			1.0	2.2869		
			2.0	3.4255		
9	48	20	0.5	1.9063	0.4993	10.65
			1.0	2.7814		
			2.0	4.1244		
10	48	100	0.5	1.2820	0.1994	15.56
			1.0	2.6016		
			2.0	3.9765		



4.3 Hasil Uji Konsolidasi

Dari uji konsolidasi yang terlihat pada lampiran 13, dapat ditabelkan hasilnya sebagaimana yang terdapat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 Hasil uji konsolidasi

No.	<i>Lime Column</i> dengan prosentase berat kapur	Indeks Kompresi (Cc)	
		0 jam	48 jam
1	0	0.364	0.301
2	8	0.346	0.249
3	12	0.128	0.280
4	20	0.347	0.207
5	100	0.200	0.287

BAB V

ANALISIS HASIL PENELITIAN

5.1 Lempung Asli (*remolded*)

Sifat fisik dari lempung asli (*remolded*) sebagaimana yang dapat dilihat dari hasil pengujian pada bab sebelumnya yakni indeks kompresi (C_c) sebesar 0.289, menurut James K. Mitchell (*Fundamental of Soil Behaviour*, 1976) tanah ini dapat dikategorikan sebagai tanah lempung kaolinit, begitu pula jika dilihat dari batas cair (LL) 49,01% dan batas plastisnya (PL) 26,626%. Kaolinit yang merupakan mineral dari kelompok kaolin, terdiri dari susunan satu lembaran silika tetrahedral dengan satu lembaran aluminium oktahedra, dengan satuan susunan setebal $7,2 \text{ \AA}$. Kedua lembaran terikat bersama-sama, sedemikian rupa sehingga ujung dari lembaran silika dan satu dari lapisan lembaran oktahedra membentuk sebuah lapisan tunggal.

Dalam kombinasi lembaran silika dan aluminium, keduanya terikat oleh ikatan hydrogen. Pada keadaan tertentu, partikel kaolinit mungkin lebih dari seratus tumpukan yang susah dipisahkan. Karena itu, mineral ini stabil dan air tidak dapat masuk diantara lempengannya untuk menghasilkan pengembangan atau penyusutan pada sel satuannya.

Ikatan antara partikel tanah yang disusun oleh mineral lempung akan sangat dipengaruhi oleh besarnya jaringan muatan negatif pada mineral, tipe, konsentrasi dan distribusi kation-kation yang berfungsi untuk mengimbangkan muatannya. Schofield dan Samson (1954) dalam penyelidikan pada kaolinit

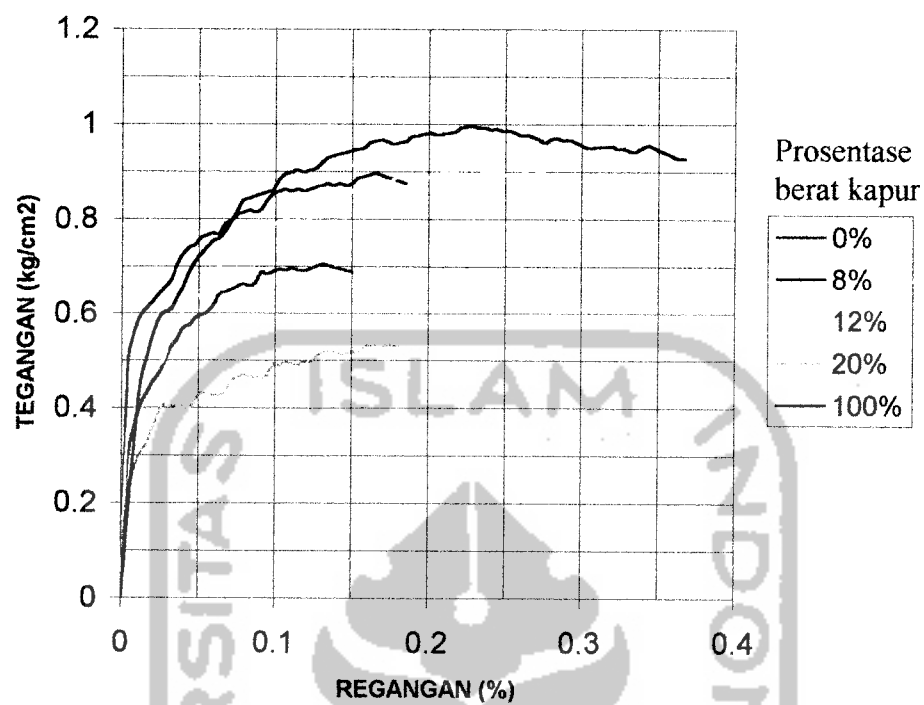
menemukan bahwa jumlah dan distribusi muatan residu jaringan mineral , bergantung pada PH airnya, dimana dalam lingkungan dengan PH yang rendah, ujung partikel kaolinit dapat menjadi bermuatan positif dan selanjutnya dapat menghasilkan gaya tarik ujung permukaan antara partikel yang berdekatan. Gaya tarik ini menimbulkan sifat kohesifnya.

5.2 Analisis Hubungan Tegangan dengan Regangan Terhadap Prosentase Berat Kapur

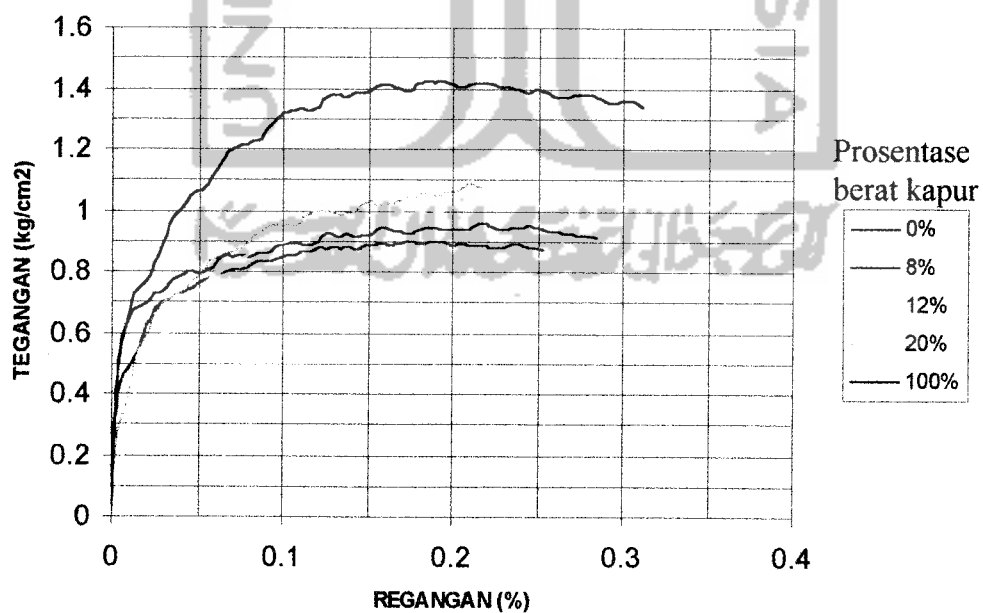
Semua uji yang dilaksanakan pada penelitian ini untuk setiap sampel dengan prosentase berat kapur tertentu dilakukan pada 0 jam (setelah dibuat sampel langsung di uji) dan sampel didiamkan terlebih dahulu selama 48 jam setelah sampel dibuat baru kemudian di uji.

5.2.1 Pada sampel yang langsung diuji (0 Jam)

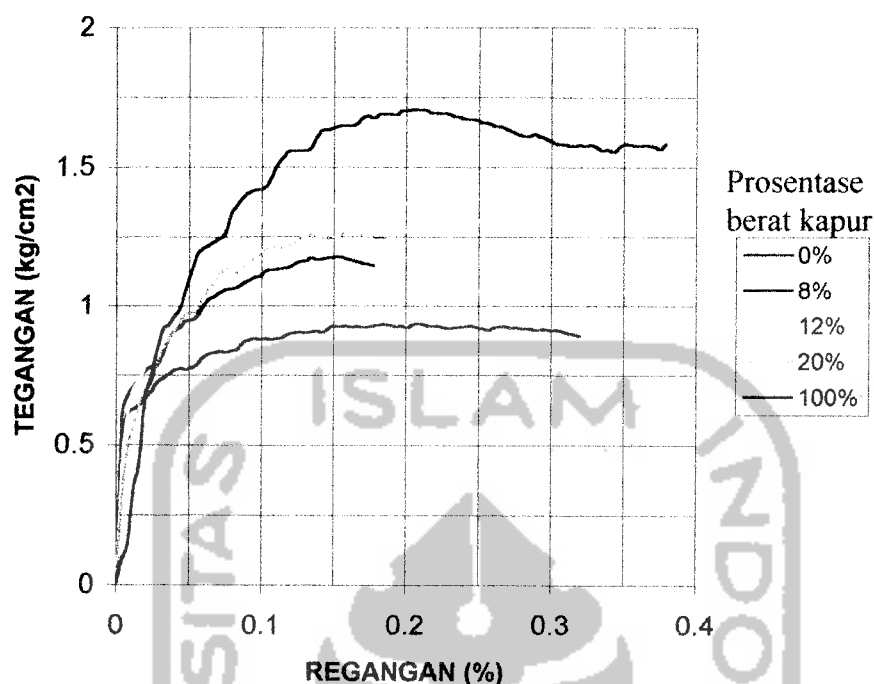
Untuk melihat seberapa besar pengaruh penambahan prosentase berat kapur pada *lime column* terhadap tegangan dan regangan yang terjadi pada tanah, maka agar lebih mempermudah melihatnya dibagi menjadi tiga bagian berdasarkan tekanan sel yang diberikan yakni tekanan sel $0,5 \text{ kg/cm}^2$, $1,0 \text{ kg/cm}^2$ dan $2,0 \text{ kg/cm}^2$ yang dapat dilihat pada gambar 5.1, 5.2 dan 5.3 dibawah ini :



Gambar 5.1 Hubungan Tegangan-Regangan untuk Tekanan Sel $0,5 \text{ kg/cm}^2$ pada Uji Triaksial Tipe UU 0 Jam



Gambar 5.2 Hubungan Tegangan-Regangan untuk Tekanan Sel $1,0 \text{ kg/cm}^2$ pada Uji Triaksial Tipe UU 0 Jam



Gambar 5.3 Hubungan Tegangan-Regangan untuk Tekanan Sel 2,0 kg/cm² pada Uji Triaksial Tipe UU 0 Jam

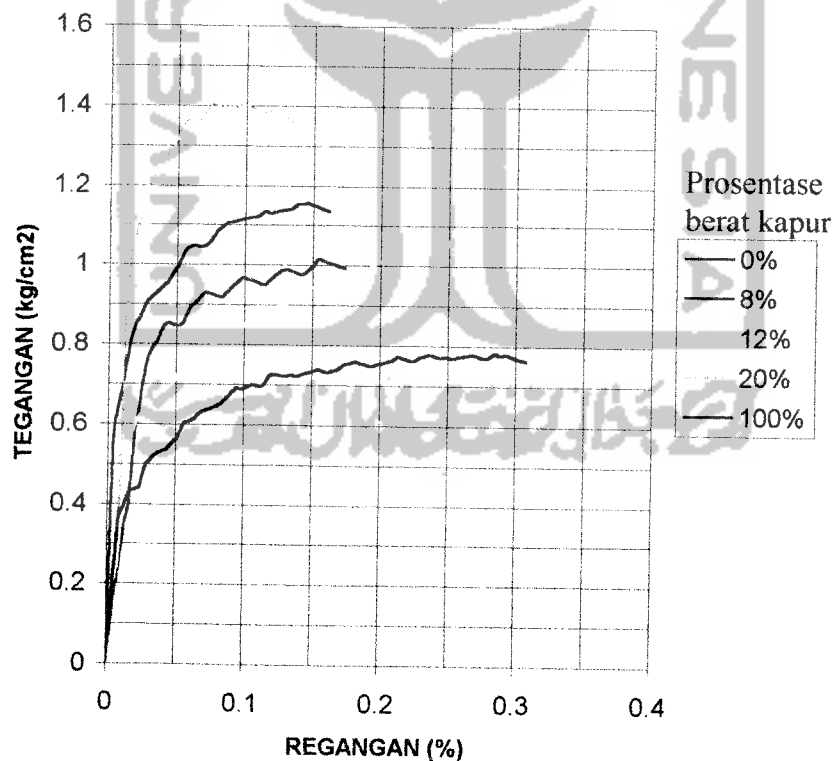
Dari tiga gambar tersebut di atas terdapat kesamaan bahwa pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100% tegangan terjadi paling besar dengan regangan yang juga relatif besar, dan terjadi perubahan tegangan setiap adanya penambahan prosentase berat kapur. Untuk tekanan sel 1,0 kg/cm² dan tekanan sel 2,0 kg/cm² dimana regangan yang terjadi relatif besar, tegangan minimum terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 0% (tanah yang tidak diberi *lime column*), sedangkan pada tekanan sel 0,5 kg/cm² tegangan minimum terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 20% dengan regangan yang relatif kecil.

Prosentase kenaikan tegangan pada tekanan sel 0,5 kg/cm² terhadap *lime column* dengan prosentase berat kapur 0% sebesar 41,447% dan terhadap

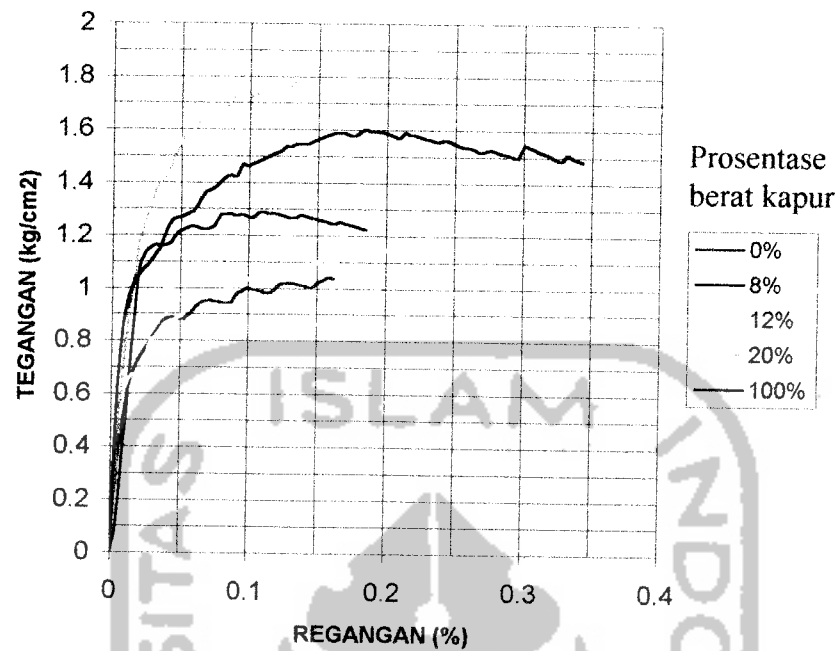
tegangan minimum 86,616%. Prosentase kenaikan tegangan pada tekanan sel 1,0 kg/cm² terhadap *lime column* dengan prosentase berat kapur 0% dan terhadap tegangan minimum sebesar 58,242%. Sedangkan prosentase kenaikan tegangan pada tekanan sel 2,0 kg/cm² terhadap *lime column* dengan prosentase berat kapur 0% dan terhadap tegangan minimum sebesar 82,445%.

5.2.2 Pada sampel yang diuji setelah didiamkan 2 hari (48 Jam)

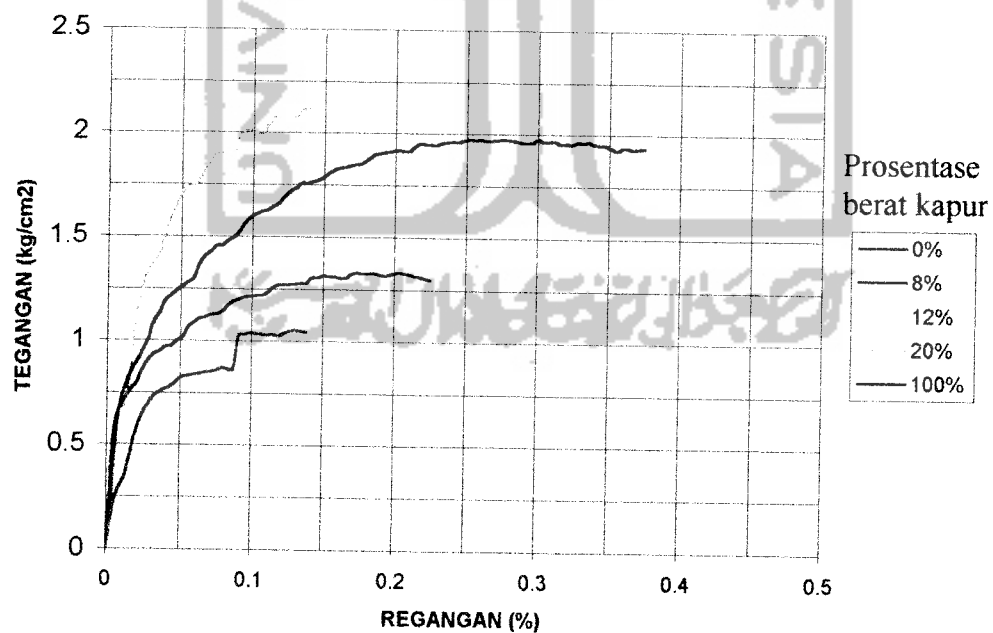
Perubahan tegangan pada setiap *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu yang terjadi pada uji yang dilaksanakan 48 jam setelah sampel dibuat, berdasarkan tekanan sel yang diberikan yakni sebesar 0,5 kg/cm², 1,0 kg/cm² dan 2,0 kg/cm² di perlihatkan pada gambar 5.4, 5.5 dan 5.6 di bawah ini.



Gambar 5.4 Hubungan Tegangan-Regangan untuk Tekanan Sel 0,5 kg/cm² pada Uji Triaksial Tipe UU 48 Jam



Gambar 5.5 Hubungan Tegangan-Regangan untuk Tekanan Sel $1,0 \text{ kg/cm}^2$ pada Uji Triaksial Tipe UU 48 Jam



Gambar 5.6 Hubungan Tegangan-Regangan untuk Tekanan Sel $2,0 \text{ kg/cm}^2$ pada Uji triaksial Tipe UU 48 Jam

Pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 20% terjadi tegangan maksimum, regangan yang terjadi relatif kecil. Hal tersebut terlihat pada gambar 5.4, 5.5 dan 5.6 di atas. Sedangkan tegangan minimum pada tekanan sel 0,5 kg/cm² terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100%, dengan regangan relatif besar. Tegangan minimum yang terjadi pada tekanan sel 1,0 kg/cm² dan tekanan sel 2,0 kg/cm² terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 0% dimana regangannya relatif kecil. Regangan yang terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 0%, 8% dan 20% pada tekanan sel 0,5 kg/cm², tekanan sel 1,0 kg/cm² dan tekanan sel 2,0 kg/cm² relatif kecil.

5.3 Analisis Hubungan Kohesi (c) dan Sudut Tahanan Geser (ϕ) Terhadap Prosentase Berat Kapur

Kekuatan geser diperlukan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berhubungan dengan stabilitas massa tanah. Kohesi (c) dan sudut tahanan geser (ϕ) adalah parameter-parameter kekuatan geser. Berdasarkan konsep dasar Terzaghi, tegangan geser pada suatu tanah hanya dapat ditahan oleh tegangan partikel-partikel padatnya. Sebagaimana terlihat pada tabel 4.3 pada bab sebelumnya bahwa kohesi (c) terbesar terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 8% untuk sampel yang diuji langsung (0 jam) yakni sebesar 0,5375 kg/cm² atau terjadi kenaikan 12% dari kohesi yang terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 0% dan untuk sampel yang diuji 48 jam setelah sampel dibuat 0,5387 kg/cm² atau terjadi kenaikan 7% dari kohesi yang terjadi pada sampel yang tidak diberi *lime column*. Sedangkan sudut tahanan geser (ϕ) yang paling besar untuk sampel yang langsung di uji terjadi pada *lime column*

dengan prosentase berat kapur 100% yakni $10,50^\circ$ dan untuk sampel yang diuji setelah didiamkan selama 48 jam terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100% sebesar $15,56^\circ$. Adanya nilai sudut tahanan geser (ϕ) pada pengujian ini disebabkan karena tanah yang diuji bukanlah tanah lempung murni, sebab pada kenyataannya tidak ada tanah lempung murni di lapangan akan tetapi masih ada kandungan pasir dan lanaunya.

Pada uji triaksial tipe UU ini, keruntuhan yang dicapai pada sampel yang langsung diuji (0 jam) memerlukan waktu yang lebih cepat dibanding sampel yang diuji setelah didiamkan 2 hari (48 jam). Secara keseluruhan tegangan maksimum yang terjadi pada sampel 0 jam lebih kecil dari sampel yang diuji 48 jam setelah sampel dibuat.

Proses kimia yang terjadi antara air dan udara yang terdapat di dalam tanah lempung pada *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu, masih berlangsung saat sampel diuji 0 jam. Sedangkan pada sampel diuji 48 jam, *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu dengan tanah lempung yang mengandung air serta udara sekitarnya telah terjadi proses kimia sebelum sampel diuji. Dimana air dan udara yang merupakan *coagulan* dari kapur mempercepat terjadinya *flocculation* pada kapur. Pada sampel *lime column* dengan prosentase berat kapur 8% mengalami kohesi (c) yang paling besar karena banyaknya *coagulan* yang dibutuhkan oleh kapur dengan *coagulan* yang tersedia ekivalen. Sedangkan pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100% mengalami kohesi yang lebih kecil dari *lime column* dengan prosentase berat kapur 8%

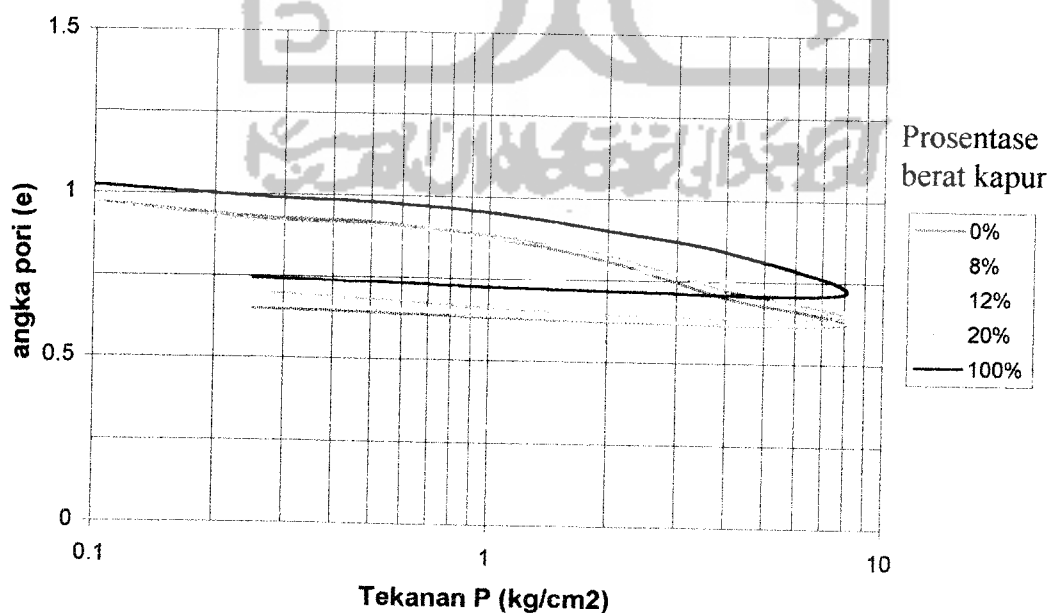
karena jumlah *coagulan* yang tersedia pada lempung lebih sedikit dari *coagulan* yang dibutuhkan oleh kapur.

Sudut tahanan geser (ϕ) yang paling besar untuk sampel yang langsung di uji 0 jam dan 48 jam terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100%, karena kapur yang mengalami kekurangan *coagulan* menyebabkan kapur tidak dapat mengalami proses kimia sehingga tidak terjadi *flocculation* pada sampel yang menyebabkan sampel menjadi rapuh.

5.4 Analisis Hubungan Indeks Kompresi (Cc) Terhadap Prosentase Berat Kapur

5.4.1 Pada sampel yang langsung diuji (0 Jam)

Penurunan dari lapisan lempung yang telah diberi *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu dan langsung diuji, akibat beban statis tetap menghasilkan kurva pada gambar 5.7 dibawah ini.

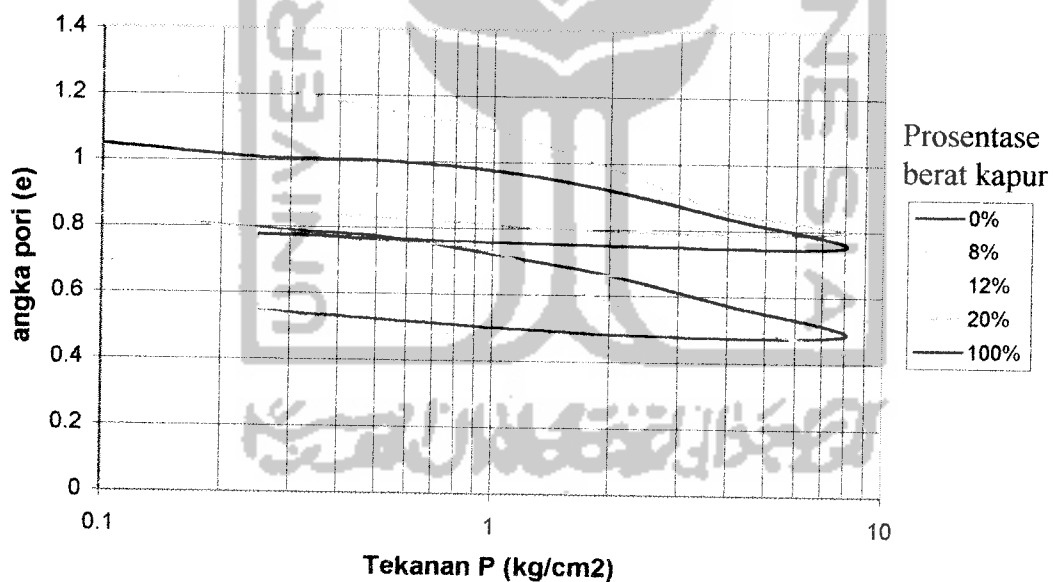


Gambar 5.7 Hubungan *e*-Log *P* pada Uji Konsolidasi 0 Jam

Pada gambar 5.7 tersebut di atas, terlihat bahwa kompresi pada lapisan-lapisan lempung jenuh yang telah diberi *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu akibat beban statis, paling cepat terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 8% dan konsolidasi yang paling lambat terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100%.

5.4.2 Pada sampel yang diuji setelah didiamkan 2 hari (48 Jam)

Pengujian konsolidasi yang dilakukan 48 jam setelah tanah lempung diberi *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu pada sampel tanah terganggu (*remolded*) menghasilkan gambar hubungan angka pori (e) dengan Log beban (P) seperti dibawah ini :



Gambar 5.8 Hubungan e-Log P pada Uji Konsolidasi 48 Jam

Dari gambar 5.8 di atas terlihat bahwa penurunan terjadi lambat pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100% dan terjadi penurunan yang cepat pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 8%.

Sampel yang diberi *lime column* sebelum diuji konsolidasi mengalami proses kimia terlebih dahulu. Proses kimia itu terjadi antara air dan udara yang terdapat di dalam tanah lempung dengan *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu, dimana proses ini masih berlangsung saat sampel diuji 0 jam. Sedangkan pada sampel yang diuji 48 jam, *lime column* dengan prosentase berat kapur tertentu dengan tanah lempung yang mengandung air serta udara telah terjadi proses kimia sebelum sampel diuji, yang mengakibatkan telah terjadinya perubahan kandungan air yang ada pada sampel tersebut. Karena kapur yang kering dengan air dan udara yang ada di dalam lempung mengalami proses kimia, dimana air dan udara yang merupakan *coagulan* dari kapur mempercepat terjadinya *flocculation* pada kapur.

Pada saat uji konsolidasi, partikel-partikel lempung bergerak saling mendekat bersama-sama akibat beban statis, maka air lapis ganda yang tersusun mengelilingi partikel-partikel lempung mengalami deformasi. Deformasi ini disebabkan oleh beban-beban yang cenderung memaksa keluar air lapis ganda dan atau oleh beban-beban geser yang menyebabkan deformasi geser dalam air yang mengelilingi partikel tersebut. Meskipun lempung mempunyai sedikit kompresi elastis berupa sedikit perubahan volume pada partikel-partikel tanah dan air, bagian yang lebih besar dari penurunan terjadi karena diperas keluarnya air dari rongga pori.

Beban statis menghasilkan suatu gradien tekanan dalam air pori dan menyebabkan aliran menuju permukaan drainasi. Akan tetapi, aliran ini lambat

karena rendahnya permeabilitas dari tanah lempung, sehingga laju penurunan merupakan fungsi dari permeabilitas.

Terjadi perbedaan nilai pada saat sampel diuji 0 jam dengan sampel yang diuji 48 jam. Hal ini disebabkan karena kolom kapur tersebut mengalami beberapa fase yang harus dilewati, yakni fase pembentukan gel, fase pembentukan neolithic, fase pembentukan karbonat yang kemudian membentuk kristal-kristal karbonat yang mengisi ruang pori dengan baik. Fase pembentukan gel yang memerlukan waktu lebih lama dibandingkan dengan fase lainnya. Namun proses ini dapat dipercepat dengan memperbesar temperatur. Gel dari neolith terbentuk dengan lambat, beberapa membentuk kristal dan hal ini dapat terlihat melalui mikroskop, pembentukan phase neolithic adalah bagian paling penting dari proses konsolidasi.

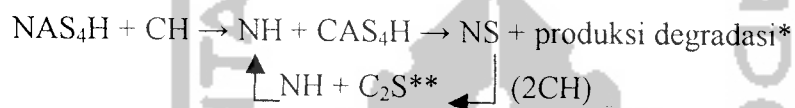
Efek penundaan dari pemadatan juga sangat berpengaruh sekali terhadap waktu, dapat dikatakan bahwa efek tersebut terjadi karena berpisahannya material-material atau pecah perlahan-lahan pada saat dipadatkan sehingga pemadatan baru mendekati sempurna setelah 24 jam.

Selain itu juga, kapur lebih cepat bereaksi dengan lempung monmorilonit dibanding dengan lempung kaolinit. Perbedaannya sampai beberapa minggu. Pada lempung monmorilonit plastisitasnya menurun sedangkan pada kaolinit tidak (Ingels O G and Metcalf J B, 19).

Seperti yang telah dikemukakan pada kajian pustaka di depan bahwa terjadi reaksi kimia antara kapur dengan mineral lempung dari tanah, yang

menyebabkan terjadinya perubahan sifat tanah. Reaksi itu membentuk air kratangel dari kalsium silikat yang membentuk semen (*cementation*) partikel-partikel tanah.

Gel silikat memproses secepatnya melapisi dan membalut gumpalan-gumpalan lempung dalam tanah dan mendesak pori-pori tanah. Pada saat tersebut gel ini mengkristal terus-menerus menjadi kalsium silikat hidrat. Proses reaksi hanya menyediakan air dan mampu membawa kalsium dan ion-ion hidroksil ke permukaan lempung. Ada pun mekanisme reaksinya adalah sebagai berikut :



Dimana S = SiO₂, H = H₂O, A = AlO₃, C = CaO, N = NaO₂

* Silika dipindahkan secara progresif, kalsium alumina dan alumina terbentuk pada akhirnya

** atau CSH

Reaksi kemudian menyebabkan kekeringan dan tanah-tanah yang sangat kering tidak akan dapat bereaksi dengan kapur. Hal inilah yang menyebabkan turunnya nilai indeks kompresi (*Cc*) dan naiknya nilai kohesi (*c*) dari tanah yang diberi kolom kapur, hingga terjadinya kenaikan nilai *Cc* dan turunnya nilai *c*, karena terlalu keringnya tanah yang menyebabkan kohesi tanah menjadi kecil.

5.5 Analisis Hubungan Kohesi (*c*) dengan Indeks Kompresi (*Cc*)

Hubungan kohesi (*c*) dengan indeks kompresi (*Cc*) pada pengujian 0 jam dapat dilihat pada tabel 5.1, pada pengujian 48 jam dapat dilihat pada tabel 5.2, dimana ditabelkan sesuai dengan kenaikan nilai kohesi (*c*).

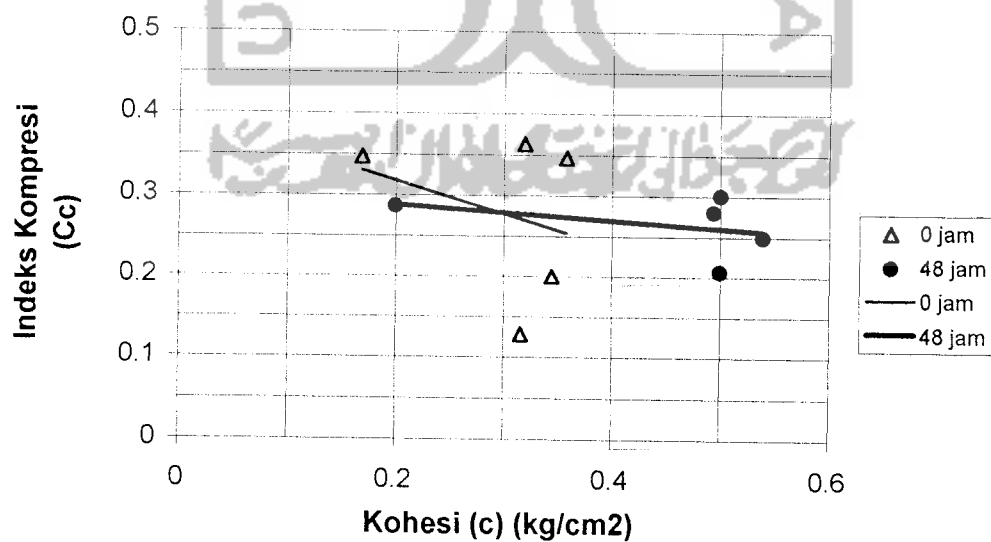
Tabel 5.1 Tabel Kohesi (c) dengan Indeks Kompresi (C_c) pada Pengujian 0 jam

% Berat Kapur	c	C_c
20%	0.1687	0.347
12%	0.3159	0.128
0%	0.3189	0.364
100%	0.3445	0.200
8%	0.3575	0.346

Tabel 5.2 Tabel Kohesi (c) dengan Indeks Kompresi (C_c) pada Pengujian 48 jam

% Berat Kapur	c	C_c
100%	0.1994	0.287
12%	0.4938	0.280
20%	0.4993	0.207
0%	0.5001	0.301
8%	0.5387	0.249

Jika data dari tabel 5.1 dan 5.2 di plotkan kedalam satu gambar yang menghubungkan kohesi (c) dengan indeks kompresi (C_c)



Gambar 5.9 Hubungan Kohesi (c) dengan Indeks Kompresi (C_c) pada Pengujian 0 jam dan 48 jam

Harga kohesi (c) dan sudut tahanan geser (ϕ) untuk lempung mempunyai variasi yang agak besar. Secara garis besar harga c tergantung pada derajat *over consolidation*. Lempung yang *normally consolidated* mempunyai harga c yang kecil sekali (hampir sama dengan nol). Makin besar derajat *over consolidation* makin besar c . Harga ϕ secara garis besar tergantung besarnya fraksi lempung, makin kecil ϕ , makin besar fraksi lempung.

Dari Gambar 5.9 di atas terlihat bahwa makin besar c maka C_c makin kecil, hal tersebut sesuai dengan teori yang ada, yakni dengan $PI = L_L - P_L$, maka makin besar nilai PI (indeks plastis) makin besar pula nilai L_L (batas cair). Karena L_L berbanding lurus dengan C_c , dilihat dari formula $C_c = 0,009 (L_L - 10)$, maka makin besar nilai L_L makin besar pula nilai C_c . Sedangkan C_c berbanding terbalik dengan c , sehingga makin besar c makin kecil C_c .

Makin besar indeks plastis lempung, semakin turun kekuatannya (R. F. Craig, 1989). Karena kekuatan pada uji triaksial tipe UU ($\tau = c + \sigma \tan \phi$), dimana $\phi = 0$, maka $\tau = c$. Oleh karena itu makin besar kohesinya (c), indeks plastis lempung semakin kecil, atau dapat juga dikatakan makin besar kohesinya (c), semakin kecil indeks kompresi (C_c) yang terjadi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

6.1 Kesimpulan

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

1. *Lime column* dengan prosentase berat kering kapur 8% pada tanah yang mempunyai kadar air 39-41% mengalami peningkatan kohesi yang paling tinggi dibanding dengan prosentase lain, yakni terjadi kenaikan nilai kohesi (c) sebesar $\pm 7\%$ dari tanah yang tidak diberi *lime column*.
2. Sudut geser dalam (ϕ) mengalami kenaikan mengikuti kenaikan prosentase berat kering kapur pada *lime column*.
3. Indeks kompresi (*Cc*) cenderung mengalami penurunan seiring dengan penambahan prosentase berat kering kapur pada *lime column*.
4. Penggunaan *lime column* pada tanah lempung berlanau dapat meningkatkan tegangan geser hingga $\pm 80\%$.
5. Regangan yang terjadi pada tanah cenderung mengalami kenaikan seiring dengan penambahan prosentase berat kering kapur pada *lime column*.
6. Terjadi proses kimia antara kapur dengan air dan udara yang ada didalam tanah lempung pada sample *lime column*, dimana air dan udara yang merupakan *coagulan* dari kapur membantu proses penggumpalan (*flocculation*) yang terjadi pada *lime column*.

6.2 Rekomendasi

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

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

1. Penelitian ini dalam aplikasinya di lapangan memerlukan pengawasan dan ketelitian yang cukup tinggi agar terjadi pencampuran yang baik.
2. Perhitungan dengan suatu program dalam perencanaan harus ditunjang dengan ketelitian dalam perhitungan, pengetahuan mekanisme struktur, dan pengalaman dalam melaksanakan perbaikan tanah dengan menggunakan *lime column*.
3. Melakukan penelitian lebih lanjut tentang :
 - a. Perubahan parameter penurunan dan kuat geser tanah pada penggunaan *lime column* dengan parameter tanah yang berbeda.
 - b. Pengaruh dari temperatur saat pencampuran *lime column* terhadap kuat geser tanah.
 - c. Pengaruh dari diameter *lime column* terhadap prosentase dari perbandingan campuran kapur kering dengan tanah kering.

DAFTAR PUSTAKA

- Balasubramaniam AS, S Chandra, DT Bergado, JS Younger, F Prinzl, 1985, *Recent Developments in Ground Improvement Tehniques*, Proceeding of The International Symposium Held at Asian Institute of Technology.
- Bishop A. W. and Bjerrum. L, 1960, **The Relevance of the Triaxial Test to the Solution of Stability Problems** Proceedings, Research Conference on Shear Strength of Cohesive Soils, ASCE, 437-501.
- Braja M. Das, 1995, *Mekanika Tanah Jilid 2*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Braja M. Das, 1983, *Advanced Soil Mechanics*, Hemisphere Publishing Corporation, New York.
- Craig RF, 1989, *Mekanika Tanah*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Dennes T Bergado, Dr, 1990, *Ground Improvement Techniques*, Journal of The Second Short Course and Seminar on Ground Improvement Mechanically Stabilized Earth and Its Application (Agustus), P. 107 s/d 121.
- Dunn IS, LR Anderson, FW Kiefer, 1992, *Dasar-dasar Analisis Geoteknik*, Penerbit IKIP Semarang Press, Semarang.
- Fransiscus S Hardianto, 1997, *Lime Columns As an Alternative to Conventional Piles in Soft Clay*, Proceeding Seminar Pile (Agustus), P. 2-1 s/d 2-8.
- Ingles O. G and Metcalf J. B, 1972, **Soil Stabilization Principles & Practice**, Butterworths. Pty. Limited
- James K. Mitchell, 1976, **Fundamental of Soil Behavior**, John Wiley& Sons Inc, New York

- Kitsugi K & H Azakami, 1982, ***Lime Column Techniques for The Improvement of Clay Ground***, Symposium on Recent Development in Ground Improvement Tehniques, P. 105 s/d 115.
- Lambe, T. W. & R. V. Withman, 1969, ***Soil Mechanics***, John Wiley& Sons Inc, New York, 553 pp.
- Mohr. O, 1900, ***Welche Ustade bedingen die Elastizitatzgrenze und den Bruch eines Materiales?***, Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, Vol 44, 1524-1531, 1572-1577.
- Peck, R. B., W. E. Hanson and T. H. Thornburn, 1974, ***Foundation Engineering***, Sec. Edition, John Wiley& Sons Inc, New York.
- Willy Lemanza, 1997, ***Soil Cement Pile for Light and Medium Building Foundation***, Proceeding Seminar Pile, P. 12-1 s/d 12-5.

LAMPIRAN



PENGUJIAN KADAR AIR TANAH

1	No. Pengujian	I	II
2	Berat Container (W_1) gram	22.310	22.380
3	Berat Cont. + tanah basah (W_2) gram	29.000	27.480
4	Berat Cont. + tanah kering (W_3) gram	28.750	27.100
5	Berat air ($W_2 - W_3$) gram	0.250	0.380
6	Berat tanah kering ($W_3 - W_1$) gram	6.440	4.720
7	Kadar air $(w) = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$	3.882	8.051
8	Kadar air rata-rata (w_{rt})	5.966	

PENGUJIAN BERAT JENIS TANAH

1	No. Pengujian	I	II
2	Berat piknometer kosong (W_1) gram	16.530	18.760
3	Berat piknometer + tanah kering (W_2) gram	21.750	22.860
4	Berat piknometer + tanah + air (W_3) gram	43.150	46.580
5	Berat piknometer + air (W_4) gram	40.410	43.840
6	Temperatur ($t^\circ C$)	25.000	24.800
7	Berat jenis tanah $G_s(t^\circ) = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2.105	3.015
8	Berat jenis tanah pada $27,5^\circ = G_s(t^\circ) \frac{Bj \text{ air } t^\circ}{Bj \text{ air } 27,5^\circ}$	2.106	3.017
9	Berat jenis rata-rata : G_{srt}	2.562	

PENGUJIAN BATAS SUSUT TANAH
DENGAN BERAT JENIS SUDAH DIKETAHUI

1	No. Pengujian	I	II
2	Berat cawan susut (W_1) gram	37.900	57.800
3	Berat cawan + tanah basah (W_2) gram	63.540	82.875
4	Berat cawan + tanah kering (W_3) gram	56.440	76.000
5	Berat air raksa yang terdesak oleh tanah kering + gelas ukur (W_4) gram	178.780	182.690
6	Berat gelas ukur (W_5) gram	34.390	34.390
7	Berat air raksa ($W_4 - W_5$) gram	144.390	148.300
8	Volume tanah kering : $V_0 = \frac{W_4 - W_5}{13,60}$	10.617	10.904
9	Batas susut tanah : $S_L = \left(\frac{V_0}{W_3 - W_1} - \frac{1}{G_s} \right) \times 100\%$	18.226	20.876

**PENGUJIAN BATAS SUSUT TANAH
DENGAN BERAT JENIS BELUM DIKETAHUI**

a. Kadar air tanah

1	No. Pengujian	I	II
2	Berat cawan susut (W_1) gram	37.900	57.800
3	Berat cawan + tanah basah (W_2) gram	63.540	82.875
4	Berat cawan + tanah kering (W_3) gram	56.440	76.000
5	Berat tanah kering ($W_0 = W_3 - W_1$) gram	18.540	18.200
6	Kadar air $(w) = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$	38.296	37.775

b. Volume tanah basah = Volume cawan susut

1	No. Pengujian	I	II
2	Diameter ring (d) cm	4.175	4.295
3	Tinggi ring (t) cm	1.145	0.990
4	Volume ring (V) cm ³	15.675	14.343

c. Volume tanah kering

1	No. Pengujian	I	II
2	Berat air raksa yang terdesak oleh tanah kering + gelas ukur (W_4) gram	178.780	182.690
3	Berat gelas ukur (W_5) gram	34.390	34.390
4	Berat air raksa ($W_4 - W_5$) gram	144.390	148.300
5	Volume tanah kering : $V_0 = \frac{W_4 - W_5}{13,60}$	10.617	10.904

d. Faktor-faktor susut tanah

1	No. Pengujian	I	II
2	Batas susut tanah $SL = \left(w - \frac{V - V_0}{V_0} \times 100\% \right)$	11.013	18.879
3	Angka susut $SR = \frac{W_0}{V_0}$	1.746	1.669
4	Susut Volumetrik : $VS = (w - SL) \times SR$	0.476	0.315
5	Susut Linier : $LS = \left[1 - \sqrt[3]{\frac{100}{VS + 100}} \right] \times 100\%$	0.158	0.105
6	Berat Jenis tanah : $G_s = \frac{1}{\left(\frac{1}{SR} - \frac{SL}{100} \right)}$	2.162	2.437

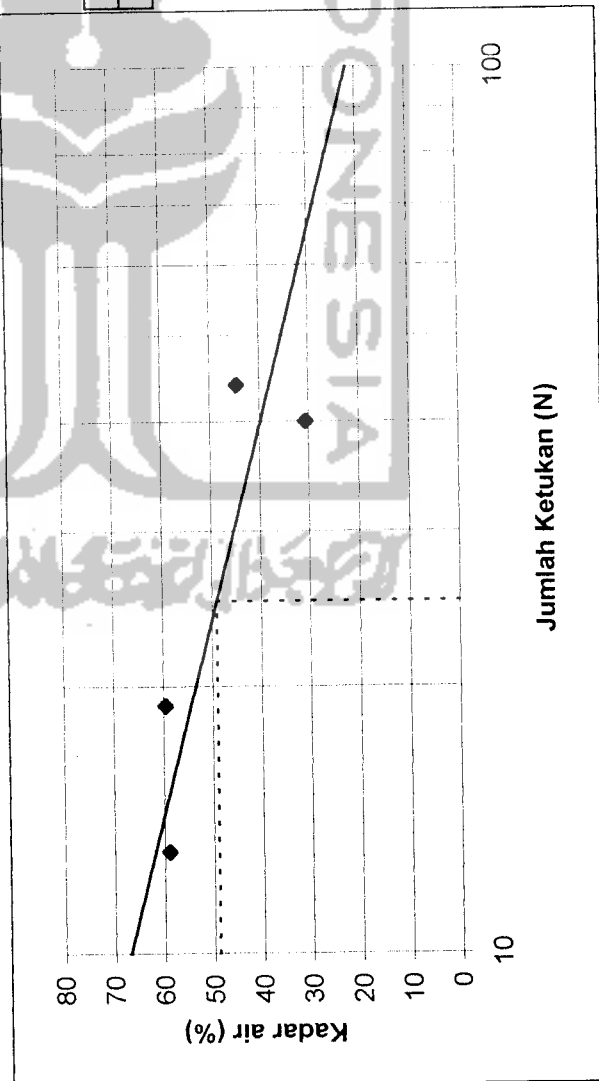
PENGUJIAN KADAR AIR TANAH (REMOLDED)

1	No. Pengujian	I	II
2	Berat Container (W_1) gram	21.880	21.775
3	Berat Cont. + tanah basah (W_2) gram	27.710	65.970
4	Berat Cont. + tanah kering (W_3) gram	26.060	53.480
5	Berat air ($W_2 - W_3$) gram	1.650	12.490
6	Berat tanah kering ($W_3 - W_1$) gram	4.180	31.705
7	Kadar air $(w) = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$	39.474	39.394
8	Kadar air rata-rata (w_H)	39.434	



PENGUJIAN BATAS CAIR TANAH

1	No. Pengujian	I	II	III	IV	Batas Plastis
2	Jumlah ketukan (N)	13	19	40	44	-
3	Berat Container (W ₁) gram	22.03	22.50	22.40	21.90	8.12
4	Berat Cont. + tanah basah (W ₂) gram	31.24	29.65	25.20	28.35	17.10
5	Berat Cont. + tanah kering (W ₃) gram	27.40	26.98	24.74	26.39	14.50
6	Berat air (W ₂ - W ₃) gram	3.84	2.87	0.46	1.96	2.60
7	Berat tanah kering (W ₃ - W ₁) gram	5.37	4.56	2.34	4.49	6.38
8	Kadar air (w) = $\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$	71.508	67.056	19.658	43.653	40.752
9	Kadar air rata-rata (w _n)	59	59.580	30.727	44.629	26.626



LL	PL	IP
49.010	26.626	22.384

ANALISIS GRANULER

Berat tanah kering (W)	= 60	$Kz = \frac{a}{w} \times 100 = 1.733$ $P = Kz \times R$ *) Dari daftar harga L berdasarkan R' **) Dari daftar harga K berdasarkan t dan Gs
Berat Jenis Tanah (Gs)	= 2.562	
Kadar reagen Na_2SiO_3	= 1000 ml/gr	
Koreksi miniskus hidrometer(m)	= 1	
Koreksi Hidrometer 152 H (a)	= 1.04	

a. Analisis Hidrometer

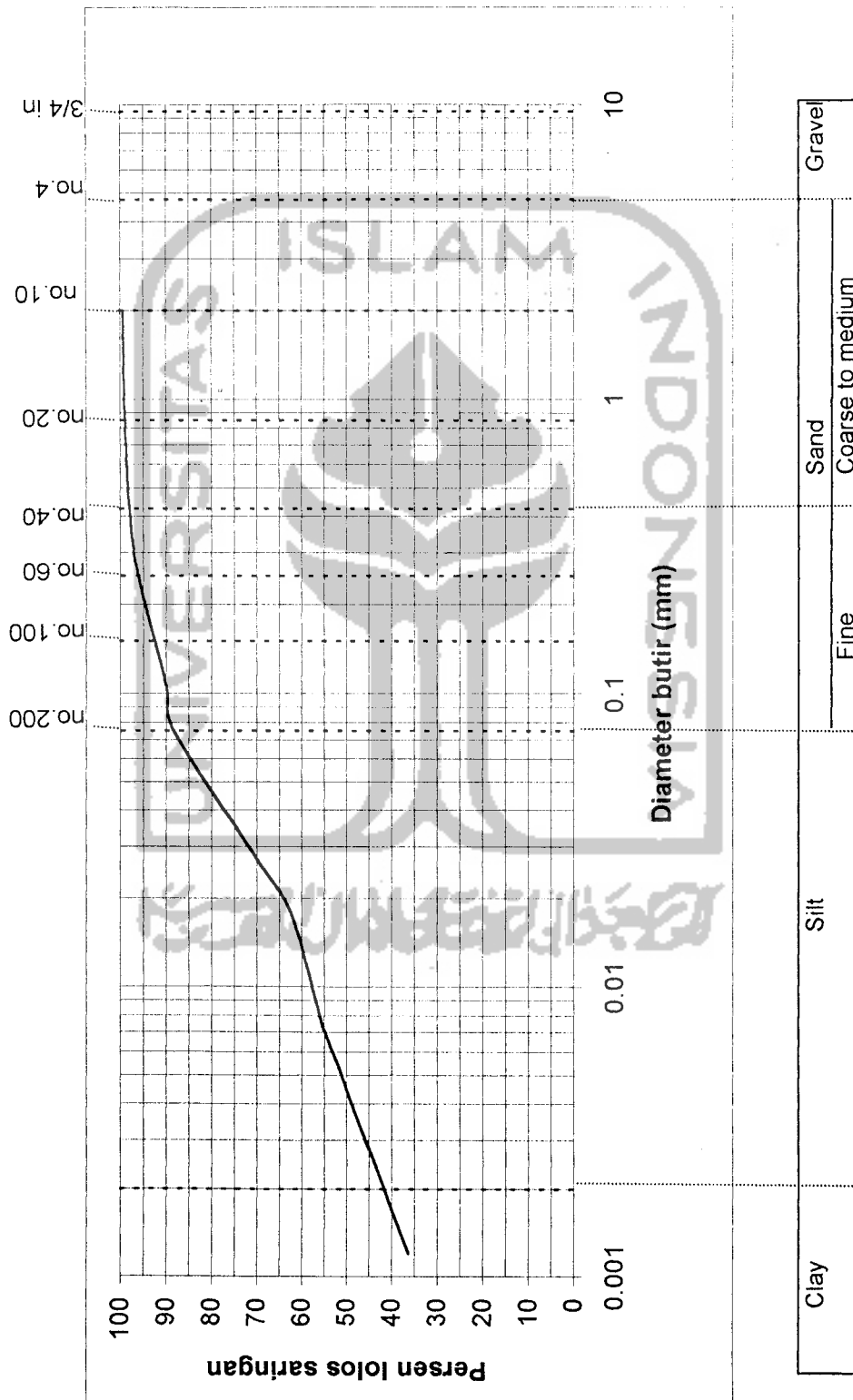
Waktu (T)	Pemb. Hdr dlm suspensi	Pemb. Hdr dlm cairan	Temperatur (t)	Pemb. Hdr terkoreksi oleh (m)	Kedalaman (L) *)	Konstanta (K) **)	Diame ter butir	Pemb. Hdr terkoreksi	Persen berat lebih kecil
(menit)	(R1)	(R2)	(derajat)	R' = R1 + m	(cm)		(mm)	R - R1 - R2	(P%)
2	38.5	-2	24.5	39.5	9.8	0.01237	0.027	40.5	70.200
5	34	-2	25	35	10.5	0.01228	0.018	36	62.400
30	30	-2	24.5	31	11.2	0.01230	0.008	32	55.467
60	28	-2	25	29	11.7	0.01228	0.005	30	52.000
250	24	-2	25.5	25	12.9	0.01222	0.003	26	45.067
1440	19	-2	24	20	13.3	0.01246	0.001	21	36.400

b. Analisis Saringan

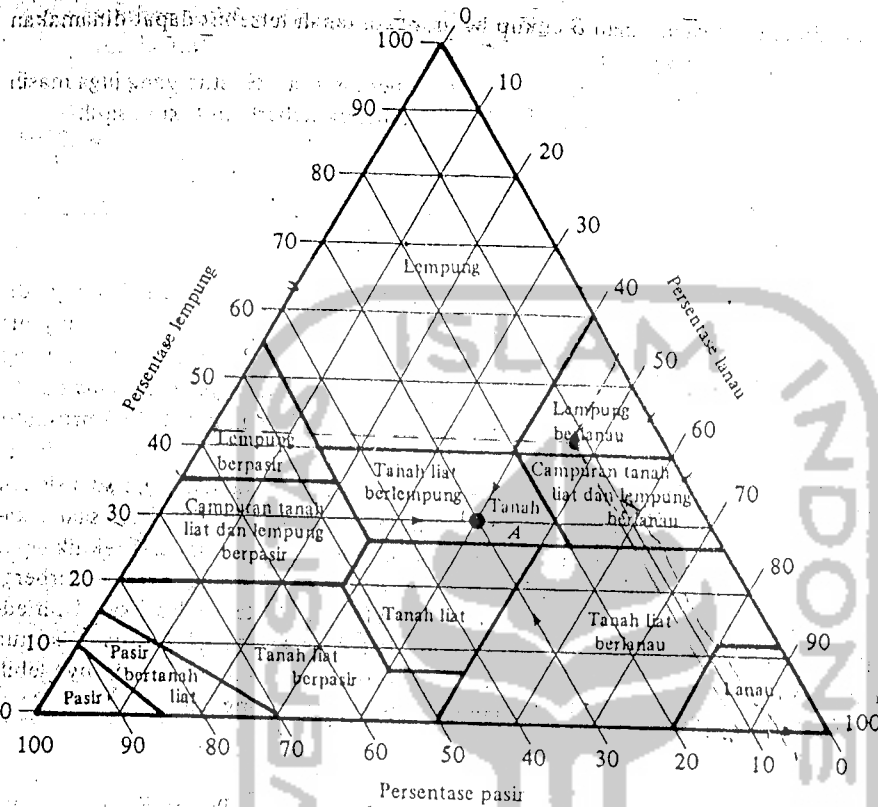
No. Saringan	Diameter butir tanah (mm)	Berat tertahan saringan (gram)	Berat lolos saringan (gram)	Persen berat lebih kecil (P%)	Keterangan
10	2	$d_1 = 0.31$	$e_1 = 59,69$	99.483	$e_1 = W - d_1$
20	0.85	$d_2 = 0.27$	$e_2 = 59,42$	99.033	$e_2 = e_1 - d_2$
40	0.425	$d_3 = 0.55$	$e_3 = 58,87$	98.117	$e_3 = e_2 - d_3$
60	0.25	$d_4 = 1.20$	$e_4 = 57,67$	96.117	$e_4 = e_3 - d_4$
140	0.106	$d_5 = 3.65$	$e_5 = 54,02$	90.033	$e_5 = e_4 - d_5$
200	0.075	$d_6 = 1.01$	$e_6 = 53,01$	88.350	$e_6 = e_5 - d_6$
	Jumlah				

Finer # 200 :	88.35 %	D10 (mm)	0
Gravel :	0 %	D30 (mm)	0
Sand :	11.65 %	D60 (mm)	0
Silt :	46.35 %	$C_u = D_{60}/D_{10}$	0
Clay :	42 %	$C_c = D_{302} / (D_{10} \times D_{60})$	0

GRAFIK DISTRIBUSI BUTIRAN TANAH



Klasifikasi Tanah



Gambar 1.1. Klasifikasi berdasarkan tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA).

Waktu t (dt)	Regangan		Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (0%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (0%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (0%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a} \cdot 10^3$ (cm)	$\frac{\Delta L}{L_0}$	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $\frac{A_0}{1 - \epsilon}$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb.d ial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	0	0	0	0	1	11.3411	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	30	0.03	0.0039	0.9961	11.3861	16.0	3.3040	0.2902	0.3990	22.0	4.5430	0.3990	30.0	6.1950	0.5441	
	60	0.06	0.0079	0.9921	11.4314	20.0	4.1300	0.3613	0.4697	26.0	5.3690	0.4697	34.0	7.0210	0.6142	
	90	0.09	0.0118	0.9882	11.4771	22.5	4.6463	0.4048	0.5038	28.0	5.7820	0.5038	35.0	7.2275	0.6297	
	120	0.12	0.0158	0.9842	11.5231	24.0	4.9560	0.4301	0.5376	30.0	6.1950	0.5376	36.0	7.4340	0.6451	
	150	0.15	0.0197	0.9803	11.5695	25.5	5.2658	0.4551	0.6247	35.0	7.2275	0.6247	37.5	7.7438	0.6693	
	180	0.18	0.0237	0.9763	11.6163	26.5	5.4723	0.4711	0.6577	37.0	7.6405	0.6577	39.0	8.0535	0.6933	
	210	0.21	0.0276	0.9724	11.6634	28.0	5.7820	0.4957	0.6905	39.0	8.0535	0.6905	41.0	8.4665	0.7259	
	240	0.24	0.0316	0.9684	11.7110	30.0	6.1950	0.5290	0.7053	40.0	8.2600	0.7053	42.0	8.6730	0.7406	
	270	0.27	0.0355	0.9645	11.7589	31.0	6.4015	0.5444	0.7200	41.0	8.4665	0.7200	43.0	8.8795	0.7551	
	300	0.30	0.0395	0.9605	11.8072	32.5	6.7113	0.5684	0.7258	41.5	8.5698	0.7258	44.0	9.0860	0.7695	
	330	0.33	0.0434	0.9566	11.8559	33.0	6.8145	0.5748	0.7402	42.5	8.7763	0.7402	44.5	9.1893	0.7751	
	360	0.36	0.0474	0.9526	11.9051	34.0	7.0210	0.5897	0.7459	43.0	8.8795	0.7459	44.5	9.1893	0.7719	
	390	0.39	0.0513	0.9487	11.9546	34.5	7.1243	0.5959	0.7687	44.5	9.1893	0.7687	45.0	9.2925	0.7773	
	420	0.42	0.0553	0.9447	12.0046	35.0	7.2275	0.6021	0.7741	45.0	9.2925	0.7741	46.0	9.4990	0.7913	
	450	0.45	0.0592	0.9408	12.0549	36.0	7.4340	0.6167	0.7880	46.0	9.4990	0.7880	47.5	9.8088	0.8137	
	480	0.48	0.0632	0.9368	12.1057	37.5	7.7438	0.6397	0.7932	46.5	9.6023	0.7932	48.5	10.0153	0.8273	
	510	0.51	0.0671	0.9329	12.1569	38.0	7.8470	0.6455	0.7984	47.0	9.7055	0.7984	49.0	10.1185	0.8323	
	540	0.54	0.0711	0.9289	12.2086	38.5	7.9503	0.6512	0.8034	47.5	9.8088	0.8034	49.5	10.2218	0.8373	
	570	0.57	0.0750	0.9250	12.2607	39.0	8.0535	0.6569	0.8084	48.0	9.9120	0.8084	49.5	10.2218	0.8337	
	600	0.60	0.0789	0.9211	12.3132	39.5	8.1568	0.6624	0.8134	48.5	10.0153	0.8134	50.0	10.3250	0.8385	
	630	0.63	0.0829	0.9171	12.3662	39.5	8.1568	0.6596	0.8266	49.5	10.2218	0.8266	50.5	10.4283	0.8433	
	660	0.66	0.0868	0.9132	12.4197	40.0	8.2600	0.6651	0.8313	50.0	10.3250	0.8313	52.0	10.7380	0.8646	
	690	0.69	0.0908	0.9092	12.4736	41.5	8.5698	0.6870	0.8360	50.5	10.4283	0.8360	53.0	10.9445	0.8774	
	720	0.72	0.0947	0.9053	12.5280	41.5	8.5698	0.6840	0.8406	51.0	10.5315	0.8406	53.5	11.0478	0.8818	

Waktu	Regangan			Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (0%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (0%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (0%)			
	Pemb. Dial (a)	$\Delta L = \frac{\epsilon}{10^3}$ (cm)	$\frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi $1 - \epsilon$	A=luas terkoreksi {Aor[5]}	Pemb.d ial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	13	14	15	19	20	21			
	750	0.75	0.0987	0.9013	12.5829	42.0	8.6730	0.6893	51.5	10.6348	0.8452	53.5	11.0478	0.8780			
	780	0.78	0.1026	0.8974	12.6382	42.5	8.7763	0.6944	52.0	10.7380	0.8496	54.0	11.1510	0.8823			
	810	0.81	0.1066	0.8934	12.6941	42.5	8.7763	0.6914	52.5	10.8413	0.8540	54.0	11.1510	0.8784			
	840	0.84	0.1105	0.8895	12.7504	43.0	8.8795	0.6964	53.5	11.0478	0.8665	54.5	11.2543	0.8827			
	870	0.87	0.1145	0.8855	12.8072	43.0	8.8795	0.6933	53.5	11.0478	0.8626	55.0	11.3575	0.8868			
	900	0.90	0.1184	0.8816	12.8646	43.0	8.8795	0.6902	54.5	11.2543	0.8748	56.0	11.5640	0.8989			
	930	0.93	0.1224	0.8776	12.9224	43.5	8.9828	0.6951	55.0	11.3575	0.8789	56.5	11.6673	0.9029			
	960	0.96	0.1263	0.8737	12.9808	44.0	9.0860	0.7000	55.0	11.3575	0.8749	57.0	11.7705	0.9068			
	990	0.99	0.1303	0.8697	13.0397	44.5	9.1893	0.7047	55.5	11.4608	0.8789	57.0	11.7705	0.9027			
	1020	1.02	0.1342	0.8658	13.0992	44.5	9.1893	0.7015	55.5	11.4608	0.8749	57.5	11.8738	0.9064			
	1050	1.05	0.1382	0.8618	13.1592	44.5	9.1893	0.6983	56.0	11.5640	0.8788	58.0	11.9770	0.9102			
	1080	1.08	0.1421	0.8579	13.2197	44.5	9.1893	0.6951	56.0	11.5640	0.8748	58.0	11.9770	0.9060			
	1110	1.11	0.1461	0.8539	13.2809	44.5	9.1893	0.6919	56.5	11.6673	0.8785	59.0	12.1835	0.9174			
	1140	1.14	0.1500	0.8500	13.3425	44.5	9.1893	0.6887	57.0	11.7705	0.8822	60.0	12.3900	0.9286			
	1170	1.17	0.1539	0.8461	13.4048				57.5	11.8738	0.8858	60.0	12.3900	0.9243			
	1200	1.20	0.1579	0.8421	13.4676				58.0	11.9770	0.8893	60.5	12.4933	0.9277			
	1230	1.23	0.1618	0.8382	13.5310				58.0	11.9770	0.8851	60.5	12.4933	0.9233			
	1260	1.26	0.1658	0.8342	13.5951				58.5	12.0803	0.8886	61.0	12.5965	0.9265			
	1290	1.29	0.1697	0.8303	13.6597				59.0	12.1835	0.8919	61.0	12.5965	0.9222			
	1320	1.32	0.1737	0.8263	13.7250				59.5	12.2868	0.8952	61.5	12.6998	0.9253			
	1350	1.35	0.1776	0.8224	13.7908				60.0	12.3900	0.8984	62.0	12.8030	0.9284			
	1380	1.38	0.1816	0.8184	13.8574				60.0	12.3900	0.8941	62.5	12.9063	0.9314			
	1410	1.41	0.1855	0.8145	13.9245				60.5	12.4933	0.8972	63.0	13.0095	0.9343			
	1440	1.44	0.1895	0.8105	13.9923				61.0	12.5965	0.9002	63.0	13.0095	0.9298			
	1470	1.47	0.1934	0.8066	14.0608				61.0	12.5965	0.8959	63.0	13.0095	0.9252			

Waktu	Regangan				Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (0%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (0%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (0%)			
	Pemb. Dial (a)	2	3	4	5	A=luas terkoreksi = ε ΔL / L _o {A _o /5}	Pemb.d ial	Beban P (kg)	σ ₁ - σ ₃ = P/A	Pemb. dial	Beban P (kg)	σ ₁ - σ ₃ = P/A	Pemb. dial	Beban P (kg)	σ ₁ - σ ₃ = P/A			
1																		
	1500	1.50	0.1974	0.8026	14.1300					61.0	12.5965	0.8915	63.5	13.1128	0.9280			
	1530	1.53	0.2013	0.7987	14.1998					61.0	12.5965	0.8871	63.5	13.1128	0.9234			
	1560	1.56	0.2053	0.7947	14.2703					61.5	12.6998	0.8899	64.5	13.3193	0.9334			
	1590	1.59	0.2092	0.7908	14.3416					61.5	12.6998	0.8855	65.0	13.4225	0.9359			
	1620	1.62	0.2132	0.7868	14.4135					62.0	12.8030	0.8883	65.0	13.4225	0.9312			
	1650	1.65	0.2171	0.7829	14.4862					62.0	12.8030	0.8838	65.0	13.4225	0.9266			
	1680	1.68	0.2211	0.7789	14.5596					62.0	12.8030	0.8794	65.5	13.5258	0.9290			
	1710	1.71	0.2250	0.7750	14.6337					62.5	12.9063	0.8820	65.5	13.5258	0.9243			
	1740	1.74	0.2289	0.7711	14.7087					62.5	12.9063	0.8775	65.5	13.5258	0.9196			
	1770	1.77	0.2329	0.7671	14.7843					63.5	13.1128	0.8869	66.0	13.6290	0.9219			
	1800	1.80	0.2368	0.7632	14.8608					64.0	13.2160	0.8893	66.5	13.7323	0.9241			
	1830	1.83	0.2408	0.7592	14.9381					64.0	13.2160	0.8847	67.0	13.8355	0.9262			
	1860	1.86	0.2447	0.7553	15.0162					64.0	13.2160	0.8801	67.5	13.9388	0.9283			
	1890	1.89	0.2487	0.7513	15.0951					64.0	13.2160	0.8755	67.5	13.9388	0.9234			
	1920	1.92	0.2526	0.7474	15.1748					64.0	13.2160	0.8709	67.5	13.9388	0.9185			
	1950	1.95	0.2566	0.7434	15.2554								67.5	13.9388	0.9137			
	1980	1.98	0.2605	0.7395	15.3368								68.5	14.1453	0.9223			
	2010	2.01	0.2645	0.7355	15.4191								69.0	14.2485	0.9241			
	2040	2.04	0.2684	0.7316	15.5023								69.5	14.3518	0.9258			
	2070	2.07	0.2724	0.7276	15.5864								69.5	14.3518	0.9208			
	2100	2.10	0.2763	0.7237	15.6714								70.0	14.4550	0.9224			
	2130	2.13	0.2803	0.7197	15.7574								70.0	14.4550	0.9173			
	2160	2.16	0.2842	0.7158	15.8443								70.5	14.5583	0.9188			
	2190	2.19	0.2882	0.7118	15.9321								70.5	14.5583	0.9138			
	2220	2.22	0.2921	0.7079	16.0210								71.0	14.6615	0.9151			

Waktu t (dt)	Regangan			Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (0%)			Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (0%)			Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (0%)		
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{L_0} = \frac{\epsilon}{10^3}$ (cm)	$\frac{\Delta L}{L_0} = \frac{\epsilon}{10^3}$	Luas koreksi = 1 - ϵ	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb.d ial	Beban P (kg)	Beban P P/A	Pemb. dial	Beban P (kg)	Beban P P/A	Pemb. dial	Beban P (kg)	Beban P P/A
1	2	3	4	5	6	7	8	9	13	14	15	19	20	21
	2250	2.25	0.2961	0.7039	16.1108							71.5	14.7648	0.9165
	2280	2.28	0.3000	0.7000	16.2016							71.5	14.7648	0.9113
	2310	2.31	0.3039	0.6961	16.2935							72.0	14.8680	0.9125
	2340	2.34	0.3079	0.6921	16.3865							72.0	14.8680	0.9073
	2370	2.37	0.3118	0.6882	16.4804							72.0	14.8680	0.9022
	2400	2.40	0.3158	0.6842	16.5755							72.0	14.8680	0.8970
	2430	2.43	0.3197	0.6803	16.6717							72.0	14.8680	0.8918
	2460	2.46	0.3237	0.6763	16.7690									
	2490	2.49	0.3276	0.6724	16.8675									
	2520	2.52	0.3316	0.6684	16.9671									
	2550	2.55	0.3355	0.6645	17.0679									
	2580	2.58	0.3395	0.6605	17.1699									
	2610	2.61	0.3434	0.6566	17.2731									
	2640	2.64	0.3474	0.6526	17.3776									
	2670	2.67	0.3513	0.6487	17.4833									
	2700	2.70	0.3553	0.6447	17.5904									
	2730	2.73	0.3592	0.6408	17.6987									
	2760	2.76	0.3632	0.6368	17.8084									
	2790	2.79	0.3671	0.6329	17.9195									

Waktu	Regangan			Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (8%)			Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (8%)			Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (8%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a/10^3}$ (cm)	$\frac{\Delta L}{L_0}$	ϵ	Luas koreksi = $\frac{A}{1 - \epsilon}$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb.d ial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb.d ial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb.d ial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$
1	2	3	4	5	6		10	11	12	16	17	18	22	23	24
	0	0	0	1	11.3411		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	0.03	0.0039	0.9961	11.3861		27.0	5.5755	0.4897	28.0	5.7820	0.5078	34.0	7.0210	0.6166
	60	0.06	0.0079	0.9921	11.4314		31.0	6.4015	0.5600	34.5	7.1243	0.6232	37.5	7.7438	0.6774
	90	0.09	0.0118	0.9882	11.4771		33.0	6.8145	0.5937	37.0	7.6405	0.6657	39.5	8.1568	0.7107
	120	0.12	0.0158	0.9842	11.5231		34.0	7.0210	0.6093	38.0	7.8470	0.6810	41.0	8.4665	0.7347
	150	0.15	0.0197	0.9803	11.5695		35.0	7.2275	0.6247	39.0	8.0535	0.6961	43.0	8.8795	0.7675
	180	0.18	0.0237	0.9763	11.6163		36.0	7.4340	0.6400	40.5	8.3633	0.7200	44.0	9.0860	0.7822
	210	0.21	0.0276	0.9724	11.6634		37.0	7.6405	0.6551	41.0	8.4665	0.7259	44.5	9.1893	0.7879
	240	0.24	0.0316	0.9684	11.7110		38.0	7.8470	0.6701	42.5	8.7763	0.7494	47.0	9.7055	0.8288
	270	0.27	0.0355	0.9645	11.7589		40.0	8.2600	0.7024	44.0	9.0860	0.7727	50.0	10.3250	0.8781
	300	0.30	0.0395	0.9605	11.8072		41.5	8.5698	0.7258	45.0	9.2925	0.7870	52.0	10.7380	0.9094
	330	0.33	0.0434	0.9566	11.8559		42.5	8.7763	0.7402	46.0	9.4990	0.8012	53.0	10.9445	0.9231
	360	0.36	0.0474	0.9526	11.9051		43.0	8.8795	0.7459	46.0	9.4990	0.7979	54.5	11.2543	0.9453
	390	0.39	0.0513	0.9487	11.9546		44.0	9.0860	0.7600	46.0	9.4990	0.7946	55.0	11.3575	0.9501
	420	0.42	0.0553	0.9447	12.0046		44.5	9.1893	0.7655	47.0	9.7055	0.8085	56.0	11.5640	0.9633
	450	0.45	0.0592	0.9408	12.0549		45.0	9.2925	0.7708	47.5	9.8088	0.8137	58.0	11.9770	0.9935
	480	0.48	0.0632	0.9368	12.1057		45.0	9.2925	0.7676	49.5	10.2218	0.8444	60.0	12.3900	1.0235
	510	0.51	0.0671	0.9329	12.1569		46.5	9.6023	0.7899	50.0	10.3250	0.8493	61.0	12.5965	1.0362
	540	0.54	0.0711	0.9289	12.2086		47.0	9.7055	0.7950	50.0	10.3250	0.8457	62.0	12.8030	1.0487
	570	0.57	0.0750	0.9250	12.2607		48.0	9.9120	0.8084	50.5	10.4283	0.8505	63.0	13.0095	1.0611
	600	0.60	0.0789	0.9211	12.3132		48.5	10.0153	0.8134	50.5	10.4283	0.8469	63.5	13.1128	1.0649
	630	0.63	0.0829	0.9171	12.3662		49.0	10.1185	0.8182	51.0	10.5315	0.8516	64.0	13.2160	1.0687
	660	0.66	0.0868	0.9132	12.4197		49.0	10.1185	0.8147	51.5	10.6348	0.8563	65.0	13.4225	1.0807
	690	0.69	0.0908	0.9092	12.4736		49.5	10.2218	0.8195	52.0	10.7380	0.8609	66.0	13.6290	1.0926
	720	0.72	0.0947	0.9053	12.5280		51.0	10.5315	0.8406	53.5	11.0478	0.8818	67.0	13.8355	1.1044

Waktu l (dt)	Regangan				Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (8%)			Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (8%)			Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (8%)		
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a/10^3}$ (cm)	$\frac{\Delta L}{L_0}$	$\frac{\Delta L}{L_0} = \frac{\epsilon}{1 - \epsilon}$	Luas koreksi = $\frac{A_0}{1 - \epsilon}$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb.d ial	Beban P (kg)	$\frac{P}{A}$ $\sigma_1 - \sigma_3 =$	Pemb.d ial	Beban P (kg)	$\frac{P}{A}$ $\sigma_1 - \sigma_3 =$	Pemb.d ial	Beban P (kg)	$\frac{P}{A}$ $\sigma_1 - \sigma_3 =$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	750	0.75	0.0987	0.9013	12.5829	12.5829	52.0	10.7380	0.8534	54.0	11.1510	0.8862	67.5	13.9388	1.1078
	780	0.78	0.1026	0.8974	12.6382	12.6382	52.5	10.8413	0.8578	54.5	11.2543	0.8905	69.0	14.2485	1.1274
	810	0.81	0.1066	0.8934	12.6941	12.6941	53.0	10.9445	0.8622	55.0	11.3575	0.8947	69.5	14.3518	1.1306
	840	0.84	0.1105	0.8895	12.7504	12.7504	53.0	10.9445	0.8584	55.0	11.3575	0.8908	70.0	14.4550	1.1337
	870	0.87	0.1145	0.8855	12.8072	12.8072	53.5	11.0478	0.8626	55.0	11.3575	0.8868	70.5	14.5583	1.1367
	900	0.90	0.1184	0.8816	12.8646	12.8646	53.5	11.0478	0.8588	55.5	11.4608	0.8909	71.0	14.6615	1.1397
	930	0.93	0.1224	0.8776	12.9224	12.9224	54.0	11.1510	0.8629	57.0	11.7705	0.9109	72.0	14.8680	1.1506
	960	0.96	0.1263	0.8737	12.9808	12.9808	54.5	11.2543	0.8670	58.0	11.9770	0.9227	73.0	15.0745	1.1613
	990	0.99	0.1303	0.8697	13.0397	13.0397	55.0	11.3575	0.8710	58.0	11.9770	0.9185	73.5	15.1778	1.1640
	1020	1.02	0.1342	0.8658	13.0992	13.0992	55.5	11.4608	0.8749	58.0	11.9770	0.9143	74.5	15.3843	1.1744
	1050	1.05	0.1382	0.8618	13.1592	13.1592	55.5	11.4608	0.8709	58.8	12.1422	0.9227	74.5	15.3843	1.1691
	1080	1.08	0.1421	0.8579	13.2197	13.2197	56.0	11.5640	0.8748	58.5	12.0803	0.9138	75.0	15.4875	1.1715
	1110	1.11	0.1461	0.8539	13.2809	13.2809	56.0	11.5640	0.8707	59.0	12.1835	0.9174	75.5	15.5908	1.1739
	1140	1.14	0.1500	0.8500	13.3425	13.3425	56.5	11.6673	0.8744	59.5	12.2868	0.9209	76.0	15.6940	1.1762
	1170	1.17	0.1539	0.8461	13.4048	13.4048	57.5	11.8738	0.8858	60.5	12.4933	0.9320	76.5	15.7973	1.1785
	1200	1.20	0.1579	0.8421	13.4676	13.4676	58.0	11.9770	0.8893	61.5	12.6998	0.9430	76.5	15.7973	1.1730
	1230	1.23	0.1618	0.8382	13.5310	13.5310	58.5	12.0803	0.8928	61.5	12.6998	0.9386	76.5	15.7973	1.1675
	1260	1.26	0.1658	0.8342	13.5951	13.5951	59.0	12.1835	0.8962	61.5	12.6998	0.9341	76.5	15.7973	1.1620
	1290	1.29	0.1697	0.8303	13.6597	13.6597	59.0	12.1835	0.8919	61.5	12.6998	0.9297	76.5	15.7973	1.1565
	1320	1.32	0.1737	0.8263	13.7250	13.7250	59.0	12.1835	0.8877	61.5	12.6998	0.9253	76.5	15.7973	1.1510
	1350	1.35	0.1776	0.8224	13.7908	13.7908	59.0	12.1835	0.8834	62.0	12.8030	0.9284	76.5	15.7973	1.1455
	1380	1.38	0.1816	0.8184	13.8574	13.8574	59.0	12.1835	0.8792	63.0	13.0095	0.9388			
	1410	1.41	0.1855	0.8145	13.9245	13.9245	59.0	12.1835	0.8750	63.5	13.1128	0.9417			
	1440	1.44	0.1895	0.8105	13.9923	13.9923				64.0	13.2160	0.9445			
	1470	1.47	0.1934	0.8066	14.0608	14.0608				64.0	13.2160	0.9399			

Waktu	Regangan		Luas Benda Uji			Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (8%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (8%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (8%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{L_0} = \frac{\epsilon}{10^3}$ (cm)	$\frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $\frac{A_0}{1 - \epsilon}$	A=luas terkoreksi {A ₀ /[5]}	Pemb.d ial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$		Pemb.d ial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$		Pemb.d ial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	
1	2	3	4	5	6	10	11	12		16	17	18		22	23		24
	1500	1.50	0.1974	0.8026	14.1300					64.0	13.2160	0.9353					
	1530	1.53	0.2013	0.7987	14.1998					64.5	13.3193	0.9380					
	1560	1.56	0.2053	0.7947	14.2703					65.0	13.4225	0.9406					
	1590	1.59	0.2092	0.7908	14.3416					65.0	13.4225	0.9359					
	1620	1.62	0.2132	0.7868	14.4135					66.5	13.7323	0.9527					
	1650	1.65	0.2171	0.7829	14.4862					67.0	13.8355	0.9551					
	1680	1.68	0.2211	0.7789	14.5596					67.0	13.8355	0.9503					
	1710	1.71	0.2250	0.7750	14.6337					67.0	13.8355	0.9455					
	1740	1.74	0.2289	0.7711	14.7087					67.0	13.8355	0.9406					
	1770	1.77	0.2329	0.7671	14.7843					67.0	13.8355	0.9358					
	1800	1.80	0.2368	0.7632	14.8608					68.0	14.0420	0.9449					
	1830	1.83	0.2408	0.7592	14.9381					68.5	14.1453	0.9469					
	1860	1.86	0.2447	0.7553	15.0162					69.0	14.2485	0.9489					
	1890	1.89	0.2487	0.7513	15.0951					69.0	14.2485	0.9439					
	1920	1.92	0.2526	0.7474	15.1748					69.0	14.2485	0.9390					
	1950	1.95	0.2566	0.7434	15.2554					69.0	14.2485	0.9340					
	1980	1.98	0.2605	0.7395	15.3368					69.0	14.2485	0.9290					
	2010	2.01	0.2645	0.7355	15.4191					69.0	14.2485	0.9241					
	2040	2.04	0.2684	0.7316	15.5023					69.5	14.3518	0.9258					
	2070	2.07	0.2724	0.7276	15.5864					69.5	14.3518	0.9208					
	2100	2.10	0.2763	0.7237	15.6714					69.5	14.3518	0.9158					
	2130	2.13	0.2803	0.7197	15.7574					70.0	14.4550	0.9173					
	2160	2.16	0.2842	0.7158	15.8443					70.0	14.4550	0.9123					
	2190	2.19	0.2882	0.7118	15.9321												
	2220	2.22	0.2921	0.7079	16.0210												

Waktu	Regangan		Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (12%)			Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (12%)			Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (12%)		
	Pemb. Dial (a)	$\Delta L = \frac{\epsilon}{10^3}$ (cm)	$\frac{\Delta L}{L_0}$	$\frac{\epsilon}{1 - \epsilon}$	Luas koreksi = $\frac{A}{1 - \epsilon}$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban (kg)	$\frac{P}{A}$	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb. dial	Beban (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	0	0	0	0	1	11.3411	0	0	0	0	0	0	0
	30	0.03	0.0039	0.9961	11.3861	19.5	4.0268	0.3537	5.0	1.0325	0.0907	24.0	4.9560
	60	0.06	0.0079	0.9921	11.4314	21.5	4.4398	0.3884	13.0	2.6845	0.2348	34.0	7.0210
	90	0.09	0.0118	0.9882	11.4771	24.0	4.9560	0.4318	18.0	3.7170	0.3239	39.0	8.0535
	120	0.12	0.0158	0.9842	11.5231	25.5	5.2658	0.4570	25.0	5.1625	0.4480	41.0	8.4665
	150	0.15	0.0197	0.9803	11.5695	26.5	5.4723	0.4730	29.0	5.9885	0.5176	44.0	9.0860
	180	0.18	0.0237	0.9763	11.6163	27.5	5.6788	0.4889	31.0	6.4015	0.5511	50.0	10.3250
	210	0.21	0.0276	0.9724	11.6634	28.5	5.8853	0.5046	33.5	6.9178	0.5931	53.0	10.9445
	240	0.24	0.0316	0.9684	11.7110	31.5	6.5048	0.5554	34.0	7.0210	0.5995	56.0	11.5640
	270	0.27	0.0355	0.9645	11.7589	33.0	6.8145	0.5795	36.0	7.4340	0.6322	58.0	11.9770
	300	0.30	0.0395	0.9605	11.8072	34.5	7.1243	0.6034	37.5	7.7438	0.6558	59.0	12.1835
	330	0.33	0.0434	0.9566	11.8559	35.5	7.3308	0.6183	39.0	8.0535	0.6793	61.0	12.5965
	360	0.36	0.0474	0.9526	11.9051	36.5	7.5373	0.6331	42.0	8.6730	0.7285	62.0	12.8030
	390	0.39	0.0513	0.9487	11.9546	37.0	7.6405	0.6391	43.0	8.8795	0.7428	65.0	13.4225
	420	0.42	0.0553	0.9447	12.0046	38.0	7.8470	0.6537	44.5	9.1893	0.7655	66.5	13.7323
	450	0.45	0.0592	0.9408	12.0549	39.5	8.1568	0.6766	46.0	9.4990	0.7880	68.0	14.0420
	480	0.48	0.0632	0.9368	12.1057	41.0	8.4665	0.6994	47.0	9.7055	0.8017	69.5	14.3518
	510	0.51	0.0671	0.9329	12.1569	42.0	8.6730	0.7134	48.0	9.9120	0.8153	70.5	14.5583
	540	0.54	0.0711	0.9289	12.2086	43.0	8.8795	0.7273	48.5	10.0153	0.8203	71.0	14.6615
	570	0.57	0.0750	0.9250	12.2607	43.5	8.9828	0.7326	50.0	10.3250	0.8421	71.5	14.7648
	600	0.60	0.0789	0.9211	12.3132	44.0	9.0860	0.7379	51.0	10.5315	0.8553	73.5	15.1778
	630	0.63	0.0829	0.9171	12.3662	44.5	9.1893	0.7431	52.5	10.8413	0.8767	75.0	15.4875
	660	0.66	0.0868	0.9132	12.4197	45.0	9.2925	0.7482	53.0	10.9445	0.8812	76.0	15.6940
	690	0.69	0.0908	0.9092	12.4736	45.5	9.3958	0.7532	53.0	10.9445	0.8774	77.0	15.9005
	720	0.72	0.0947	0.9053	12.5280	47.0	9.7055	0.7747	54.0	11.1510	0.8901	78.5	16.2103
													1.2939

Waktu	Regangan			Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (12%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (12%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (12%)						
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{L_0}$	ϵ	Luas koreksi = $\frac{A}{1 - \epsilon}$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb.d ial	Beban (kg)	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb. dial	Beban (kg)	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb. dial	Beban (kg)	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	1500	1.50	0.1974	0.8026	14.1300	61.0	12.5965	0.8915	69.0	14.2485	1.0084	94.0	19.4110	1.3737						
	1530	1.53	0.2013	0.7987	14.1998	61.0	12.5965	0.8871	69.5	14.3518	1.0107	94.0	19.4110	1.3670						
	1560	1.56	0.2053	0.7947	14.2703	61.0	12.5965	0.8827	70.5	14.5583	1.0202	94.0	19.4110	1.3602						
	1590	1.59	0.2092	0.7908	14.3416	62.5	12.9063	0.8999	70.5	14.5583	1.0151	94.0	19.4110	1.3535						
	1620	1.62	0.2132	0.7868	14.4135	63.0	13.0095	0.9026	70.5	14.5583	1.0100	94.0	19.4110	1.3467						
	1650	1.65	0.2171	0.7829	14.4862	63.0	13.0095	0.8981	71.0	14.6615	1.0121	94.0	19.4110	1.3400						
	1680	1.68	0.2211	0.7789	14.5596	63.0	13.0095	0.8935	71.0	14.6615	1.0070	94.5	19.5143	1.3403						
	1710	1.71	0.2250	0.7750	14.6337	63.5	13.1128	0.8961	71.0	14.6615	1.0019	95.0	19.6175	1.3406						
	1740	1.74	0.2289	0.7711	14.7087	63.5	13.1128	0.8915	72.0	14.8680	1.0108	95.0	19.6175	1.3337						
	1770	1.77	0.2329	0.7671	14.7843	64.0	13.2160	0.8939	72.5	14.9713	1.0126	95.0	19.6175	1.3269						
	1800	1.80	0.2368	0.7632	14.8608	65.0	13.4225	0.9032	73.0	15.0745	1.0144	95.0	19.6175	1.3201						
	1830	1.83	0.2408	0.7592	14.9381	65.0	13.4225	0.8985	73.5	15.1778	1.0160	95.0	19.6175	1.3133						
	1860	1.86	0.2447	0.7553	15.0162	65.5	13.5258	0.9007	74.0	15.2810	1.0176	95.0	19.6175	1.3064						
	1890	1.89	0.2487	0.7513	15.0951	65.5	13.5258	0.8960	74.5	15.3843	1.0192	95.5	19.7208	1.3064						
	1920	1.92	0.2526	0.7474	15.1748	65.5	13.5258	0.8913	74.5	15.3843	1.0138	96.0	19.8240	1.3064						
	1950	1.95	0.2566	0.7434	15.2554	66.0	13.6290	0.8934	75.0	15.4875	1.0152	96.5	19.9273	1.3062						
	1980	1.98	0.2605	0.7395	15.3368	66.5	13.7323	0.8954	76.0	15.6940	1.0233	97.0	20.0305	1.3060						
	2010	2.01	0.2645	0.7355	15.4191	67.5	13.9388	0.9040	76.5	15.7973	1.0245	97.5	20.1338	1.3058						
	2040	2.04	0.2684	0.7316	15.5023	68.0	14.0420	0.9058	76.5	15.7973	1.0190	97.5	20.1338	1.2988						
	2070	2.07	0.2724	0.7276	15.5864	68.0	14.0420	0.9009	77.0	15.9005	1.0202	97.5	20.1338	1.2918						
	2100	2.10	0.2763	0.7237	15.6714	68.0	14.0420	0.8960	77.0	15.9005	1.0146									
	2130	2.13	0.2803	0.7197	15.7574	68.0	14.0420	0.8911	77.5	16.0038	1.0156									
	2160	2.16	0.2842	0.7158	15.8443	68.0	14.0420	0.8863	78.0	16.1070	1.0166									
	2190	2.19	0.2882	0.7118	15.9321	68.0	14.0420	0.8814	79.0	16.3135	1.0239									
	2220	2.22	0.2921	0.7079	16.0210	69.5	14.3518	0.8958	79.5	16.4168	1.0247									

Waktu I (dt)	Regangan			Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (12%)			Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (12%)			Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (12%)		
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a} \times 10^3$ (cm)	$\frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $1 - \epsilon$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb.d ial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A
1	2	3	4	5	6	7	8	9	13	14	15	19	20	21
	750	0.75	0.0987	0.9013	12.5829	48.0	9.9120	0.7877	54.5	11.2543	0.8944	79.5	16.4168	1.3047
	780	0.78	0.1026	0.8974	12.6382	48.5	10.0153	0.7925	55.0	11.3575	0.8987	80.5	16.6233	1.3153
	810	0.81	0.1066	0.8934	12.6941	49.0	10.1185	0.7971	56.0	11.5640	0.9110	81.0	16.7265	1.3177
	840	0.84	0.1105	0.8895	12.7504	49.0	10.1185	0.7936	56.5	11.6673	0.9150	82.0	16.9330	1.3280
	870	0.87	0.1145	0.8855	12.8072	49.5	10.2218	0.7981	57.5	11.8738	0.9271	83.0	17.1395	1.3383
	900	0.90	0.1184	0.8816	12.8646	51.5	10.6348	0.8267	58.5	12.0803	0.9390	83.5	17.2428	1.3403
	930	0.93	0.1224	0.8776	12.9224	52.0	10.7380	0.8310	59.0	12.1835	0.9428	84.0	17.3460	1.3423
	960	0.96	0.1263	0.8737	12.9808	52.5	10.8413	0.8352	59.5	12.2868	0.9465	84.0	17.3460	1.3363
	990	0.99	0.1303	0.8697	13.0397	53.0	10.9445	0.8393	60.0	12.3900	0.9502	84.5	17.4493	1.3382
	1020	1.02	0.1342	0.8658	13.0992	53.5	11.0478	0.8434	60.5	12.4933	0.9537	85.0	17.5525	1.3400
	1050	1.05	0.1382	0.8618	13.1592	54.0	11.1510	0.8474	61.5	12.6998	0.9651	86.5	17.8623	1.3574
	1080	1.08	0.1421	0.8579	13.2197	54.0	11.1510	0.8435	62.0	12.8030	0.9685	87.5	18.0688	1.3668
	1110	1.11	0.1461	0.8539	13.2809	54.5	11.2543	0.8474	63.0	13.0095	0.9796	88.0	18.1720	1.3683
	1140	1.14	0.1500	0.8500	13.3425	55.5	11.4608	0.8590	63.5	13.1128	0.9828	88.0	18.1720	1.3620
	1170	1.17	0.1539	0.8461	13.4048	56.0	11.5640	0.8627	64.0	13.2160	0.9859	88.5	18.2753	1.3633
	1200	1.20	0.1579	0.8421	13.4676	56.0	11.5640	0.8587	64.5	13.3193	0.9890	89.5	18.4818	1.3723
	1230	1.23	0.1618	0.8382	13.5310	56.0	11.5640	0.8546	64.5	13.3193	0.9843	90.0	18.5850	1.3735
	1260	1.26	0.1658	0.8342	13.5951	56.5	11.6673	0.8582	65.0	13.4225	0.9873	90.5	18.6883	1.3746
	1290	1.29	0.1697	0.8303	13.6597	57.0	11.7705	0.8617	66.0	13.6290	0.9978	91.0	18.7915	1.3757
	1320	1.32	0.1737	0.8263	13.7250	57.5	11.8738	0.8651	66.5	13.7323	1.0005	91.5	18.8948	1.3767
	1350	1.35	0.1776	0.8224	13.7908	59.0	12.1835	0.8834	67.0	13.8355	1.0032	92.0	18.9980	1.3776
	1380	1.38	0.1816	0.8184	13.8574	60.0	12.3900	0.8941	67.0	13.8355	0.9984	92.5	19.1013	1.3784
	1410	1.41	0.1855	0.8145	13.9245	60.0	12.3900	0.8898	67.5	13.9388	1.0010	93.0	19.2045	1.3792
	1440	1.44	0.1895	0.8105	13.9923	60.5	12.4933	0.8929	67.5	13.9388	0.9962	93.0	19.2045	1.3725
	1470	1.47	0.1934	0.8066	14.0608	60.5	12.4933	0.8885	68.0	14.0420	0.9987	93.5	19.3078	1.3732

Waktu	Regangan		Luas Benda Uji			Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (12%)			Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (12%)			Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (12%)		
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{L_0} = \epsilon$	Luas koreksi = $\frac{A}{1 - \epsilon}$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb.d ial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	13	14	15	19	20	21
	2250	2.25	0.2961	0.7039	16.1108	69.5	14.3518	0.8908	80.0	16.5200	1.0254			
	2280	2.28	0.3000	0.7000	16.2016				80.5	16.6233	1.0260			
	2310	2.31	0.3039	0.6961	16.2935				81.0	16.7265	1.0266			
	2340	2.34	0.3079	0.6921	16.3865				81.5	16.8298	1.0271			
	2370	2.37	0.3118	0.6882	16.4804				82.0	16.9330	1.0275			
	2400	2.40	0.3158	0.6842	16.5755				83.0	17.1395	1.0340			
	2430	2.43	0.3197	0.6803	16.6717				83.0	17.1395	1.0281			
	2460	2.46	0.3237	0.6763	16.7690				83.0	17.1395	1.0221			
	2490	2.49	0.3276	0.6724	16.8675				83.0	17.1395	1.0161			
	2520	2.52	0.3316	0.6684	16.9671				83.0	17.1395	1.0102			
	2550	2.55	0.3355	0.6645	17.0679				83.5	17.2428	1.0102			
	2580	2.58	0.3395	0.6605	17.1699				84.0	17.3460	1.0103			
	2610	2.61	0.3434	0.6566	17.2731				85.0	17.5525	1.0162			
	2640	2.64	0.3474	0.6526	17.3776				85.5	17.6558	1.0160			
	2670	2.67	0.3513	0.6487	17.4833				85.5	17.6558	1.0099			
	2700	2.70	0.3553	0.6447	17.5904				86.0	17.7590	1.0096			
	2730	2.73	0.3592	0.6408	17.6987				86.0	17.7590	1.0034			
	2760	2.76	0.3632	0.6368	17.8084				88.0	18.1720	1.0204			
	2790	2.79	0.3671	0.6329	17.9195									

Waktu	Regangan		Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (20%)			Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (20%)			Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (20%)		
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a} = \frac{\epsilon}{10^3}$ (cm)	$\frac{\Delta L}{L_0}$	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $1 - \epsilon$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban (kg)	P/A	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	0	0	0	0	1	11.3411	0	0	0	0	0	0	0
	30	0.03	0.0039	0.9961	11.3861	12.0	2.4780	0.2176	15.0	3.0975	0.2720	18.0	3.7170
	60	0.06	0.0079	0.9921	11.4314	15.0	3.0975	0.2710	20.0	4.1300	0.3613	27.0	5.5755
	90	0.09	0.0118	0.9882	11.4771	17.0	3.5105	0.3059	25.0	5.1625	0.4498	32.0	6.6080
	120	0.12	0.0158	0.9842	11.5231	18.0	3.7170	0.3226	30.0	6.1950	0.5376	36.0	7.4340
	150	0.15	0.0197	0.9803	11.5695	20.0	4.1300	0.3570	33.0	6.8145	0.5890	38.5	7.9503
	180	0.18	0.0237	0.9763	11.6163	22.0	4.5430	0.3911	36.0	7.4340	0.6400	41.0	8.4665
	210	0.21	0.0276	0.9724	11.6634	23.0	4.7495	0.4072	38.0	7.8470	0.6728	44.5	9.1893
	240	0.24	0.0316	0.9684	11.7110	23.0	4.7495	0.4056	40.0	8.2600	0.7053	48.0	9.9120
	270	0.27	0.0355	0.9645	11.7589	23.0	4.7495	0.4039	41.0	8.4665	0.7200	50.0	10.3250
	300	0.30	0.0395	0.9605	11.8072	23.0	4.7495	0.4023	42.0	8.6730	0.7346	52.0	10.7380
	330	0.33	0.0434	0.9566	11.8559	23.0	4.7495	0.4006	43.0	8.8795	0.7489	54.5	11.2543
	360	0.36	0.0474	0.9526	11.9051	24.0	4.9560	0.4163	44.5	9.1893	0.7719	56.0	11.5640
	390	0.39	0.0513	0.9487	11.9546	25.0	5.1625	0.4318	46.0	9.4990	0.7946	56.5	11.6673
	420	0.42	0.0553	0.9447	12.0046	25.0	5.1625	0.4300	48.0	9.9120	0.8257	57.0	11.7705
	450	0.45	0.0592	0.9408	12.0549	25.0	5.1625	0.4282	49.0	10.1185	0.8394	60.0	12.3900
	480	0.48	0.0632	0.9368	12.1057	25.0	5.1625	0.4265	50.0	10.3250	0.8529	62.5	12.9063
	510	0.51	0.0671	0.9329	12.1569	25.5	5.2658	0.4331	50.5	10.4283	0.8578	64.0	13.2160
	540	0.54	0.0711	0.9289	12.2086	27.0	5.5755	0.4567	51.0	10.5315	0.8626	66.0	13.6290
	570	0.57	0.0750	0.9250	12.2607	27.5	5.6788	0.4632	52.0	10.7380	0.8758	67.5	13.9388
	600	0.60	0.0789	0.9211	12.3132	28.0	5.7820	0.4696	53.0	10.9445	0.8888	67.5	13.9388
	630	0.63	0.0829	0.9171	12.3662	28.0	5.7820	0.4676	54.5	11.2543	0.9101	67.0	13.8355
	660	0.66	0.0868	0.9132	12.4197	28.0	5.7820	0.4656	56.0	11.5640	0.9311	68.5	14.1453
	690	0.69	0.0908	0.9092	12.4736	28.0	5.7820	0.4635	57.0	11.7705	0.9436	70.0	14.4550
	720	0.72	0.0947	0.9053	12.5280	28.5	5.8853	0.4698	57.5	11.8738	0.9478	71.0	14.6615
													1.1703

Waktu	Regangan			Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (20%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (20%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (20%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a/10^3}$ (cm)	$\frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $\frac{A}{1 - \epsilon}$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$
1	2	3	4	5	6	10	11	12	16	17	18	22	23	24			
	750	0.75	0.0987	0.9013	12.5829	30.0	6.1950	0.4923	58.0	11.9770	0.9518	72.5	14.9713	1.1898			
	780	0.78	0.1026	0.8974	12.6382	30.0	6.1950	0.4902	58.0	11.9770	0.9477	74.0	15.2810	1.2091			
	810	0.81	0.1066	0.8934	12.6941	30.5	6.2983	0.4962	58.5	12.0803	0.9516	75.0	15.4875	1.2201			
	840	0.84	0.1105	0.8895	12.7504	30.5	6.2983	0.4940	59.5	12.2868	0.9636	75.0	15.4875	1.2147			
	870	0.87	0.1145	0.8855	12.8072	30.5	6.2983	0.4918	61.0	12.5965	0.9835	75.0	15.4875	1.2093			
	900	0.90	0.1184	0.8816	12.8646	31.0	6.4015	0.4976	62.0	12.8030	0.9952	75.5	15.5908	1.2119			
	930	0.93	0.1224	0.8776	12.9224	31.0	6.4015	0.4954	62.5	12.9063	0.9987	77.0	15.9005	1.2305			
	960	0.96	0.1263	0.8737	12.9808	32.0	6.6080	0.5091	62.5	12.9063	0.9943	78.0	16.1070	1.2408			
	990	0.99	0.1303	0.8697	13.0397	32.5	6.7113	0.5147	62.5	12.9063	0.9898	79.0	16.3135	1.2511			
	1020	1.02	0.1342	0.8658	13.0992	33.0	6.8145	0.5202	62.5	12.9063	0.9853	80.0	16.5200	1.2611			
	1050	1.05	0.1382	0.8618	13.1592	33.0	6.8145	0.5179	63.0	13.0095	0.9886	80.0	16.5200	1.2554			
	1080	1.08	0.1421	0.8579	13.2197	33.0	6.8145	0.5155	64.0	13.2160	0.9997	80.0	16.5200	1.2496			
	1110	1.11	0.1461	0.8539	13.2809	33.0	6.8145	0.5131	65.5	13.5258	1.0184	80.0	16.5200	1.2439			
	1140	1.14	0.1500	0.8500	13.3425	33.5	6.9178	0.5185	66.5	13.7323	1.0292	80.5	16.6233	1.2459			
	1170	1.17	0.1539	0.8461	13.4048	33.5	6.9178	0.5161	66.5	13.7323	1.0244	81.5	16.8298	1.2555			
	1200	1.20	0.1579	0.8421	13.4676	34.5	7.1243	0.5290	66.5	13.7323	1.0196	83.0	17.1395	1.2726			
	1230	1.23	0.1618	0.8382	13.5310	35.0	7.2275	0.5341	67.0	13.8355	1.0225	83.0	17.1395	1.2667			
	1260	1.26	0.1658	0.8342	13.5951	35.0	7.2275	0.5316	67.5	13.9388	1.0253	83.0	17.1395	1.2607			
	1290	1.29	0.1697	0.8303	13.6597	35.0	7.2275	0.5291	68.5	14.1453	1.0355	83.0	17.1395	1.2547			
	1320	1.32	0.1737	0.8263	13.7250	35.5	7.3308	0.5341	69.5	14.3518	1.0457	83.0	17.1395	1.2488			
	1350	1.35	0.1776	0.8224	13.7908	35.5	7.3308	0.5316	69.5	14.3518	1.0407	83.0	17.1395	1.2428			
	1380	1.38	0.1816	0.8184	13.8574	35.5	7.3308	0.5290	71.0	14.6615	1.0580	83.5	17.2428	1.2443			
	1410	1.41	0.1855	0.8145	13.9245				71.0	14.6615	1.0529	84.0	17.3460	1.2457			
	1440	1.44	0.1895	0.8105	13.9923				71.5	14.7648	1.0552						
	1470	1.47	0.1934	0.8066	14.0608				71.5	14.7648	1.0501						

Waktu	Regangan				Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (20%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (20%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (20%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a} \cdot 10^3$ (cm)	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	$\frac{\epsilon}{\Delta L / L_0}$	Luas koreksi = $1 - \epsilon$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$			
1	2	3	4	5	6		10	11	12	16	17	18	22	23	24			
	1500	1.50	0.1974	0.8026	14.1300					72.5	14.9713	1.0595						
	1530	1.53	0.2013	0.7987	14.1998					73.0	15.0745	1.0616						
	1560	1.56	0.2053	0.7947	14.2703					74.0	15.2810	1.0708						
	1590	1.59	0.2092	0.7908	14.3416					75.5	15.5908	1.0871						
	1620	1.62	0.2132	0.7868	14.4135					75.5	15.5908	1.0817						
	1650	1.65	0.2171	0.7829	14.4862					75.5	15.5908	1.0763						
	1680	1.68	0.2211	0.7789	14.5596													
	1710	1.71	0.2250	0.7750	14.6337													
	1740	1.74	0.2289	0.7711	14.7087													
	1770	1.77	0.2329	0.7671	14.7843													
	1800	1.80	0.2368	0.7632	14.8608													
	1830	1.83	0.2408	0.7592	14.9381													
	1860	1.86	0.2447	0.7553	15.0162													
	1890	1.89	0.2487	0.7513	15.0951													
	1920	1.92	0.2526	0.7474	15.1748													
	1950	1.95	0.2566	0.7434	15.2554													
	1980	1.98	0.2605	0.7395	15.3368													
	2010	2.01	0.2645	0.7355	15.4191													
	2040	2.04	0.2684	0.7316	15.5023													
	2070	2.07	0.2724	0.7276	15.5864													
	2100	2.10	0.2763	0.7237	15.6714													
	2130	2.13	0.2803	0.7197	15.7574													
	2160	2.16	0.2842	0.7158	15.8443													
	2190	2.19	0.2882	0.7118	15.9321													
	2220	2.22	0.2921	0.7079	16.0210													

Waktu	Regangan		Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (100%)			Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (100%)			Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (100%)					
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a/10^3}$ (cm)	$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $1 - \frac{A_{\text{koreksi}}}{A_0}$	A=luas terkoreksi = $A_0 \{A_0/[5]\}$	Pemb. dial	Beban (kg)	P/A	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban (kg)	P/A	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
	0	0	0	1	11.3411	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	0.03	0.0039	0.9961	11.3861	9.0	1.8585	0.1632	26.0	5.3690	0.4715	5.0	1.0325	0.0907	0.0907	0.0907
	60	0.06	0.0079	0.9921	11.4314	18.0	3.7170	0.3252	34.0	7.0210	0.6142	8.0	1.6520	0.1445	0.1445	0.1445
	90	0.09	0.0118	0.9882	11.4771	25.0	5.1625	0.4498	39.0	8.0535	0.7017	19.0	3.9235	0.3419	0.3419	0.3419
	120	0.12	0.0158	0.9842	11.5231	28.0	5.7820	0.5018	41.5	8.5698	0.7437	25.0	5.1625	0.4480	0.4480	0.4480
	150	0.15	0.0197	0.9803	11.5695	31.0	6.4015	0.5533	43.0	8.8795	0.7675	37.0	7.6405	0.6604	0.6604	0.6604
	180	0.18	0.0237	0.9763	11.6163	33.0	6.8145	0.5866	45.5	9.3958	0.8088	42.0	8.6730	0.7466	0.7466	0.7466
	210	0.21	0.0276	0.9724	11.6634	34.0	7.0210	0.6020	48.0	9.9120	0.8498	47.5	9.8088	0.8410	0.8410	0.8410
	240	0.24	0.0316	0.9684	11.7110	34.5	7.1243	0.6083	52.0	10.7380	0.9169	52.0	10.7380	0.9169	0.9169	0.9169
	270	0.27	0.0355	0.9645	11.7589	36.0	7.4340	0.6322	55.5	11.4608	0.9746	53.0	10.9445	0.9307	0.9307	0.9307
	300	0.30	0.0395	0.9605	11.8072	37.5	7.7438	0.6558	57.5	11.8738	1.0056	55.0	11.3575	0.9619	0.9619	0.9619
	330	0.33	0.0434	0.9566	11.8559	39.5	8.1568	0.6880	59.0	12.1835	1.0276	57.0	11.7705	0.9928	0.9928	0.9928
	360	0.36	0.0474	0.9526	11.9051	41.0	8.4665	0.7112	61.0	12.5965	1.0581	61.0	12.5965	1.0581	1.0581	1.0581
	390	0.39	0.0513	0.9487	11.9546	42.0	8.6730	0.7255	61.5	12.6998	1.0623	65.0	13.4225	1.1228	1.1228	1.1228
	420	0.42	0.0553	0.9447	12.0046	43.0	8.8795	0.7397	63.0	13.0095	1.0837	69.0	14.2485	1.1869	1.1869	1.1869
	450	0.45	0.0592	0.9408	12.0549	44.0	9.0860	0.7537	65.0	13.4225	1.1134	70.5	14.5583	1.2077	1.2077	1.2077
	480	0.48	0.0632	0.9368	12.1057	44.5	9.1893	0.7591	67.5	13.9388	1.1514	71.5	14.7648	1.2197	1.2197	1.2197
	510	0.51	0.0671	0.9329	12.1569	45.5	9.3958	0.7729	70.0	14.4550	1.1890	72.5	14.9713	1.2315	1.2315	1.2315
	540	0.54	0.0711	0.9289	12.2086	47.0	9.7055	0.7950	71.0	14.6615	1.2009	73.5	15.1778	1.2432	1.2432	1.2432
	570	0.57	0.0750	0.9250	12.2607	48.5	10.0153	0.8169	72.0	14.8680	1.2127	75.0	15.4875	1.2632	1.2632	1.2632
	600	0.60	0.0789	0.9211	12.3132	50.0	10.3250	0.8385	72.5	14.9713	1.2159	79.5	16.4168	1.3333	1.3333	1.3333
	630	0.63	0.0829	0.9171	12.3662	50.5	10.4283	0.8433	73.5	15.1778	1.2274	81.5	16.8298	1.3609	1.3609	1.3609
	660	0.66	0.0868	0.9132	12.4197	51.0	10.5315	0.8480	74.0	15.2810	1.2304	83.5	17.2428	1.3883	1.3883	1.3883
	690	0.69	0.0908	0.9092	12.4736	51.5	10.6348	0.8526	76.5	15.7973	1.2665	85.0	17.5525	1.4072	1.4072	1.4072
	720	0.72	0.0947	0.9053	12.5280	52.0	10.7380	0.8571	78.5	16.2103	1.2939	86.0	17.7590	1.4175	1.4175	1.4175

Waktu (s)	Regangan		Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (100%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (100%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (100%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a/10^3}$ (cm)	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $1 - \frac{A_{kor}}{A_0}$	A=luas terkoreksi	Pemb. dial	Beban (kg)	P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb.d ial	Beban (kg)	P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb.d ial	Beban (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
	750	0.75	0.0987	0.9013	12.5829	52.5	10.8413	0.8616	80.0	16.5200	1.3129	86.5	17.8623	1.4196		
	780	0.78	0.1026	0.8974	12.6382	54.0	11.1510	0.8823	80.5	16.6233	1.3153	87.5	18.0688	1.4297		
	810	0.81	0.1066	0.8934	12.6941	55.0	11.3575	0.8947	81.5	16.8298	1.3258	90.0	18.5850	1.4641		
	840	0.84	0.1105	0.8895	12.7504	55.5	11.4608	0.8989	82.0	16.9330	1.3280	93.0	19.2045	1.5062		
	870	0.87	0.1145	0.8855	12.8072	56.0	11.5640	0.9029	82.0	16.9330	1.3221	95.0	19.6175	1.5318		
	900	0.90	0.1184	0.8816	12.8646	56.0	11.5640	0.8989	83.0	17.1395	1.3323	97.0	20.0305	1.5570		
	930	0.93	0.1224	0.8776	12.9224	56.5	11.6673	0.9029	84.5	17.4493	1.3503	97.5	20.1338	1.5580		
	960	0.96	0.1263	0.8737	12.9808	57.0	11.7705	0.9068	86.0	17.7590	1.3681	98.0	20.2370	1.5590		
	990	0.99	0.1303	0.8697	13.0397	58.0	11.9770	0.9185	87.0	17.9655	1.3777	98.5	20.3403	1.5599		
	1020	1.02	0.1342	0.8658	13.0992	59.0	12.1835	0.9301	87.5	18.0688	1.3794	99.5	20.5468	1.5685		
	1050	1.05	0.1382	0.8618	13.1592	59.5	12.2868	0.9337	87.5	18.0688	1.3731	102.5	21.1663	1.6085		
	1080	1.08	0.1421	0.8579	13.2197	60.0	12.3900	0.9372	88.5	18.2753	1.3824	104.5	21.5793	1.6323		
	1110	1.11	0.1461	0.8539	13.2809	60.5	12.4933	0.9407	89.0	18.3785	1.3838	105.0	21.6825	1.6326		
	1140	1.14	0.1500	0.8500	13.3425	61.0	12.5965	0.9441	90.0	18.5850	1.3929	106.0	21.8890	1.6405		
	1170	1.17	0.1539	0.8461	13.4048	61.5	12.6998	0.9474	91.0	18.7915	1.4019	107.0	22.0955	1.6483		
	1200	1.20	0.1579	0.8421	13.4676	62.0	12.8030	0.9507	92.0	18.9980	1.4106	107.5	22.1988	1.6483		
	1230	1.23	0.1618	0.8382	13.5310	63.0	13.0095	0.9615	92.5	19.1013	1.4117	108.0	22.3020	1.6482		
	1260	1.26	0.1658	0.8342	13.5951	63.5	13.1128	0.9645	92.5	19.1013	1.4050	109.0	22.5085	1.6556		
	1290	1.29	0.1697	0.8303	13.6597	64.0	13.2160	0.9675	92.5	19.1013	1.3984	111.0	22.9215	1.6780		
	1320	1.32	0.1737	0.8263	13.7250	64.0	13.2160	0.9629	92.5	19.1013	1.3917	112.0	23.1280	1.6851		
	1350	1.35	0.1776	0.8224	13.7908	64.0	13.2160	0.9583	94.0	19.4110	1.4075	112.0	23.1280	1.6771		
	1380	1.38	0.1816	0.8184	13.8574	64.5	13.3193	0.9612	95.0	19.6175	1.4157	113.5	23.4378	1.6914		
	1410	1.41	0.1855	0.8145	13.9245	65.0	13.4225	0.9639	96.0	19.8240	1.4237	114.0	23.5410	1.6906		
	1440	1.44	0.1895	0.8105	13.9923	66.0	13.6290	0.9740	96.0	19.8240	1.4168	114.5	23.6443	1.6898		
	1470	1.47	0.1934	0.8066	14.0608	66.5	13.7323	0.9766	97.0	20.0305	1.4246	115.0	23.7475	1.6889		

Waktu	Regangan		Luas Benda Uji			Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (100%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (100%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (100%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a/10^3}$ (cm)	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	$\frac{Luas}{Luas koreksi} = 1 - \frac{A \cdot \epsilon}{\{Ao/[5]\}}$	A=luas terkoreksi	Pemb. dial	Beban (kg)	$\frac{P}{A}$	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb. dial	Beban (kg)	$\frac{P}{A}$	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb. dial	Beban (kg)	$\frac{P}{A}$	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	11	12		13	14	15	
	1500	1.50	0.1974	0.8026	14.1300	67.0	13.8355	0.9792		97.0	20.0305	1.4176		116.5	24.0573	1.7026	
	1530	1.53	0.2013	0.7987	14.1998	67.5	13.9388	0.9816		97.0	20.0305	1.4106		117.0	24.1605	1.7015	
	1560	1.56	0.2053	0.7947	14.2703	67.5	13.9388	0.9768		97.0	20.0305	1.4036		118.0	24.3670	1.7075	
	1590	1.59	0.2092	0.7908	14.3416	68.0	14.0420	0.9791		98.0	20.2370	1.4111		118.5	24.4703	1.7062	
	1620	1.62	0.2132	0.7868	14.4135	68.5	14.1453	0.9814		99.0	20.4435	1.4184		119.0	24.5735	1.7049	
	1650	1.65	0.2171	0.7829	14.4862	69.0	14.2485	0.9836		99.5	20.5468	1.4184		119.0	24.5735	1.6963	
	1680	1.68	0.2211	0.7789	14.5596	70.0	14.4550	0.9928		100.0	20.6500	1.4183		119.5	24.6768	1.6949	
	1710	1.71	0.2250	0.7750	14.6337	70.5	14.5583	0.9948		100.0	20.6500	1.4111		120.0	24.7800	1.6933	
	1740	1.74	0.2289	0.7711	14.7087	71.0	14.6615	0.9968		100.0	20.6500	1.4039		120.5	24.8833	1.6917	
	1770	1.77	0.2329	0.7671	14.7843	71.0	14.6615	0.9917		100.5	20.7533	1.4037		120.5	24.8833	1.6831	
	1800	1.80	0.2368	0.7632	14.8608	71.5	14.7648	0.9935		100.5	20.7533	1.3965		121.0	24.9865	1.6814	
	1830	1.83	0.2408	0.7592	14.9381	71.5	14.7648	0.9884		100.5	20.7533	1.3893		121.0	24.9865	1.6727	
	1860	1.86	0.2447	0.7553	15.0162	72.0	14.8680	0.9901		100.5	20.7533	1.3821		121.5	25.0898	1.6709	
	1890	1.89	0.2487	0.7513	15.0951	72.0	14.8680	0.9850		102.0	21.0630	1.3954		122.0	25.1930	1.6690	
	1920	1.92	0.2526	0.7474	15.1748	72.5	14.9713	0.9866		102.0	21.0630	1.3880		122.0	25.1930	1.6602	
	1950	1.95	0.2566	0.7434	15.2554	72.5	14.9713	0.9814		102.0	21.0630	1.3807		122.5	25.2963	1.6582	
	1980	1.98	0.2605	0.7395	15.3368	72.5	14.9713	0.9762		102.0	21.0630	1.3734		122.5	25.2963	1.6494	
	2010	2.01	0.2645	0.7355	15.4191	73.0	15.0745	0.9777		102.5	21.1663	1.3727		123.0	25.3995	1.6473	
	2040	2.04	0.2684	0.7316	15.5023	73.0	15.0745	0.9724		103.0	21.2695	1.3720		123.0	25.3995	1.6384	
	2070	2.07	0.2724	0.7276	15.5864	73.0	15.0745	0.9672		104.0	21.4760	1.3779		123.0	25.3995	1.6296	
	2100	2.10	0.2763	0.7237	15.6714	73.0	15.0745	0.9619		104.5	21.5793	1.3770		123.0	25.3995	1.6208	
	2130	2.13	0.2803	0.7197	15.7574	74.0	15.2810	0.9698		105.0	21.6825	1.3760		123.0	25.3995	1.6119	
	2160	2.16	0.2842	0.7158	15.8443	74.5	15.3843	0.9710		105.0	21.6825	1.3685		123.5	25.5028	1.6096	
	2190	2.19	0.2882	0.7118	15.9321	74.5	15.3843	0.9656		105.0	21.6825	1.3609		125.0	25.8125	1.6202	
	2220	2.22	0.2921	0.7079	16.0210	75.0	15.4875	0.9667		105.0	21.6825	1.3534		125.0	25.8125	1.6112	

Waktu	Regangan			Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (100%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (100%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (100%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a/10^3}$ (cm)	$\frac{\Delta L}{L_0} = \frac{\epsilon}{\Delta L/L_0}$	Luas koreksi = $1 - \frac{\epsilon}{\Delta L/L_0}$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
	2250	2.25	0.2961	0.7039	16.1108	75.0	15.4875	0.9613	105.5	21.7858	1.3522	125.0	25.8125	1.6022			
	2280	2.28	0.3000	0.7000	16.2016	75.0	15.4875	0.9559	106.5	21.9923	1.3574	125.0	25.8125	1.5932			
	2310	2.31	0.3039	0.6961	16.2935	75.0	15.4875	0.9505	107.0	22.0955	1.3561	125.0	25.8125	1.5842			
	2340	2.34	0.3079	0.6921	16.3865	75.5	15.5908	0.9514	107.0	22.0955	1.3484	125.5	25.9158	1.5815			
	2370	2.37	0.3118	0.6882	16.4804	76.0	15.6940	0.9523	107.0	22.0955	1.3407	126.0	26.0190	1.5788			
	2400	2.40	0.3158	0.6842	16.5755	76.5	15.7973	0.9530				126.5	26.1223	1.5760			
	2430	2.43	0.3197	0.6803	16.6717	77.0	15.9005	0.9537				127.5	26.3288	1.5792			
	2460	2.46	0.3237	0.6763	16.7690	77.0	15.9005	0.9482				128.0	26.4320	1.5762			
	2490	2.49	0.3276	0.6724	16.8675	77.5	16.0038	0.9488				129.0	26.6385	1.5793			
	2520	2.52	0.3316	0.6684	16.9671	77.5	16.0038	0.9432				129.0	26.6385	1.5700			
	2550	2.55	0.3355	0.6645	17.0679	78.0	16.1070	0.9437				129.0	26.6385	1.5607			
	2580	2.58	0.3395	0.6605	17.1699	79.0	16.3135	0.9501				130.0	26.8450	1.5635			
	2610	2.61	0.3434	0.6566	17.2731	80.0	16.5200	0.9564				130.0	26.8450	1.5542			
	2640	2.64	0.3474	0.6526	17.3776	80.0	16.5200	0.9507				132.5	27.3613	1.5745			
	2670	2.67	0.3513	0.6487	17.4833	80.0	16.5200	0.9449				134.0	27.6710	1.5827			
	2700	2.70	0.3553	0.6447	17.5904	80.0	16.5200	0.9392				134.5	27.7743	1.5789			
	2730	2.73	0.3592	0.6408	17.6987	80.0	16.5200	0.9334				135.0	27.8775	1.5751			
	2760	2.76	0.3632	0.6368	17.8084	80.0	16.5200	0.9277				136.0	28.0840	1.5770			
	2790	2.79	0.3671	0.6329	17.9195	80.5	16.6233	0.9277				137.0	28.2905	1.5788			
	2820	2.82	0.3711	0.6289	18.0320							137.5	28.3938	1.5746			
	2850	2.85	0.3750	0.6250	18.1458							137.5	28.3938	1.5648			
	2880	2.88	0.3789	0.6211	18.2612							140.0	28.9100	1.5831			
	2910	2.91	0.3829	0.6171	18.3780												
	2940	2.94	0.3868	0.6132	18.4963												
	2970	2.97	0.3908	0.6092	18.6161												

Materi	Regangan			Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (0%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (0%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (0%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a} \times 10^3$ (cm)	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $1 - \epsilon$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban (kg)	Beban P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban (kg)	Beban P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban (kg)	Beban P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	13	14	15	19	20	21			
	0	0	0	1	11.3411	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	30	0.03	0.0039	0.9961	11.3861	8.0	1.6520	0.1451	17.0	3.5105	0.3083	11.0	2.2715	0.1995			
	60	0.06	0.0079	0.9921	11.4314	13.0	2.6845	0.2348	26.0	5.3690	0.4697	16.0	3.3040	0.2890			
	90	0.09	0.0118	0.9882	11.4771	19.0	3.9235	0.3419	34.0	7.0210	0.6117	19.0	3.9235	0.3419			
	120	0.12	0.0158	0.9842	11.5231	23.0	4.7495	0.4122	38.0	7.8470	0.6810	25.0	5.1625	0.4480			
	150	0.15	0.0197	0.9803	11.5695	32.0	6.6080	0.5712	41.0	8.4665	0.7318	32.0	6.6080	0.5712			
	180	0.18	0.0237	0.9763	11.6163	37.0	7.6405	0.6577	43.0	8.8795	0.7644	36.0	7.4340	0.6400			
	210	0.21	0.0276	0.9724	11.6634	42.0	8.6730	0.7436	45.0	9.2925	0.7967	39.0	8.0535	0.6905			
	240	0.24	0.0316	0.9684	11.7110	44.5	9.1893	0.7847	47.0	9.7055	0.8288	41.5	8.5698	0.7318			
	270	0.27	0.0355	0.9645	11.7589	46.0	9.4990	0.8078	49.0	10.1185	0.8605	43.0	8.8795	0.7551			
	300	0.30	0.0395	0.9605	11.8072	48.0	9.9120	0.8395	50.5	10.4283	0.8832	44.0	9.0860	0.7695			
	330	0.33	0.0434	0.9566	11.8559	49.0	10.1185	0.8535	51.0	10.5315	0.8883	45.0	9.2925	0.7838			
	360	0.36	0.0474	0.9526	11.9051	49.0	10.1185	0.8499	51.0	10.5315	0.8846	46.5	9.6023	0.8066			
	390	0.39	0.0513	0.9487	11.9546	49.0	10.1185	0.8464	51.0	10.5315	0.8810	48.0	9.9120	0.8291			
	420	0.42	0.0553	0.9447	12.0046	50.0	10.3250	0.8601	52.0	10.7380	0.8945	48.5	10.0153	0.8343			
	450	0.45	0.0592	0.9408	12.0549	52.0	10.7380	0.8908	53.5	11.0478	0.9165	49.0	10.1185	0.8394			
	480	0.48	0.0632	0.9368	12.1057	53.0	10.9445	0.9041	55.0	11.3575	0.9382	49.5	10.2218	0.8444			
	510	0.51	0.0671	0.9329	12.1569	54.0	11.1510	0.9173	56.0	11.5640	0.9512	50.0	10.3250	0.8493			
	540	0.54	0.0711	0.9289	12.2086	55.0	11.3575	0.9303	56.5	11.6673	0.9557	50.5	10.4283	0.8542			
	570	0.57	0.0750	0.9250	12.2607	55.0	11.3575	0.9263	56.5	11.6673	0.9516	51.0	10.5315	0.8590			
	600	0.60	0.0789	0.9211	12.3132	55.0	11.3575	0.9224	56.5	11.6673	0.9475	52.0	10.7380	0.8721			
	630	0.63	0.0829	0.9171	12.3662	55.0	11.3575	0.9184	56.5	11.6673	0.9435	52.0	10.7380	0.8683			
	660	0.66	0.0868	0.9132	12.4197	56.0	11.5640	0.9311	57.0	11.7705	0.9477	52.0	10.7380	0.8646			
	690	0.69	0.0908	0.9092	12.4736	57.0	11.7705	0.9436	59.0	12.1835	0.9767	62.0	12.8030	1.0264			
	720	0.72	0.0947	0.9053	12.5280	58.0	11.9770	0.9560	60.0	12.3900	0.9890	62.5	12.9063	1.0302			

Waktu	Regangan		Luas Benda Uji			Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (0%)			Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (0%)			Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (0%)		
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a} \cdot 10^3$ (cm)	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $1 - \epsilon$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban (kg)	P $\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	13	14	15	19	20	21
	750	0.75	0.0987	0.9013	12.5829	59.0	12.1835	0.9683	61.0	12.5965	1.0011	63.5	13.1128	1.0421
	780	0.78	0.1026	0.8974	12.6382	59.0	12.1835	0.9640	61.0	12.5965	0.9967	63.5	13.1128	1.0375
	810	0.81	0.1066	0.8934	12.6941	59.0	12.1835	0.9598	61.0	12.5965	0.9923	63.5	13.1128	1.0330
	840	0.84	0.1105	0.8895	12.7504	59.0	12.1835	0.9555	61.0	12.5965	0.9879	63.5	13.1128	1.0284
	870	0.87	0.1145	0.8855	12.8072	59.0	12.1835	0.9513	61.0	12.5965	0.9835	64.0	13.2160	1.0319
	900	0.90	0.1184	0.8816	12.8646	60.0	12.3900	0.9631	62.0	12.8030	0.9952	64.0	13.2160	1.0273
	930	0.93	0.1224	0.8776	12.9224	61.0	12.5965	0.9748	63.5	13.1128	1.0147	65.0	13.4225	1.0387
	960	0.96	0.1263	0.8737	12.9808	62.0	12.8030	0.9863	64.0	13.2160	1.0181	66.0	13.6290	1.0499
	990	0.99	0.1303	0.8697	13.0397	62.5	12.9063	0.9898	64.5	13.3193	1.0214	66.5	13.7323	1.0531
	1020	1.02	0.1342	0.8658	13.0992	62.5	12.9063	0.9853	64.5	13.3193	1.0168	66.5	13.7323	1.0483
	1050	1.05	0.1382	0.8618	13.1592	62.5	12.9063	0.9808	64.5	13.3193	1.0122	66.5	13.7323	1.0435
	1080	1.08	0.1421	0.8579	13.2197	62.5	12.9063	0.9763	64.5	13.3193	1.0075			
	1110	1.11	0.1461	0.8539	13.2809	63.5	13.1128	0.9873	64.5	13.3193	1.0029			
	1140	1.14	0.1500	0.8500	13.3425	64.5	13.3193	0.9983	66.0	13.6290	1.0215			
	1170	1.17	0.1539	0.8461	13.4048	66.0	13.6290	1.0167	67.0	13.8355	1.0321			
	1200	1.20	0.1579	0.8421	13.4676	66.0	13.6290	1.0120	68.0	14.0420	1.0426			
	1230	1.23	0.1618	0.8382	13.5310	66.0	13.6290	1.0072	68.0	14.0420	1.0378			
	1260	1.26	0.1658	0.8342	13.5951	66.0	13.6290	1.0025						
	1290	1.29	0.1697	0.8303	13.6597	66.0	13.6290	0.9978						
	1320	1.32	0.1737	0.8263	13.7250	66.0	13.6290	0.9930						
	1350	1.35	0.1776	0.8224	13.7908									
	1380	1.38	0.1816	0.8184	13.8574									
	1410	1.41	0.1855	0.8145	13.9245									
	1440	1.44	0.1895	0.8105	13.9923									
	1470	1.47	0.1934	0.8066	14.0608									

Waktu	Regangan		Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (8%)			Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (8%)			Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (8%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{L} = \frac{\epsilon}{\Delta L / L_0}$	Luas koreksi = $1 - \epsilon$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	
1	2	3	4	5	6	10	11	12	16	17	18	22	23	24
	0	0	0	1	11.341	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	0.03	0.0039	0.9961	11.3861	31.0	6.4015	0.5622	6.0	1.2390	0.1088	29.0	5.9885	0.5259
	60	0.06	0.0079	0.9921	11.4314	36.0	7.4340	0.6503	19.0	3.9235	0.3432	37.0	7.6405	0.6684
	90	0.09	0.0118	0.9882	11.4771	40.0	8.2600	0.7197	32.0	6.6080	0.5758	40.0	8.2600	0.7197
	120	0.12	0.0158	0.9842	11.5231	44.5	9.1893	0.7975	47.0	9.7055	0.8423	42.5	8.7763	0.7616
	150	0.15	0.0197	0.9803	11.5695	47.5	9.8088	0.8478	60.0	12.3900	1.0709	44.5	9.1893	0.7943
	180	0.18	0.0237	0.9763	11.6163	49.0	10.1185	0.8711	63.5	13.1128	1.1288	48.0	9.9120	0.8533
	210	0.21	0.0276	0.9724	11.6634	51.0	10.5315	0.9030	65.0	13.4225	1.1508	51.0	10.5315	0.9030
	240	0.24	0.0316	0.9684	11.7110	52.0	10.7380	0.9169	66.0	13.6290	1.1638	53.0	10.9445	0.9346
	270	0.27	0.0355	0.9645	11.7589	53.0	10.9445	0.9307	66.0	13.6290	1.1590	54.0	11.1510	0.9483
	300	0.30	0.0395	0.9605	11.8072	54.0	11.1510	0.9444	66.5	13.7323	1.1630	55.5	11.4608	0.9707
	330	0.33	0.0434	0.9566	11.8559	55.0	11.3575	0.9580	67.5	13.9388	1.1757	56.0	11.5640	0.9754
	360	0.36	0.0474	0.9526	11.9051	56.5	11.6673	0.9800	69.5	14.3518	1.2055	57.5	11.8738	0.9974
	390	0.39	0.0513	0.9487	11.9546	58.0	11.9770	1.0019	70.5	14.5583	1.2178	59.0	12.1835	1.0191
	420	0.42	0.0553	0.9447	12.0046	60.0	12.3900	1.0321	71.5	14.7648	1.2299	62.0	12.8030	1.0665
	450	0.45	0.0592	0.9408	12.0549	61.0	12.5965	1.0449	72.0	14.8680	1.2334	63.5	13.1128	1.0878
	480	0.48	0.0632	0.9368	12.1057	61.5	12.6998	1.0491	72.0	14.8680	1.2282	65.0	13.4225	1.1088
	510	0.51	0.0671	0.9329	12.1569	61.5	12.6998	1.0446	72.0	14.8680	1.2230	65.5	13.5258	1.1126
	540	0.54	0.0711	0.9289	12.2086	62.0	12.8030	1.0487	72.5	14.9713	1.2263	66.5	13.7323	1.1248
	570	0.57	0.0750	0.9250	12.2607	63.0	13.0095	1.0611	73.5	15.1778	1.2379	67.0	13.8355	1.1284
	600	0.60	0.0789	0.9211	12.3132	64.5	13.3193	1.0817	76.0	15.6940	1.2746	68.0	14.0420	1.1404
	630	0.63	0.0829	0.9171	12.3662	65.5	13.5258	1.0938	76.5	15.7973	1.2774	70.0	14.4550	1.1689
	660	0.66	0.0868	0.9132	12.4197	66.5	13.7323	1.1057	77.0	15.9005	1.2803	71.5	14.7648	1.1888
	690	0.69	0.0908	0.9092	12.4736	67.0	13.8355	1.1092	77.0	15.9005	1.2747	72.5	14.9713	1.2002
	720	0.72	0.0947	0.9053	12.5280	67.5	13.9388	1.1126	77.5	16.0038	1.2774	73.5	15.1778	1.2115

Waktu	Regangan		Luas Benda Uji			Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (8%)			Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (8%)			Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (8%)		
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a/10^3}$ (cm)	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $1 - \epsilon$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$
1	2	3	4	5	6	10	11	12	16	17	18	22	23	24
	750	0.75	0.0987	0.9013	12.5929	68.0	14.0420	1.1160	77.5	16.0038	1.2719	74.0	15.2810	1.2144
	780	0.78	0.1026	0.8974	12.6382	68.5	14.1453	1.1192	77.5	16.0038	1.2663	74.5	15.3843	1.2173
	810	0.81	0.1066	0.8934	12.6941	69.0	14.2485	1.1225	79.0	16.3135	1.2851	75.0	15.4875	1.2201
	840	0.84	0.1105	0.8895	12.7504	69.5	14.3518	1.1256	79.5	16.4168	1.2875	76.0	15.6940	1.2309
	870	0.87	0.1145	0.8855	12.8072	70.5	14.5583	1.1367	79.5	16.4168	1.2818	78.0	16.1070	1.2576
	900	0.90	0.1184	0.8816	12.8646	70.5	14.5583	1.1317	80.0	16.5200	1.2841	79.0	16.3135	1.2681
	930	0.93	0.1224	0.8776	12.9224	71.0	14.6615	1.1346	80.0	16.5200	1.2784	79.5	16.4168	1.2704
	960	0.96	0.1263	0.8737	12.9808	71.5	14.7648	1.1374	80.0	16.5200	1.2726	80.0	16.5200	1.2726
	990	0.99	0.1303	0.8697	13.0397	72.0	14.8680	1.1402	80.0	16.5200	1.2669	80.5	16.6233	1.2748
	1020	1.02	0.1342	0.8658	13.0992	72.5	14.9713	1.1429	80.5	16.6233	1.2690	81.0	16.7265	1.2769
	1050	1.05	0.1382	0.8618	13.1592	73.5	15.1778	1.1534	81.5	16.8298	1.2789	81.5	16.8298	1.2789
	1080	1.08	0.1421	0.8579	13.2197	74.0	15.2810	1.1559	81.5	16.8298	1.2731	83.5	17.2428	1.3043
	1110	1.11	0.1461	0.8539	13.2809	74.5	15.3843	1.1584	81.5	16.8298	1.2672	84.0	17.3460	1.3061
	1140	1.14	0.1500	0.8500	13.3425	74.5	15.3843	1.1530	81.5	16.8298	1.2614	85.0	17.5525	1.3155
	1170	1.17	0.1539	0.8461	13.4048	74.5	15.3843	1.1477	81.5	16.8298	1.2555	85.0	17.5525	1.3094
	1200	1.20	0.1579	0.8421	13.4676	74.5	15.3843	1.1423	81.5	16.8298	1.2496	85.5	17.6558	1.3110
	1230	1.23	0.1618	0.8382	13.5310	74.5	15.3843	1.1370	81.5	16.8298	1.2438	85.5	17.6558	1.3048
	1260	1.26	0.1658	0.8342	13.5951				82.5	17.0363	1.2531	86.0	17.7590	1.3063
	1290	1.29	0.1697	0.8303	13.6597				82.5	17.0363	1.2472	87.5	18.0688	1.3228
	1320	1.32	0.1737	0.8263	13.7250				82.5	17.0363	1.2413	88.5	18.2753	1.3315
	1350	1.35	0.1776	0.8224	13.7908				82.5	17.0363	1.2353	88.5	18.2753	1.3252
	1380	1.38	0.1816	0.8184	13.8574				82.5	17.0363	1.2294	89.0	18.3785	1.3263
	1410	1.41	0.1855	0.8145	13.9245				82.5	17.0363	1.2235	89.5	18.4818	1.3273
	1440	1.44	0.1895	0.8105	13.9923							89.5	18.4818	1.3208
	1470	1.47	0.1934	0.8066	14.0608							89.5	18.4818	1.3144

Waktu	Regangan			Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (8%)			Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (8%)			Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (8%)		
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a} \cdot 10^3$ (cm)	$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $1 - \varepsilon$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$
1	2	3	4	5	6	10	11	12	16	17	18	22	23	24
	1500	1.50	0.1974	0.8026	14.1300							90.5	18.6883	1.3226
	1530	1.53	0.2013	0.7987	14.1998							91.5	18.8948	1.3306
	1560	1.56	0.2053	0.7947	14.2703							92.0	18.9980	1.3313
	1590	1.59	0.2092	0.7908	14.3416							92.0	18.9980	1.3247
	1620	1.62	0.2132	0.7868	14.4135							92.0	18.9980	1.3181
	1650	1.65	0.2171	0.7829	14.4862							92.0	18.9980	1.3115
	1680	1.68	0.2211	0.7789	14.5596							92.0	18.9980	1.3048
	1710	1.71	0.2250	0.7750	14.6337							92.0	18.9980	1.2982
	1740	1.74	0.2289	0.7711	14.7087									
	1770	1.77	0.2329	0.7671	14.7843									
	1800	1.80	0.2368	0.7632	14.8608									
	1830	1.83	0.2408	0.7592	14.9381									
	1860	1.86	0.2447	0.7553	15.0162									
	1890	1.89	0.2487	0.7513	15.0951									
	1920	1.92	0.2526	0.7474	15.1748									
	1950	1.95	0.2566	0.7434	15.2554									

Waktu I (dt)	Regangan			Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (12%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (12%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (12%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{L_0}$	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = 1 - ϵ	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A
1	2	3	4	5	6	7	8	9	13	14	15	19	20	21			
	0	0	0	1	11.3411	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	30	0.03	0.0039	0.9961	11.3861	10.0	2.0650	0.1814	24.0	4.9560	0.4353	18.0	3.7170	0.3265			
	60	0.06	0.0079	0.9921	11.4314	15.0	3.0975	0.2710	32.0	6.6080	0.5781	37.0	7.6405	0.6684			
	90	0.09	0.0118	0.9882	11.4771	25.0	5.1625	0.4498	36.0	7.4340	0.6477	51.5	10.6348	0.9266			
	120	0.12	0.0158	0.9842	11.5231	31.0	6.4015	0.5555	37.5	7.7438	0.6720	56.0	11.5640	1.0035			
	150	0.15	0.0197	0.9803	11.5695	33.5	6.9178	0.5979	37.5	7.7438	0.6693	58.5	12.0803	1.0441			
	180	0.18	0.0237	0.9763	11.6163	35.0	7.2275	0.6222	40.0	8.2600	0.7111	61.0	12.5965	1.0844			
	210	0.21	0.0276	0.9724	11.6634	35.5	7.3308	0.6285	45.0	9.2925	0.7967	63.0	13.0095	1.1154			
	240	0.24	0.0316	0.9684	11.7110	36.0	7.4340	0.6348	46.0	9.4990	0.8111	64.5	13.3193	1.1373			
	270	0.27	0.0355	0.9645	11.7589	38.0	7.8470	0.6673	48.0	9.9120	0.8429	66.5	13.7323	1.1678			
	300	0.30	0.0395	0.9605	11.8072	38.5	7.9503	0.6733	49.5	10.2218	0.8657	69.0	14.2485	1.2068			
	330	0.33	0.0434	0.9566	11.8559	38.5	7.9503	0.6706	50.0	10.3250	0.8709	71.0	14.6615	1.2366			
	360	0.36	0.0474	0.9526	11.9051	40.5	8.3633	0.7025	51.0	10.5315	0.8846	72.0	14.8680	1.2489			
	390	0.39	0.0513	0.9487	11.9546	42.0	8.6730	0.7255	52.0	10.7380	0.8982	73.0	15.0745	1.2610			
	420	0.42	0.0553	0.9447	12.0046	43.0	8.8795	0.7397	53.5	11.0478	0.9203	73.5	15.1778	1.2643			
	450	0.45	0.0592	0.9408	12.0549	44.0	9.0860	0.7537	55.0	11.3575	0.9421	74.0	15.2810	1.2676			
	480	0.48	0.0632	0.9368	12.1057	45.0	9.2925	0.7676	56.0	11.5640	0.9553	75.0	15.4875	1.2794			
	510	0.51	0.0671	0.9329	12.1569	45.0	9.2925	0.7644	57.0	11.7705	0.9682	76.5	15.7973	1.2994			
	540	0.54	0.0711	0.9289	12.2086	45.5	9.3958	0.7696	58.0	11.9770	0.9810	77.5	16.0038	1.3109			
	570	0.57	0.0750	0.9250	12.2607	47.0	9.7055	0.7916	58.5	12.0803	0.9853	78.0	16.1070	1.3137			
	600	0.60	0.0789	0.9211	12.3132	48.0	9.9120	0.8050	59.0	12.1835	0.9895	78.5	16.2103	1.3165			
	630	0.63	0.0829	0.9171	12.3662	49.0	10.1185	0.8182	59.5	12.2868	0.9936	79.0	16.3135	1.3192			
	660	0.66	0.0868	0.9132	12.4197	50.0	10.3250	0.8313	60.5	12.4933	1.0059	80.0	16.5200	1.3301			
	690	0.69	0.0908	0.9092	12.4736	50.5	10.4283	0.8360	61.5	12.6998	1.0181	80.0	16.5200	1.3244			
	720	0.72	0.0947	0.9053	12.5280	51.0	10.5315	0.8406	62.5	12.9063	1.0302	81.0	16.7265	1.3351			

Waktu	Regangan			Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (12%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (12%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (12%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a/10^3}$ (cm)	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $1 - \epsilon$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	13	14	15	19	20	21			
	750	0.75	0.0987	0.9013	12.5829	51.5	10.6348	0.8452	63.0	13.0095	1.0339	82.0	16.9330	1.3457			
	780	0.78	0.1026	0.8974	12.6382	52.5	10.8413	0.8578	63.5	13.1128	1.0375	83.0	17.1395	1.3562			
	810	0.81	0.1066	0.8934	12.6941	53.5	11.0478	0.8703	64.0	13.2160	1.0411	83.5	17.2428	1.3583			
	840	0.84	0.1105	0.8895	12.7504	54.5	11.2543	0.8827	64.5	13.3193	1.0446	84.0	17.3460	1.3604			
	870	0.87	0.1145	0.8855	12.8072	55.0	11.3575	0.8868	65.0	13.4225	1.0480	84.5	17.4493	1.3625			
	900	0.90	0.1184	0.8816	12.8646	55.5	11.4608	0.8909	66.0	13.6290	1.0594	85.0	17.5525	1.3644			
	930	0.93	0.1224	0.8776	12.9224	56.0	11.5640	0.8949	67.0	13.8355	1.0707	86.0	17.7590	1.3743			
	960	0.96	0.1263	0.8737	12.9808	56.5	11.6673	0.8988	67.5	13.9388	1.0738	87.0	17.9655	1.3840			
	990	0.99	0.1303	0.8697	13.0397	57.0	11.7705	0.9027	68.0	14.0420	1.0769	88.0	18.1720	1.3936			
	1020	1.02	0.1342	0.8658	13.0992	58.5	12.0803	0.9222	68.5	14.1453	1.0799	88.5	18.2753	1.3951			
	1050	1.05	0.1382	0.8618	13.1592	59.5	12.2868	0.9337	69.0	14.2485	1.0828	89.0	18.3785	1.3966			
	1080	1.08	0.1421	0.8579	13.2197	60.0	12.3900	0.9372	69.0	14.2485	1.0778	89.0	18.3785	1.3902			
	1110	1.11	0.1461	0.8539	13.2809	60.5	12.4933	0.9407	70.0	14.4550	1.0884	89.5	18.4818	1.3916			
	1140	1.14	0.1500	0.8500	13.3425	61.0	12.5965	0.9441	71.0	14.6615	1.0989	90.0	18.5850	1.3929			
	1170	1.17	0.1539	0.8461	13.4048	61.5	12.6998	0.9474	72.0	14.8680	1.1092	91.0	18.7915	1.4019			
	1200	1.20	0.1579	0.8421	13.4676	62.0	12.8030	0.9507	72.0	14.8680	1.1040	92.0	18.9980	1.4106			
	1230	1.23	0.1618	0.8382	13.5310	63.0	13.0095	0.9615	72.0	14.8680	1.0988	92.5	19.1013	1.4117			
	1260	1.26	0.1658	0.8342	13.5951	63.5	13.1128	0.9645	73.0	15.0745	1.1088	93.0	19.2045	1.4126			
	1290	1.29	0.1697	0.8303	13.6597	64.5	13.3193	0.9751	73.5	15.1778	1.1111	93.5	19.3078	1.4135			
	1320	1.32	0.1737	0.8263	13.7250	65.0	13.4225	0.9780	74.5	15.3843	1.1209	94.0	19.4110	1.4143			
	1350	1.35	0.1776	0.8224	13.7908	65.5	13.5258	0.9808	75.5	15.5908	1.1305	94.0	19.4110	1.4075			
	1380	1.38	0.1816	0.8184	13.8574	66.0	13.6290	0.9835	76.0	15.6940	1.1325	95.0	19.6175	1.4157			
	1410	1.41	0.1855	0.8145	13.9245	66.5	13.7323	0.9862	76.5	15.7973	1.1345	96.0	19.8240	1.4237			
	1440	1.44	0.1895	0.8105	13.9923	67.0	13.8355	0.9888	77.0	15.9005	1.1364	96.5	19.9273	1.4242			
	1470	1.47	0.1934	0.8066	14.0608	68.0	14.0420	0.9987	77.5	16.0038	1.1382	97.0	20.0305	1.4246			

Waktu	Regangan			Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (12%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (12%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (12%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{L_0} = \frac{\epsilon}{\Delta L/L_0}$	$\frac{a}{10^3}$ (cm)	Luas koreksi = $1 - \epsilon$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	13	14	15	19	20	21			
	1500	1.50	0.1974	0.8026	14.1300	69.0	14.2485	1.0084	78.0	16.1070	1.1399	97.5	20.1338	1.4249			
	1530	1.53	0.2013	0.7987	14.1998	69.5	14.3518	1.0107	79.0	16.3135	1.1489	97.5	20.1338	1.4179			
	1560	1.56	0.2053	0.7947	14.2703	70.0	14.4550	1.0129	80.0	16.5200	1.1576	98.0	20.2370	1.4181			
	1590	1.59	0.2092	0.7908	14.3416	70.5	14.5583	1.0151	81.5	16.8298	1.1735	98.0	20.2370	1.4111			
	1620	1.62	0.2132	0.7868	14.4135	71.0	14.6615	1.0172	82.0	16.9330	1.1748	99.5	20.5468	1.4255			
	1650	1.65	0.2171	0.7829	14.4862	71.5	14.7648	1.0192	82.0	16.9330	1.1689	99.5	20.5468	1.4184			
	1680	1.68	0.2211	0.7789	14.5596	73.0	15.0745	1.0354	82.5	17.0363	1.1701	100.0	20.6500	1.4183			
	1710	1.71	0.2250	0.7750	14.6337	74.0	15.2810	1.0442	83.0	17.1395	1.1712	101.0	20.8565	1.4252			
	1740	1.74	0.2289	0.7711	14.7087	74.5	15.3843	1.0459	83.5	17.2428	1.1723	101.0	20.8565	1.4180			
	1770	1.77	0.2329	0.7671	14.7843	74.5	15.3843	1.0406	86.5	17.8623	1.2082	101.0	20.8565	1.4107			
	1800	1.80	0.2368	0.7632	14.8608	75.0	15.4875	1.0422	87.5	18.0688	1.2159	101.5	20.9598	1.4104			
	1830	1.83	0.2408	0.7592	14.9381	75.5	15.5908	1.0437	88.5	18.2753	1.2234	102.0	21.0630	1.4100			
	1860	1.86	0.2447	0.7553	15.0162	76.0	15.6940	1.0451	88.5	18.2753	1.2170	103.5	21.3728	1.4233			
	1890	1.89	0.2487	0.7513	15.0951	77.0	15.9005	1.0534	88.5	18.2753	1.2107	103.5	21.3728	1.4159			
	1920	1.92	0.2526	0.7474	15.1748	79.0	16.3135	1.0750	89.0	18.3785	1.2111	104.0	21.4760	1.4152			
	1950	1.95	0.2566	0.7434	15.2554	80.0	16.5200	1.0829	89.5	18.4818	1.2115	104.0	21.4760	1.4078			
	1980	1.98	0.2605	0.7395	15.3368	80.0	16.5200	1.0771	91.5	18.8948	1.2320	104.0	21.4760	1.4003			
	2010	2.01	0.2645	0.7355	15.4191	80.5	16.6233	1.0781	92.5	19.1013	1.2388	104.5	21.5793	1.3995			
	2040	2.04	0.2684	0.7316	15.5023	81.0	16.7265	1.0790	92.5	19.1013	1.2322	105.0	21.6825	1.3987			
	2070	2.07	0.2724	0.7276	15.5864	81.5	16.8298	1.0798	93.0	19.2045	1.2321	106.0	21.8890	1.4044			
	2100	2.10	0.2763	0.7237	15.6714	82.0	16.9330	1.0805	94.0	19.4110	1.2386	107.0	22.0955	1.4099			
	2130	2.13	0.2803	0.7197	15.7574	84.5	17.4493	1.1074	94.5	19.5143	1.2384	107.0	22.0955	1.4022			
	2160	2.16	0.2842	0.7158	15.8443	85.5	17.6558	1.1143	95.0	19.6175	1.2381	107.0	22.0955	1.3945			
	2190	2.19	0.2882	0.7118	15.9321	86.0	17.7590	1.1147	95.0	19.6175	1.2313	107.5	22.1988	1.3933			
	2220	2.22	0.2921	0.7079	16.0210	86.5	17.8623	1.1149	97.5	20.1338	1.2567	107.5	22.1988	1.3856			

Waktu	Regangan		Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (12%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (12%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (12%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{L_0} = \epsilon$	Luas koreksi 1 - ϵ	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	13	14	15	19	20	21		
	2250	2.25	0.2961	0.7039	16.1108	87.0	17.9655	1.1151	98.5	20.3403	1.2625	108.0	22.3020			
	2280	2.28	0.3000	0.7000	16.2016	87.5	18.0688	1.1152	99.0	20.4435	1.2618	110.0	22.7150			1.3843
	2310	2.31	0.3039	0.6961	16.2935	88.0	18.1720	1.1153	99.0	20.4435	1.2547	110.0	22.7150			1.4020
	2340	2.34	0.3079	0.6921	16.3865	89.0	18.3785	1.1216	99.5	20.5468	1.2539	110.0	22.7150			1.3941
	2370	2.37	0.3118	0.6882	16.4804	91.5	18.8948	1.1465	99.5	20.5468	1.2467	110.0	22.7150			1.3862
	2400	2.40	0.3158	0.6842	16.5755	92.0	18.9980	1.1461	100.0	20.6500	1.2458	110.5	22.8183			1.3783
	2430	2.43	0.3197	0.6803	16.6717	92.5	19.1013	1.1457	103.0	21.2695	1.2758	111.0	22.9215			1.3766
	2460	2.46	0.3237	0.6763	16.7690	93.0	19.2045	1.1452	104.5	21.5793	1.2869	111.0	22.9215			1.3749
	2490	2.49	0.3276	0.6724	16.8675	93.0	19.2045	1.1386	104.5	21.5793	1.2793	112.0	23.1280			1.3669
	2520	2.52	0.3316	0.6684	16.9671				105.0	21.6825	1.2779	113.5	23.4378			1.3712
	2550	2.55	0.3355	0.6645	17.0679				105.0	21.6825	1.2704	114.0	23.5410			1.3814
	2580	2.58	0.3395	0.6605	17.1699							114.0	23.5410			1.3793
	2610	2.61	0.3434	0.6566	17.2731							114.0	23.5410			1.3711
	2640	2.64	0.3474	0.6526	17.3776							114.0	23.5410			1.3629
	2670	2.67	0.3513	0.6487	17.4833							114.0	23.5410			1.3547
	2700	2.70	0.3553	0.6447	17.5904							114.0	23.5410			1.3465
	2730	2.73	0.3592	0.6408	17.6987											
	2760	2.76	0.3632	0.6368	17.8084											
	2790	2.79	0.3671	0.6329	17.9195											

Waktu	Regangan			Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0.5 kg/cm ² (20%)				Tekanan Sel 1.0 kg/cm ² (20%)				Tekanan Sel 2.0 kg/cm ² (20%)			
	Pemb. Dial (a)	$\Delta L = \epsilon$ $\Delta L / L_0$ (cm)	ϵ	Luas koreksi = $1 - \epsilon$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban (kg)	P P/A	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A	Pemb. dial	Beban (kg)	P P/A	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A	Pemb. dial	Beban (kg)	P P/A	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A
1	2	3	4	5	6	10	11	12	16	17	18	22	23	24			
	0	0	0	1	11.3411	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	30	0.03	0.0039	0.9961	11.3861	11.0	2.2715	0.1995	19.0	3.9235	0.3446	15.0	3.0975	0.2720			
	60	0.06	0.0079	0.9921	11.4314	20.0	4.1300	0.3613	36.0	7.4340	0.6503	37.0	7.6405	0.6684			
	90	0.09	0.0118	0.9882	11.4771	43.0	8.8795	0.7737	48.0	9.9120	0.8636	38.0	7.8470	0.6837			
	120	0.12	0.0158	0.9842	11.5231	57.0	11.7705	1.0215	57.0	11.7705	1.0215	47.0	9.7055	0.8423			
	150	0.15	0.0197	0.9803	11.5695	60.0	12.3900	1.0709	65.5	13.5258	1.1691	63.0	13.0095	1.1245			
	180	0.18	0.0237	0.9763	11.6163	64.0	13.2160	1.1377	70.0	14.4550	1.2444	70.0	14.4550	1.2444			
	210	0.21	0.0276	0.9724	11.6634	67.5	13.9388	1.1951	74.0	15.2810	1.3102	75.5	15.5908	1.3367			
	240	0.24	0.0316	0.9684	11.7110	69.0	14.2485	1.2167	78.0	16.1070	1.3754	78.0	16.1070	1.3754			
	270	0.27	0.0355	0.9645	11.7589	71.5	14.7648	1.2556	80.0	16.5200	1.4049	81.0	16.7265	1.4225			
	300	0.30	0.0395	0.9605	11.8072	72.0	14.8680	1.2592	81.5	16.8298	1.4254	86.0	17.7590	1.5041			
	330	0.33	0.0434	0.9566	11.8559	74.0	15.2810	1.2889	85.0	17.5525	1.4805	92.0	18.9980	1.6024			
	360	0.36	0.0474	0.9526	11.9051	75.0	15.4875	1.3009	88.0	18.1720	1.5264	96.0	19.8240	1.6652			
	390	0.39	0.0513	0.9487	11.9546	77.0	15.9005	1.3301	90.5	18.6883	1.5633	99.5	20.5468	1.7187			
	420	0.42	0.0553	0.9447	12.0046	79.0	16.3135	1.3589	92.0	18.9980	1.5826	101.5	20.9598	1.7460			
	450	0.45	0.0592	0.9408	12.0549	79.5	16.4168	1.3618	93.5	19.3078	1.6016	102.0	21.0630	1.7473			
	480	0.48	0.0632	0.9368	12.1057	80.0	16.5200	1.3646	96.0	19.8240	1.6376	104.5	21.5793	1.7826			
	510	0.51	0.0671	0.9329	12.1569	80.5	16.6233	1.3674	98.0	20.2370	1.6646	108.0	22.3020	1.8345			
	540	0.54	0.0711	0.9289	12.2086	82.0	16.9330	1.3870	98.5	20.3403	1.6661	111.0	22.9215	1.8775			
	570	0.57	0.0750	0.9250	12.2607	83.5	17.2428	1.4063	99.0	20.4435	1.6674	112.5	23.2313	1.8948			
	600	0.60	0.0789	0.9211	12.3132	83.5	17.2428	1.4003	100.0	20.6500	1.6771	113.5	23.4378	1.9035			
	630	0.63	0.0829	0.9171	12.3662	83.5	17.2428	1.3943	101.0	20.8565	1.6866	113.5	23.4378	1.8953			
	660	0.66	0.0868	0.9132	12.4197	83.5	17.2428	1.3883	103.0	21.2695	1.7126	115.5	23.8508	1.9204			
	690	0.69	0.0908	0.9092	12.4736	84.0	17.3460	1.3906	104.0	21.4760	1.7217	119.5	24.6768	1.9783			

Waktu	Regangan			Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (20%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (20%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (20%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a} \cdot 10^3$ (cm)	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $1 - \epsilon$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban (kg)	$P \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{P/A}$	Pemb. dial	Beban (kg)	$P \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{P/A}$	Pemb. dial	Beban (kg)	$P \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{P/A}$	Pemb. dial	Beban (kg)	$P \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{P/A}$
1	2	3	4	5	6	10	11	12	16	17	18	22	23	24			
	720	0.72	0.0947	0.9053	12.5280	85.0	17.5525	1.4011	105.0	21.6825	1.7307	122.0	25.1930	2.0109			
	750	0.75	0.0987	0.9013	12.5829	85.5	17.6558	1.4032	105.0	21.6825	1.7232	122.5	25.2963	2.0104			
	780	0.78	0.1026	0.8974	12.6382	85.5	17.6558	1.3970	105.5	21.7858	1.7238	122.5	25.2963	2.0016			
	810	0.81	0.1066	0.8934	12.6941	85.5	17.6558	1.3909	107.0	22.0955	1.7406	122.5	25.2963	1.9928			
	840	0.84	0.1105	0.8895	12.7504	85.5	17.6558	1.3847	109.0	22.5085	1.7653	126.0	26.0190	2.0406			
	870	0.87	0.1145	0.8855	12.8072	86.0	17.7590	1.3866	110.0	22.7150	1.7736	128.5	26.5353	2.0719			
	900	0.90	0.1184	0.8816	12.8646	86.5	17.8623	1.3885	110.0	22.7150	1.7657	130.0	26.8450	2.0867			
	930	0.93	0.1224	0.8776	12.9224	86.5	17.8623	1.3823	110.0	22.7150	1.7578	130.0	26.8450	2.0774			
	960	0.96	0.1263	0.8737	12.9808	86.5	17.8623	1.3760	110.0	22.7150	1.7499	130.0	26.8450	2.0680			
	990	0.99	0.1303	0.8697	13.0397	86.5	17.8623	1.3698	112.0	23.1280	1.7737	131.0	27.0515	2.0745			
	1020	1.02	0.1342	0.8658	13.0992	86.5	17.8623	1.3636	113.0	23.3345	1.7814	134.0	27.6710	2.1124			
	1050	1.05	0.1382	0.8618	13.1592	86.5	17.8623	1.3574	113.5	23.4378	1.7811	135.0	27.8775	2.1185			
	1080	1.08	0.1421	0.8579	13.2197	86.5	17.8623	1.3512	113.5	23.4378	1.7729	136.0	28.0840	2.1244			
	1110	1.11	0.1461	0.8539	13.2809												
	1140	1.14	0.1500	0.8500	13.3425												
	1170	1.17	0.1539	0.8461	13.4048												
	1200	1.20	0.1579	0.8421	13.4676												
	1230	1.23	0.1618	0.8382	13.5310												
	1260	1.26	0.1658	0.8342	13.5951												
	1290	1.29	0.1697	0.8303	13.6597												
	1320	1.32	0.1737	0.8263	13.7250												
	1350	1.35	0.1776	0.8224	13.7908												
	1380	1.38	0.1816	0.8184	13.8574												
	1410	1.41	0.1855	0.8145	13.9245												

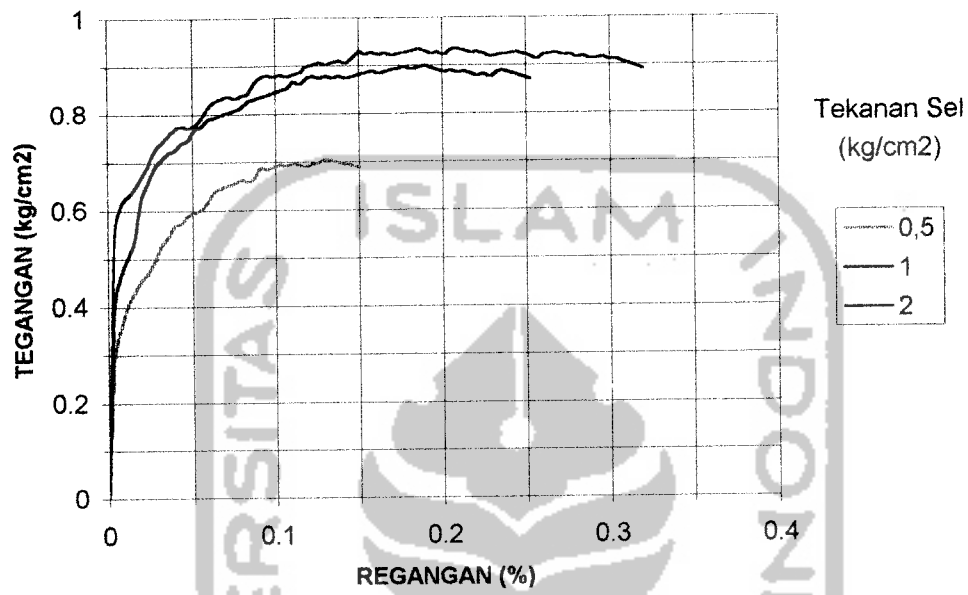
Waktu	Regangan		Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (100%)			Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (100%)			Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (100%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a} = \frac{\epsilon}{10^3}$ (cm)	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $1 - \epsilon$	A=luas terkoreksi {Ao/[5]}	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	0	0	0	1	11.3411	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	0.03	0.0039	0.9961	11.3861	10.0	2.0650	0.1814	31.0	6.4015	0.5622	23.0	4.7495	0.4171
	60	0.06	0.0079	0.9921	11.4314	20.0	4.1300	0.3613	46.0	9.4990	0.8310	36.0	7.4340	0.6503
	90	0.09	0.0118	0.9882	11.4771	22.0	4.5430	0.3958	53.0	10.9445	0.9536	43.0	8.8795	0.7737
	120	0.12	0.0158	0.9842	11.5231	24.0	4.9560	0.4301	56.5	11.6673	1.0125	47.0	9.7055	0.8423
	150	0.15	0.0197	0.9803	11.5695	24.5	5.0593	0.4373	59.0	12.1835	1.0531	50.0	10.3250	0.8924
	180	0.18	0.0237	0.9763	11.6163	25.0	5.1625	0.4444	60.5	12.4933	1.0755	53.0	10.9445	0.9422
	210	0.21	0.0276	0.9724	11.6634	28.0	5.7820	0.4957	62.0	12.8030	1.0977	56.5	11.6673	1.0003
	240	0.24	0.0316	0.9684	11.7110	29.0	5.9885	0.5114	64.0	13.2160	1.1285	61.5	12.6998	1.0844
	270	0.27	0.0355	0.9645	11.7589	30.0	6.1950	0.5268	66.0	13.6290	1.1590	64.5	13.3193	1.1327
	300	0.30	0.0395	0.9605	11.8072	30.5	6.2983	0.5334	69.5	14.3518	1.2155	68.0	14.0420	1.1893
	330	0.33	0.0434	0.9566	11.8559	31.0	6.4015	0.5399	72.0	14.8680	1.2541	70.0	14.4550	1.2192
	360	0.36	0.0474	0.9526	11.9051	32.0	6.6080	0.5551	73.0	15.0745	1.2662	71.5	14.7648	1.2402
	390	0.39	0.0513	0.9487	11.9546	33.0	6.8145	0.5700	73.5	15.1778	1.2696	73.0	15.0745	1.2610
	420	0.42	0.0553	0.9447	12.0046	35.0	7.2275	0.6021	74.5	15.3843	1.2815	74.5	15.3843	1.2815
	450	0.45	0.0592	0.9408	12.0549	35.5	7.3308	0.6081	75.5	15.5908	1.2933	76.0	15.6940	1.3019
	480	0.48	0.0632	0.9368	12.1057	36.0	7.4340	0.6141	77.5	16.0038	1.3220	80.5	16.6233	1.3732
	510	0.51	0.0671	0.9329	12.1569	37.0	7.6405	0.6285	80.0	16.5200	1.3589	83.0	17.1395	1.4099
	540	0.54	0.0711	0.9289	12.2086	37.5	7.7438	0.6343	81.0	16.7265	1.3701	84.5	17.4493	1.4293
	570	0.57	0.0750	0.9250	12.2607	38.0	7.8470	0.6400	82.0	16.9330	1.3811	86.5	17.8623	1.4569
	600	0.60	0.0789	0.9211	12.3132	38.5	7.9503	0.6457	83.5	17.2428	1.4003	87.0	17.9655	1.4590
	630	0.63	0.0829	0.9171	12.3662	39.0	8.0535	0.6512	85.0	17.5525	1.4194	88.5	18.2753	1.4778
	660	0.66	0.0868	0.9132	12.4197	40.0	8.2600	0.6651	85.8	17.7177	1.4266	90.0	18.5850	1.4964
	690	0.69	0.0908	0.9092	12.4736	41.0	8.4665	0.6788	86.0	17.7590	1.4237	92.0	18.9980	1.5231
	720	0.72	0.0947	0.9053	12.5280	42.0	8.6730	0.6923	89.0	18.3785	1.4670	95.0	19.6175	1.5659

Waktu I (dt)	Regangan		Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (100%)			Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (100%)			Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (100%)			
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a/10^3}$ ϵ (cm)	$\frac{\Delta L}{L_0}$ ϵ	Luas koreksi = $1 - \epsilon \{A_0/[5]\}$	A=luas terkoreksi	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 =$ P/A
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	750	0.75	0.0987	0.9013	12.5829	42.0	8.6730	0.6893	89.0	18.3785	1.4606	97.0	20.0305	1.5919
	780	0.78	0.1026	0.8974	12.6382	42.5	8.7763	0.6944	90.0	18.5850	1.4705	98.5	20.3403	1.6094
	810	0.81	0.1066	0.8934	12.6941	43.0	8.8795	0.6995	91.0	18.7915	1.4803	99.8	20.6087	1.6235
	840	0.84	0.1105	0.8895	12.7504	43.0	8.8795	0.6964	92.0	18.9980	1.4900	100.5	20.7533	1.6277
	870	0.87	0.1145	0.8855	12.8072	43.5	8.9828	0.7014	93.0	19.2045	1.4995	102.0	21.0630	1.6446
	900	0.90	0.1184	0.8816	12.8646	45.0	9.2925	0.7223	94.0	19.4110	1.5089	103.5	21.3728	1.6614
	930	0.93	0.1224	0.8776	12.9224	45.5	9.3958	0.7271	95.0	19.6175	1.5181	106.0	21.8890	1.6939
	960	0.96	0.1263	0.8737	12.9808	45.5	9.3958	0.7238	96.5	19.9273	1.5351	108.0	22.3020	1.7181
	990	0.99	0.1303	0.8697	13.0397	45.5	9.3958	0.7205	97.0	20.0305	1.5361	109.5	22.6118	1.7341
	1020	1.02	0.1342	0.8658	13.0992	46.0	9.4990	0.7252	98.0	20.2370	1.5449	111.5	23.0248	1.7577
	1050	1.05	0.1382	0.8618	13.1592	46.0	9.4990	0.7219	98.5	20.3403	1.5457	112.0	23.1280	1.7576
	1080	1.08	0.1421	0.8579	13.2197	46.5	9.6023	0.7264	99.0	20.4435	1.5464	113.0	23.3345	1.7651
	1110	1.11	0.1461	0.8539	13.2809	47.0	9.7055	0.7308	100.0	20.6500	1.5549	114.0	23.5410	1.7726
	1140	1.14	0.1500	0.8500	13.3425	47.5	9.8088	0.7351	101.0	20.8565	1.5632	115.5	23.8508	1.7876
	1170	1.17	0.1539	0.8461	13.4048	48.0	9.9120	0.7394	102.0	21.0630	1.5713	117.5	24.2638	1.8101
	1200	1.20	0.1579	0.8421	13.4676	48.0	9.9120	0.7360	103.0	21.2695	1.5793	119.0	24.5735	1.8246
	1230	1.23	0.1618	0.8382	13.5310	48.0	9.9120	0.7325	104.0	21.4760	1.5872	120.0	24.7800	1.8313
	1260	1.26	0.1658	0.8342	13.5951	48.5	10.0153	0.7367	104.5	21.5793	1.5873	121.0	24.9865	1.8379
	1290	1.29	0.1697	0.8303	13.6597	49.0	10.1185	0.7408	105.0	21.6825	1.5873	122.0	25.1930	1.8443
	1320	1.32	0.1737	0.8263	13.7250	50.0	10.3250	0.7523	105.0	21.6825	1.5798	123.0	25.3995	1.8506
	1350	1.35	0.1776	0.8224	13.7908	50.5	10.4283	0.7562	105.5	21.7858	1.5797	124.0	25.6060	1.8567
	1380	1.38	0.1816	0.8184	13.8574	51.0	10.5315	0.7600	107.0	22.0955	1.5945	126.0	26.0190	1.8776
	1410	1.41	0.1855	0.8145	13.9245	51.0	10.5315	0.7563	108.0	22.3020	1.6016	128.0	26.4320	1.8982
	1440	1.44	0.1895	0.8105	13.9923	51.0	10.5315	0.7527	108.0	22.3020	1.5939	129.0	26.6385	1.9038
	1470	1.47	0.1934	0.8066	14.0608	51.0	10.5315	0.7490	108.5	22.4053	1.5935	130.0	26.8450	1.9092

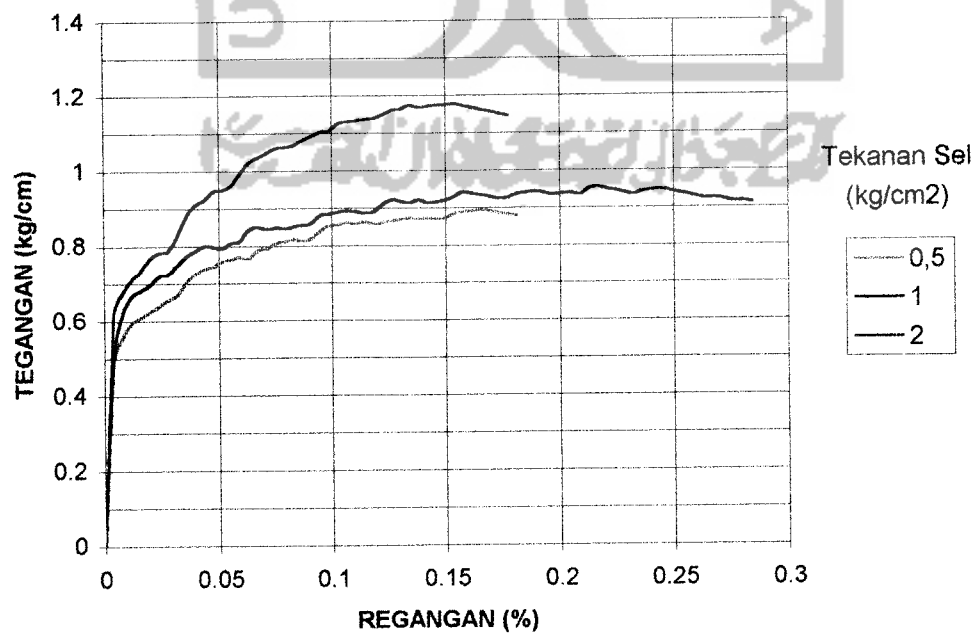
Waktu	Regangan		Luas Benda Uji			Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (100%)			Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (100%)			Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (100%)		
	Pemb. Dial (a)	$\frac{\Delta L}{a/10^3}$ (cm)	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $1 - \epsilon \{A_0/[5]\}$	A=luas terkoreksi	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	1500	1.50	0.1974	0.8026	14.1300	51.5	10.6348	0.7526	109.0	22.5085	1.5930	131.0	27.0515	1.9145
	1530	1.53	0.2013	0.7987	14.1998	52.0	10.7380	0.7562	109.0	22.5085	1.5851	132.0	27.2580	1.9196
	1560	1.56	0.2053	0.7947	14.2703	52.5	10.8413	0.7597	109.0	22.5085	1.5773	132.5	27.3613	1.9174
	1590	1.59	0.2092	0.7908	14.3416	53.0	10.9445	0.7631	109.0	22.5085	1.5695	133.0	27.4645	1.9150
	1620	1.62	0.2132	0.7868	14.4135	54.0	11.1510	0.7736	111.0	22.9215	1.5903	135.0	27.8775	1.9341
	1650	1.65	0.2171	0.7829	14.4862	54.0	11.1510	0.7698	111.0	22.9215	1.5823	137.0	28.2905	1.9529
	1680	1.68	0.2211	0.7789	14.5596	54.0	11.1510	0.7659	111.5	23.0248	1.5814	137.5	28.3938	1.9502
	1710	1.71	0.2250	0.7750	14.6337	54.0	11.1510	0.7620	111.5	23.0248	1.5734	138.0	28.4970	1.9473
	1740	1.74	0.2289	0.7711	14.7087	55.0	11.3575	0.7722	111.5	23.0248	1.5654	138.5	28.6003	1.9444
	1770	1.77	0.2329	0.7671	14.7843	55.5	11.4608	0.7752	112.0	23.1280	1.5644	140.0	28.9100	1.9554
	1800	1.80	0.2368	0.7632	14.8608	56.0	11.5640	0.7782	112.0	23.1280	1.5563	141.0	29.1165	1.9593
	1830	1.83	0.2408	0.7592	14.9381	56.0	11.5640	0.7741	113.0	23.3345	1.5621	142.0	29.3230	1.9630
	1860	1.86	0.2447	0.7553	15.0162	56.0	11.5640	0.7701	113.5	23.4378	1.5608	142.5	29.4263	1.9596
	1890	1.89	0.2487	0.7513	15.0951	56.5	11.6673	0.7729	113.5	23.4378	1.5527	144.0	29.7360	1.9699
	1920	1.92	0.2526	0.7474	15.1748	56.5	11.6673	0.7689	113.5	23.4378	1.5445	145.0	29.9425	1.9732
	1950	1.95	0.2566	0.7434	15.2554	57.0	11.7705	0.7716	113.5	23.4378	1.5364	145.5	30.0458	1.9695
	1980	1.98	0.2605	0.7395	15.3368	57.5	11.8738	0.7742	114.0	23.5410	1.5349	146.5	30.2523	1.9725
	2010	2.01	0.2645	0.7355	15.4191	58.0	11.9770	0.7768	114.0	23.5410	1.5267	147.0	30.3555	1.9687
	2040	2.04	0.2684	0.7316	15.5023	58.5	12.0803	0.7793	114.0	23.5410	1.5185	148.0	30.5620	1.9715
	2070	2.07	0.2724	0.7276	15.5864	58.5	12.0803	0.7751	115.0	23.7475	1.5236	149.0	30.7685	1.9741
	2100	2.10	0.2763	0.7237	15.6714	58.5	12.0803	0.7708	116.0	23.9540	1.5285	150.0	30.9750	1.9765
	2130	2.13	0.2803	0.7197	15.7574	59.0	12.1835	0.7732	116.0	23.9540	1.5202	150.5	31.0783	1.9723
	2160	2.16	0.2842	0.7158	15.8443	60.0	12.3900	0.7820	116.0	23.9540	1.5118	151.0	31.1815	1.9680
	2190	2.19	0.2882	0.7118	15.9321	60.0	12.3900	0.7777	116.5	24.0573	1.5100	151.5	31.2848	1.9636
	2220	2.22	0.2921	0.7079	16.0210	60.5	12.4933	0.7798	116.5	24.0573	1.5016	152.0	31.3880	1.9592

Waktu	Regangan			Luas Benda Uji		Tekanan Sel 0,5 kg/cm ² (100%)				Tekanan Sel 1,0 kg/cm ² (100%)				Tekanan Sel 2,0 kg/cm ² (100%)			
	Pemb. Dial (a)	$\Delta L = \frac{\epsilon}{10^3}$ (cm)	$\frac{\Delta L}{L_0}$	Luas koreksi = $1 - \epsilon \{A_0/5\}$	A=luas terkoreksi	Pemb. dial	Beban (kg)	$\frac{P}{A}$	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb. dial	Beban (kg)	$\frac{P}{A}$	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$	Pemb. dial	Beban (kg)	$\frac{P}{A}$	$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
	2250	2.25	0.2961	0.7039	16.1108	60.5	12.4933	0.7755	117.0	24.1605	1.4996	153.0	31.5945	1.9611			
	2280	2.28	0.3000	0.7000	16.2016	60.5	12.4933	0.7711	121.0	24.9865	1.5422	155.0	32.0075	1.9756			
	2310	2.31	0.3039	0.6961	16.2935	60.5	12.4933	0.7668	121.5	25.0898	1.5399	155.0	32.0075	1.9644			
	2340	2.34	0.3079	0.6921	16.3865	60.5	12.4933	0.7624	121.5	25.0898	1.5311	156.0	32.2140	1.9659			
	2370	2.37	0.3118	0.6882	16.4804				121.5	25.0898	1.5224	157.0	32.4205	1.9672			
	2400	2.40	0.3158	0.6842	16.5755				121.5	25.0898	1.5137	157.0	32.4205	1.9559			
	2430	2.43	0.3197	0.6803	16.6717				121.5	25.0898	1.5049	158.0	32.6270	1.9570			
	2460	2.46	0.3237	0.6763	16.7690				121.5	25.0898	1.4962	158.5	32.7303	1.9518			
	2490	2.49	0.3276	0.6724	16.8675				121.5	25.0898	1.4875	160.5	33.1433	1.9649			
	2520	2.52	0.3316	0.6684	16.9671				124.0	25.6060	1.5092	161.0	33.2465	1.9595			
	2550	2.55	0.3355	0.6645	17.0679				124.0	25.6060	1.5002	162.5	33.5563	1.9660			
	2580	2.58	0.3395	0.6605	17.1699				124.0	25.6060	1.4913	162.5	33.5563	1.9544			
	2610	2.61	0.3434	0.6566	17.2731				124.0	25.6060	1.4824	163.0	33.6595	1.9487			
	2640	2.64	0.3474	0.6526	17.3776							164.0	33.8660	1.9488			
	2670	2.67	0.3513	0.6487	17.4833							164.0	33.8660	1.9370			
	2700	2.70	0.3553	0.6447	17.5904							164.0	33.8660	1.9253			
	2730	2.73	0.3592	0.6408	17.6987							166.0	34.2790	1.9368			
	2760	2.76	0.3632	0.6368	17.8084							167.0	34.4855	1.9365			
	2790	2.79	0.3671	0.6329	17.9195							167.5	34.5888	1.9302			
	2820	2.82	0.3711	0.6289	18.0320							169.0	34.8985	1.9354			
	2850	2.85	0.3750	0.6250	18.1458							170.0	35.1050	1.9346			
	2880	2.88	0.3789	0.6211	18.2612												
	2910	2.91	0.3829	0.6171	18.3780												
	2940	2.94	0.3868	0.6132	18.4963												
	2970	2.97	0.3908	0.6092	18.6161												

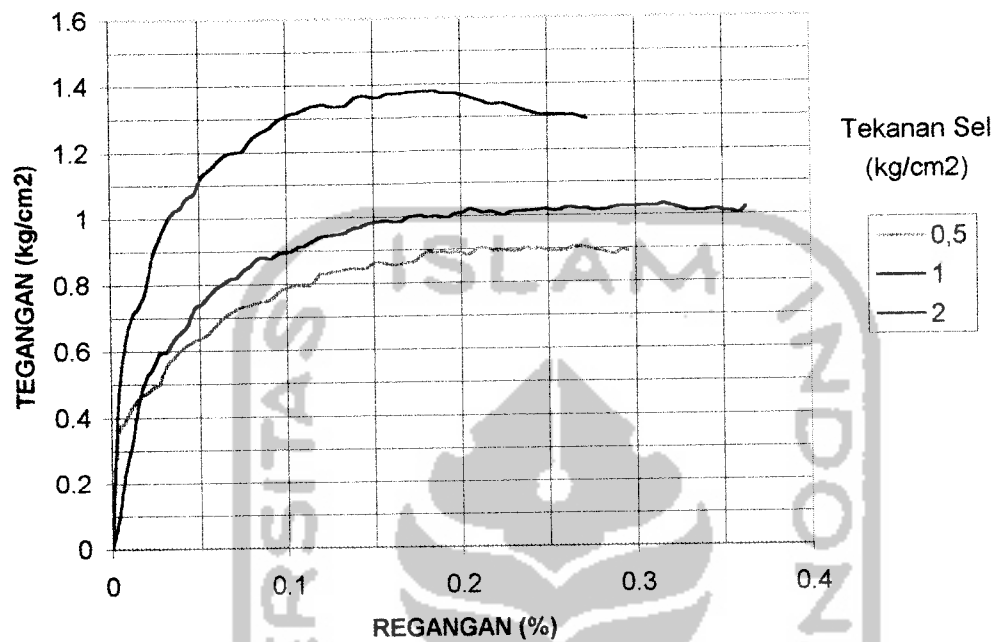
**GRAFIK TEGANGAN - REGANGAN
PADA PENGUJIAN LC DENGAN KANDUNGAN KAPUR 0%
0 JAM**



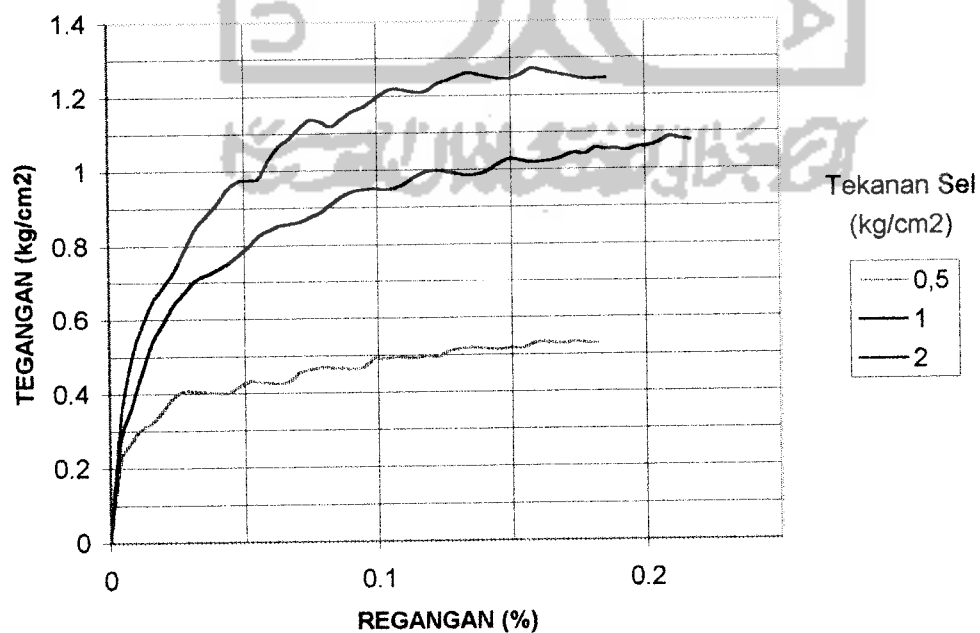
**GRAFIK TEGANGAN - REGANGAN
PADA PENGUJIAN LC DENGAN KANDUNGAN KAPUR
8% 0 JAM**



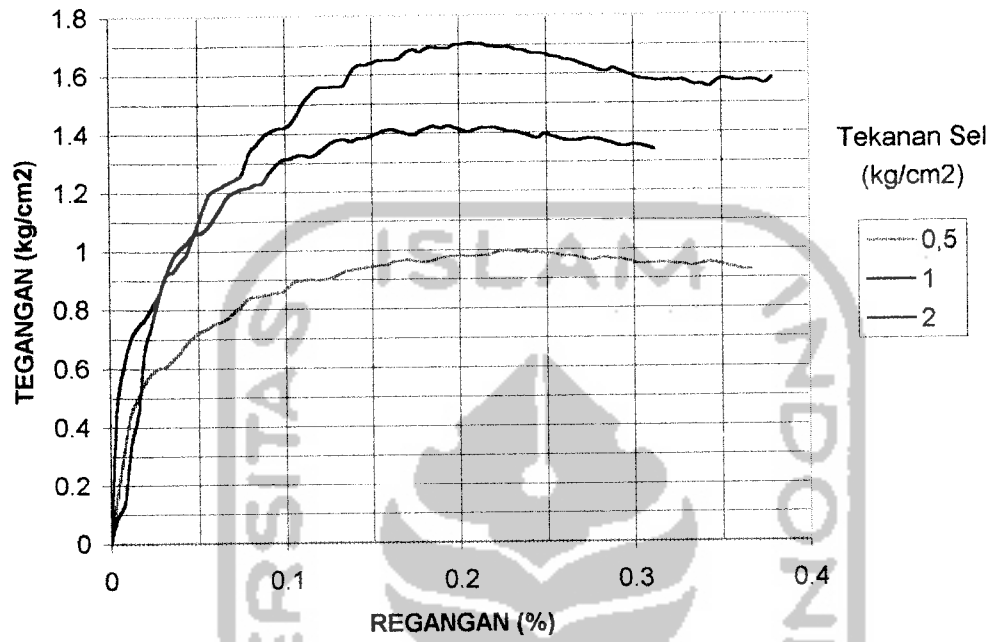
**GRAFIK TEGANGAN - REGANGAN
PADA PENGUJIAN LC DENGAN KANDUNGAN KAPUR
12% 0 JAM**



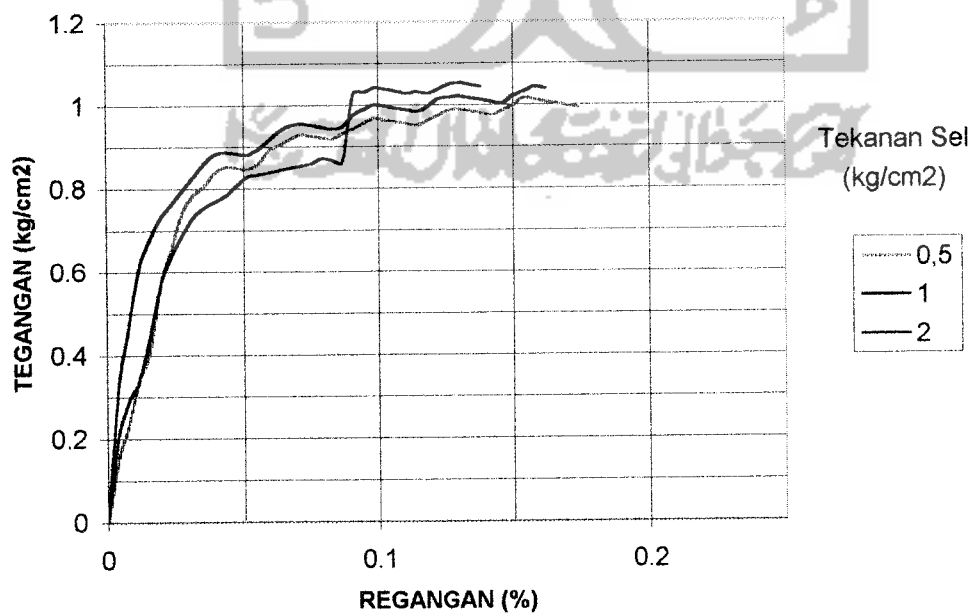
**GRAFIK TEGANGAN - REGANGAN
PADA PENGUJIAN LC DENGAN KANDUNGAN KAPUR
20% 0 JAM**



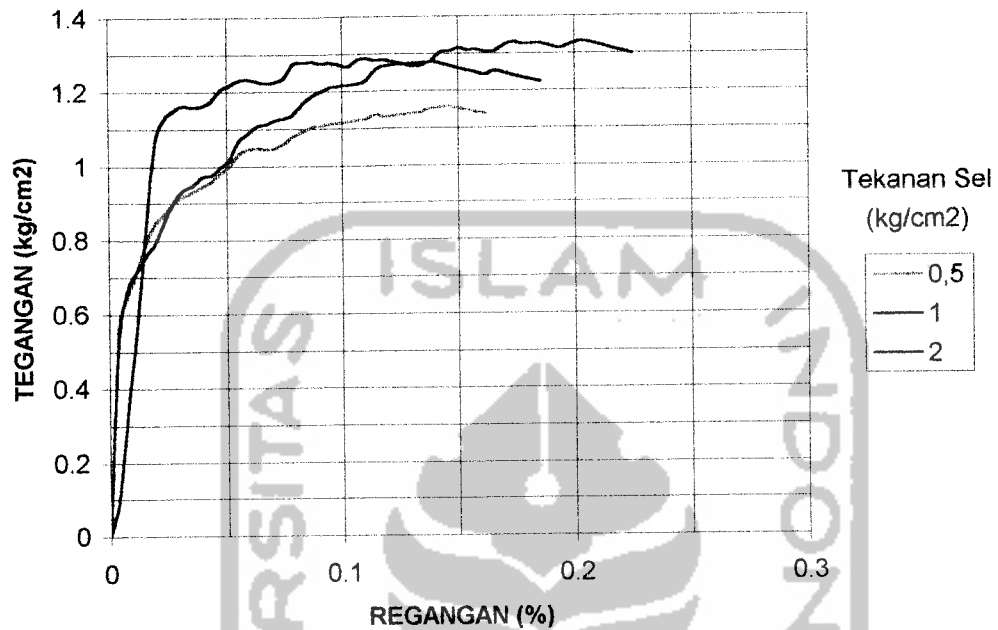
**GRAFIK TEGANGAN - REGANGAN
PADA PENGUJIAN LC DENGAN KANDUNGAN KAPUR
100% 0 JAM**



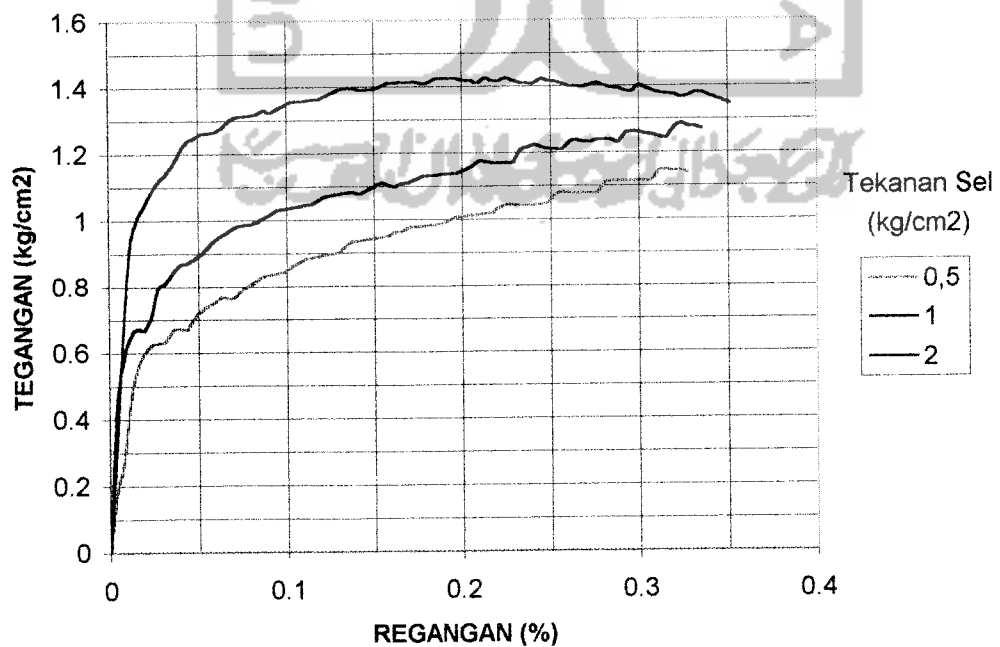
**GRAFIK TEGANGAN - REGANGAN
PADA PENGUJIAN LC DENGAN KANDUNGAN KAPUR
0% 48 JAM**



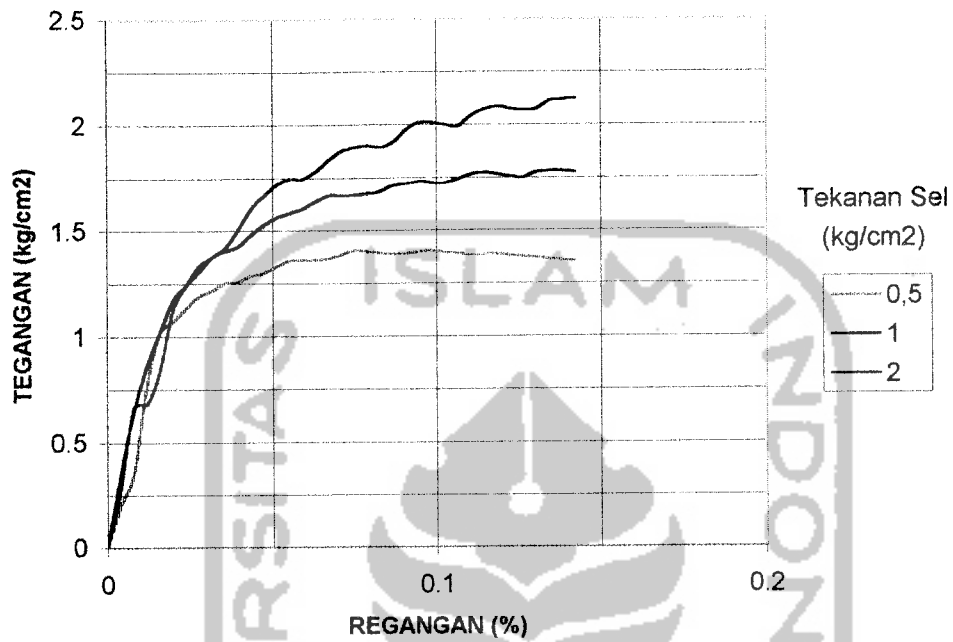
**GRAFIK TEGANGAN - REGANGAN
PADA PENGUJIAN LC DENGAN KANDUNGAN KAPUR
8% 48 JAM**



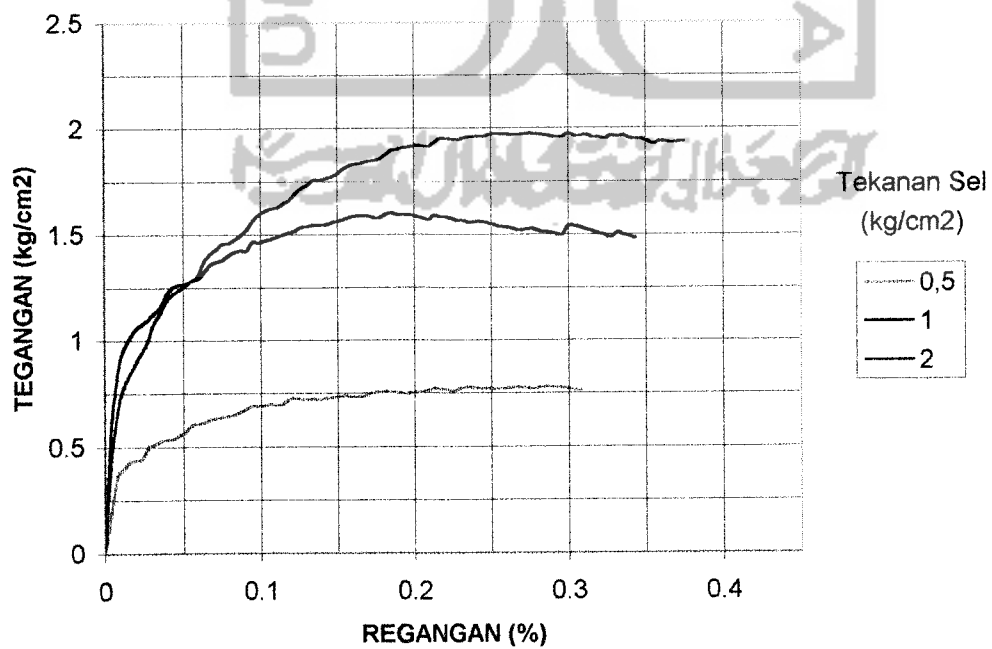
**GRAFIK TEGANGAN - REGANGAN
PADA PENGUJIAN LC DENGAN KANDUNGAN KAPUR
12% 48 JAM**



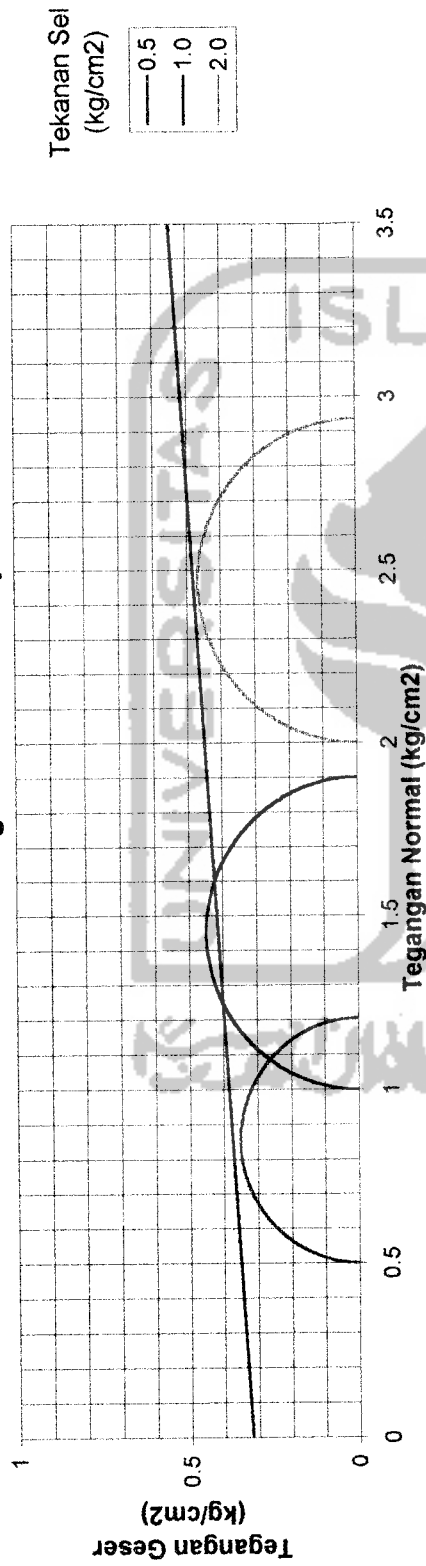
**GRAFIK TEGANGAN - REGANGAN
PADA PENGUJIAN LC DENGAN KANDUNGAN KAPUR
20% 48 JAM**



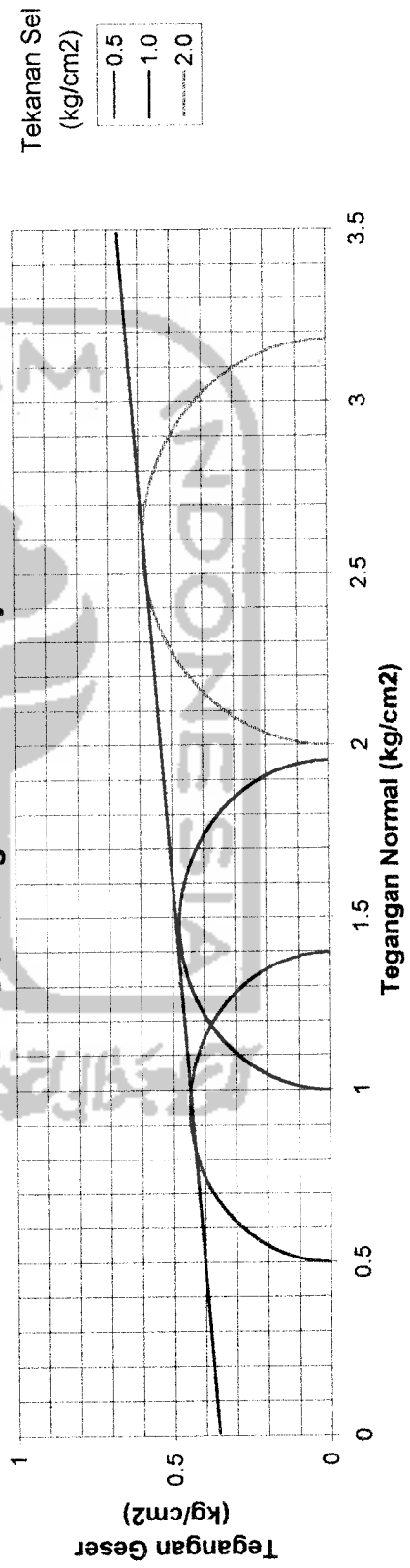
**GRAFIK TEGANGAN - REGANGAN
PADA PENGUJIAN LC DENGAN KANDUNGAN KAPUR
100% 48 JAM**



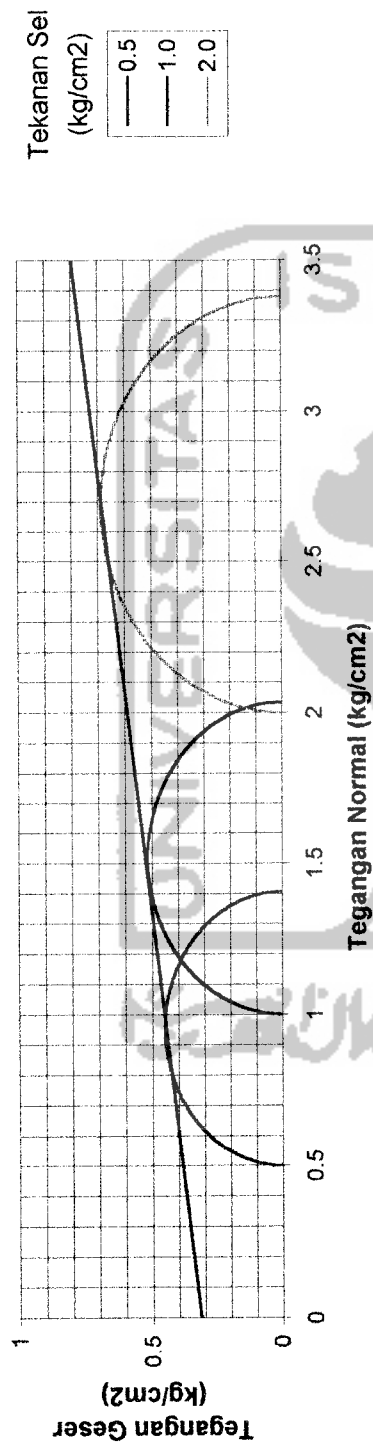
Grafik Lingkaran Mohr 0% 0 jam



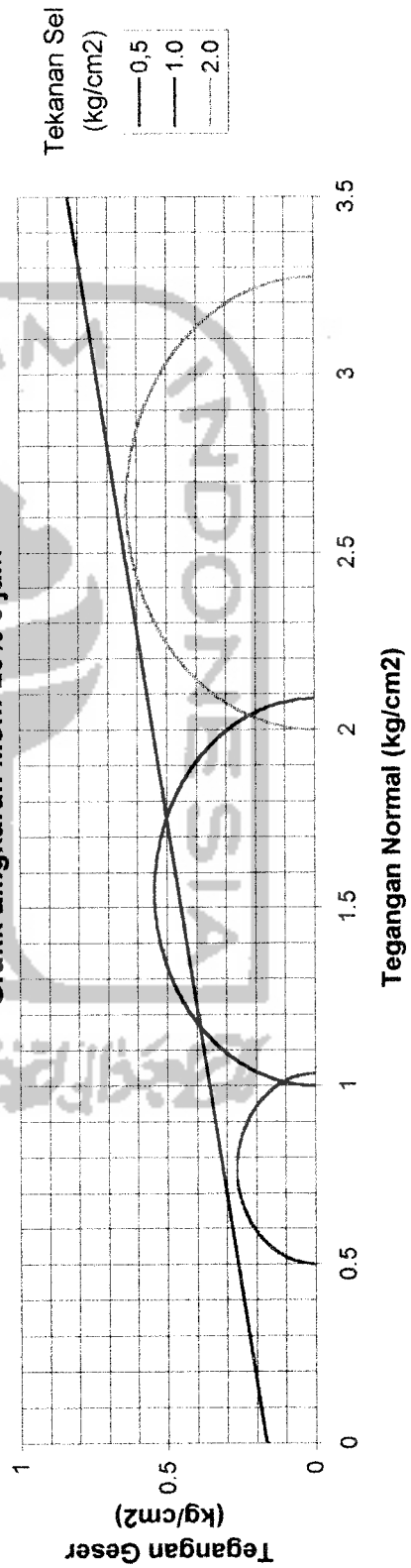
Grafik Lingkaran Mohr 8% 0 jam



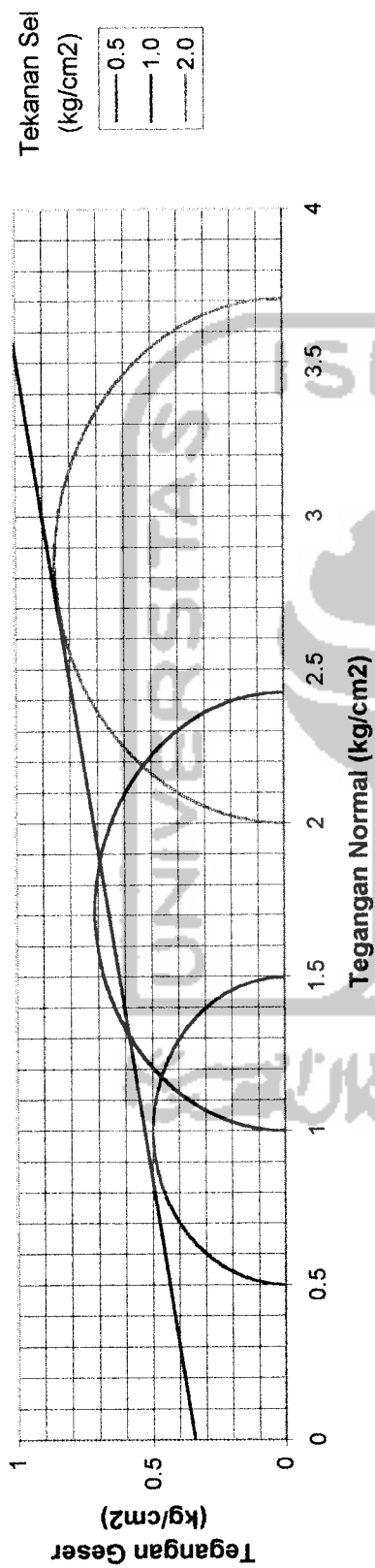
Grafik Lingkaran Mohr 12% 0 jam



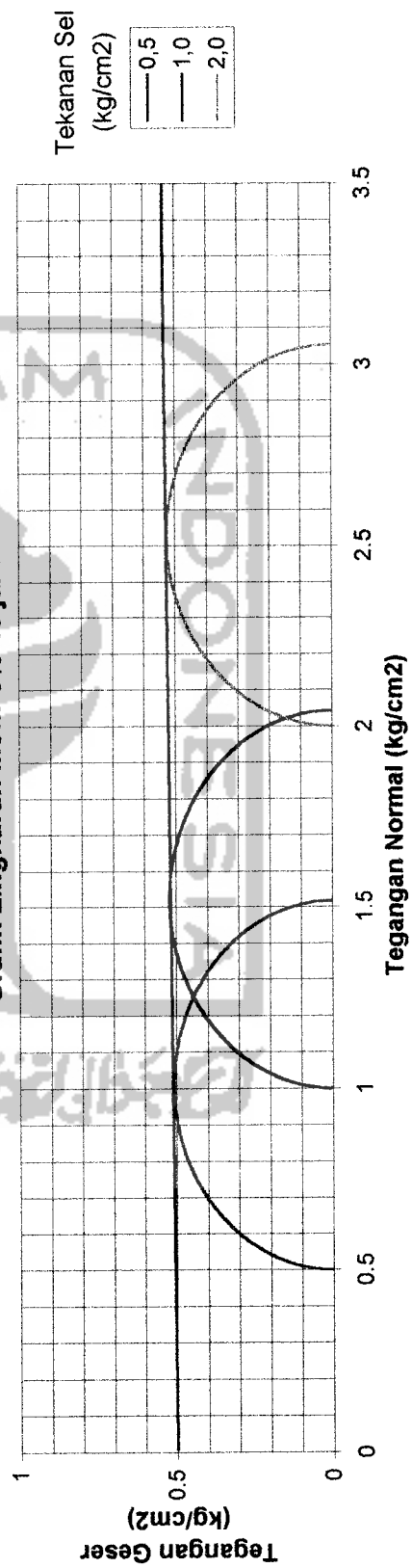
Grafik Lingkaran Mohr 20% 0 jam



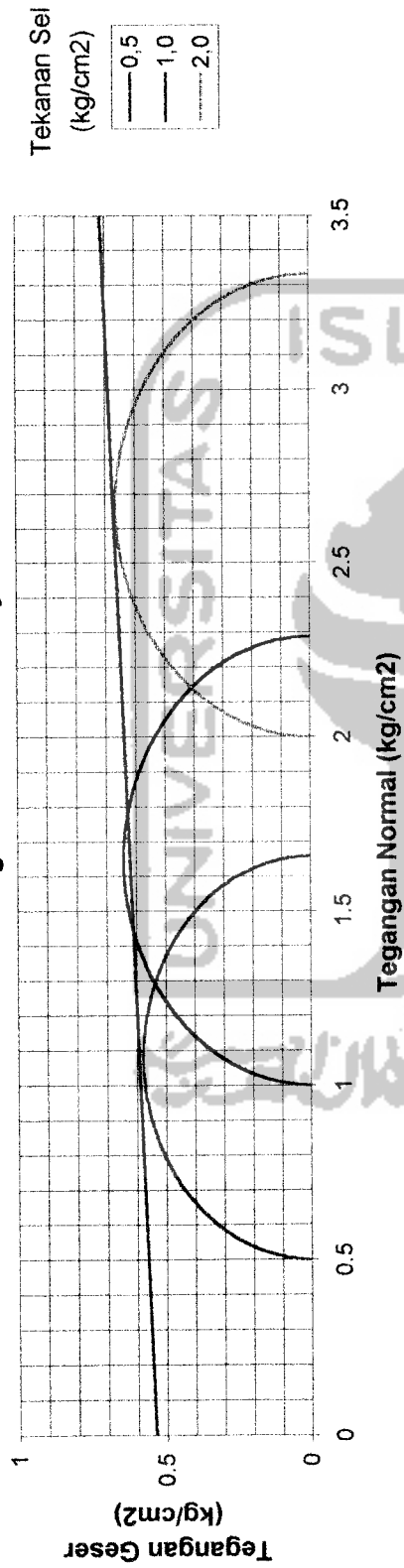
Grafik Lingkaran Mohr 100% 0 jam



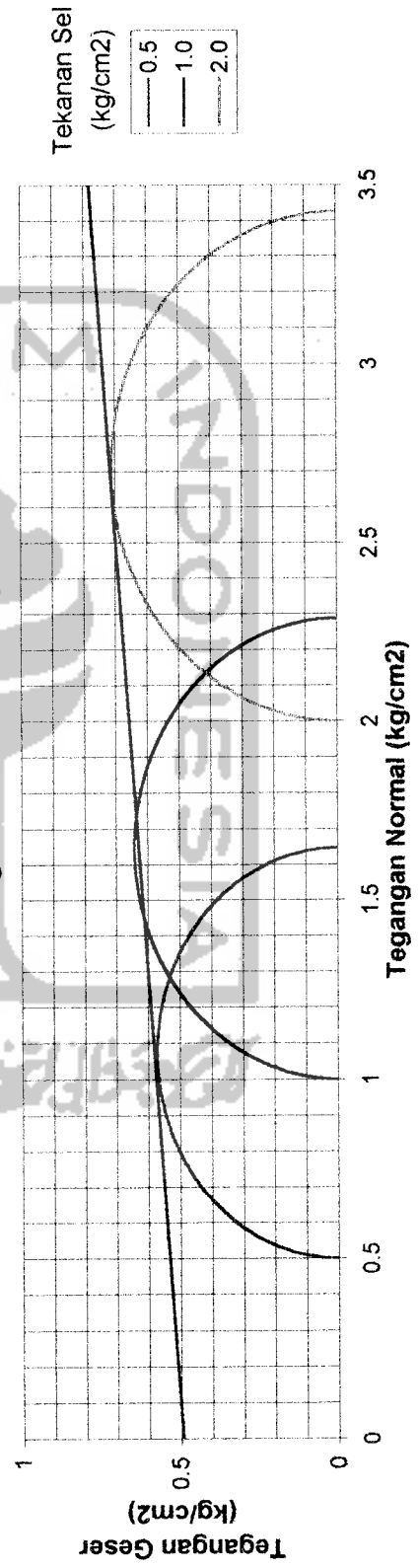
Grafik Lingkaran Mohr 0% 48 jam



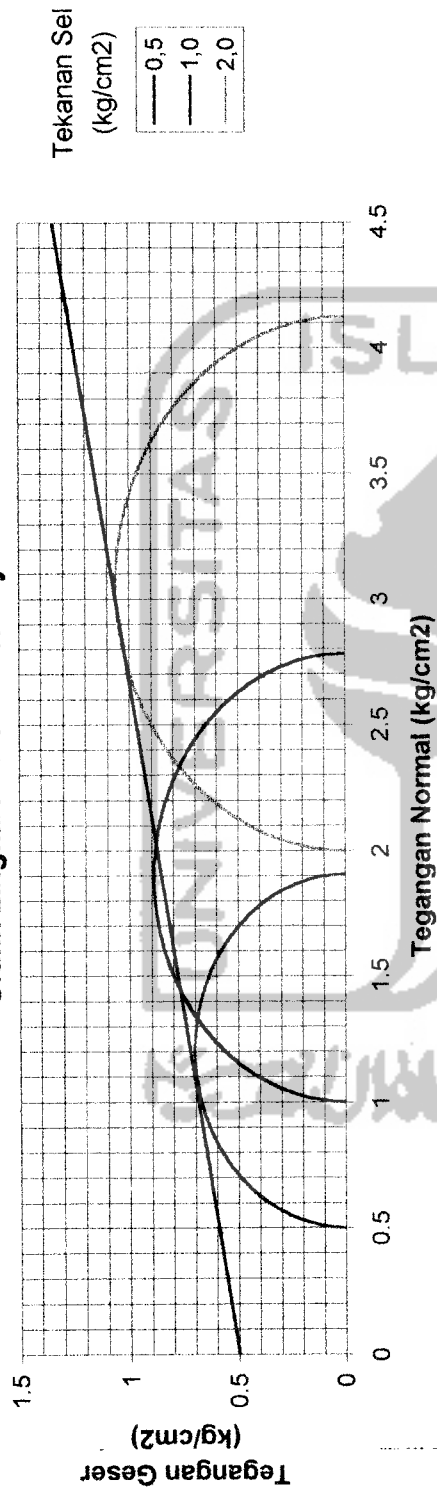
Grafik Lingkaran Mohr 8% 48 jam



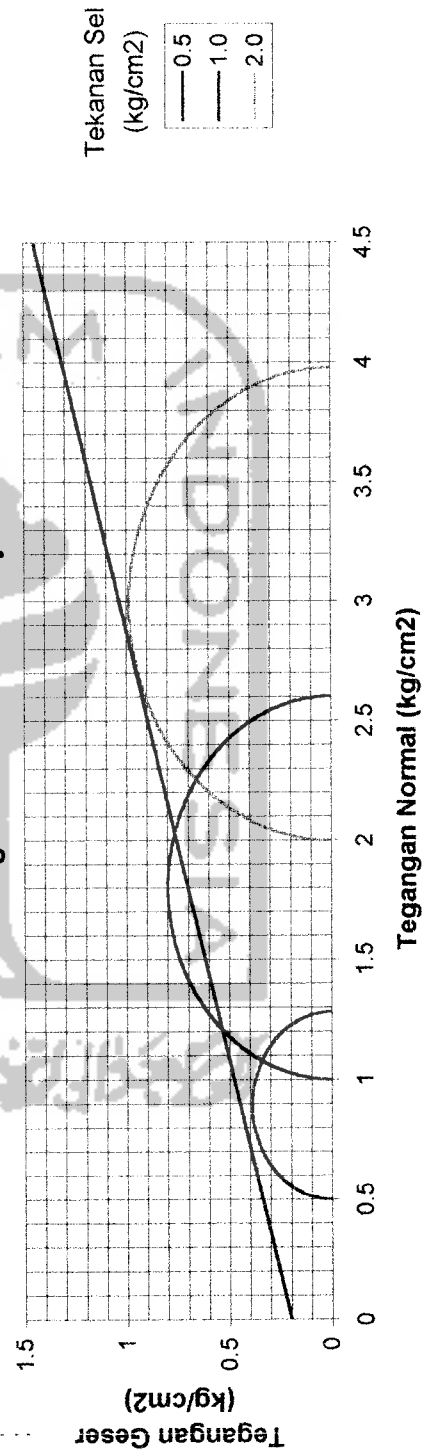
Grafik Lingkaran Mohr 12% 48 jam



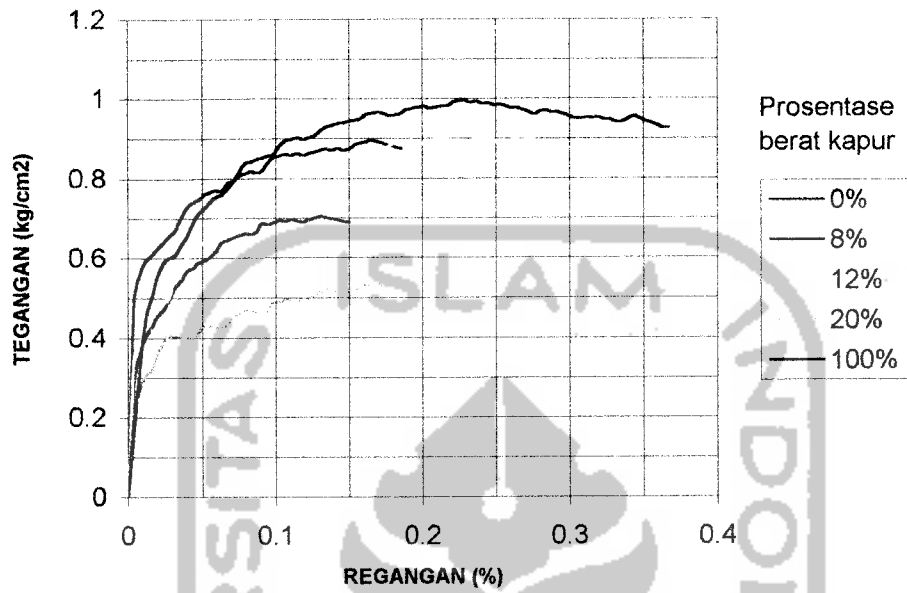
Grafik Lingkaran Mohr 20% 48 jam



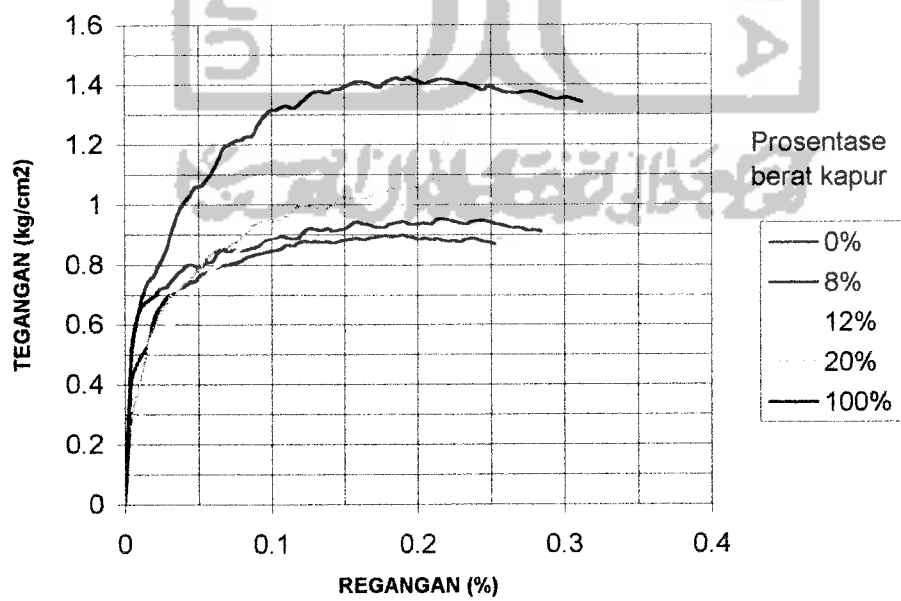
Grafik Lingkaran Mohr 100% 48 jam



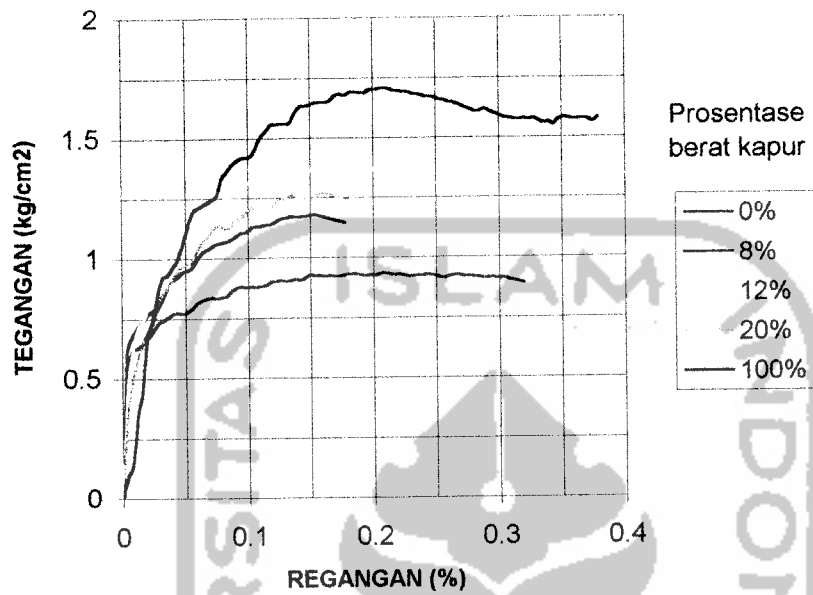
**GRAFIK TEGANGAN-REGANGAN
TEKANAN SEL 0,5 KG/CM² 0 JAM**



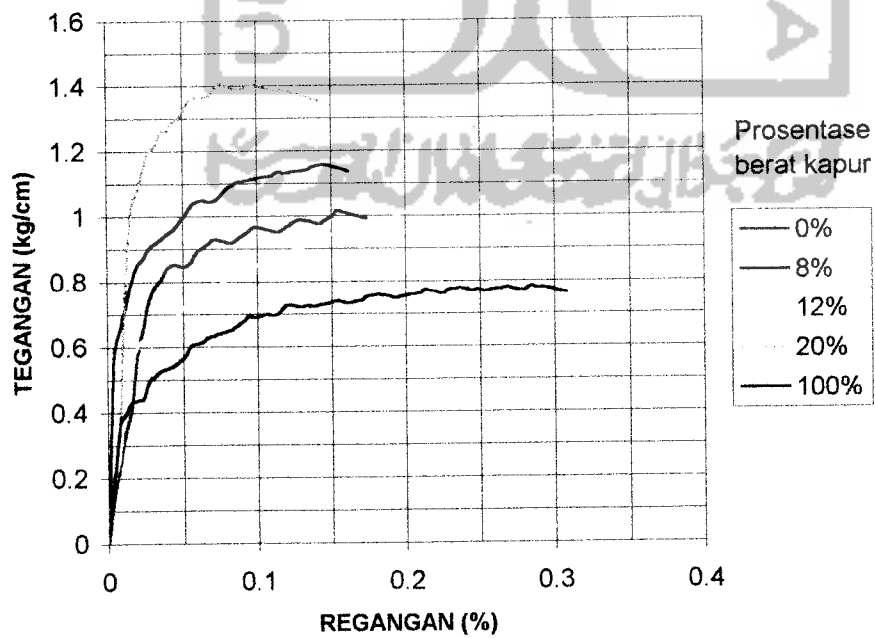
**GRAFIK TEGANGAN-REGANGAN
TEKANAN SEL 1,0 KG/CM² 0 JAM**

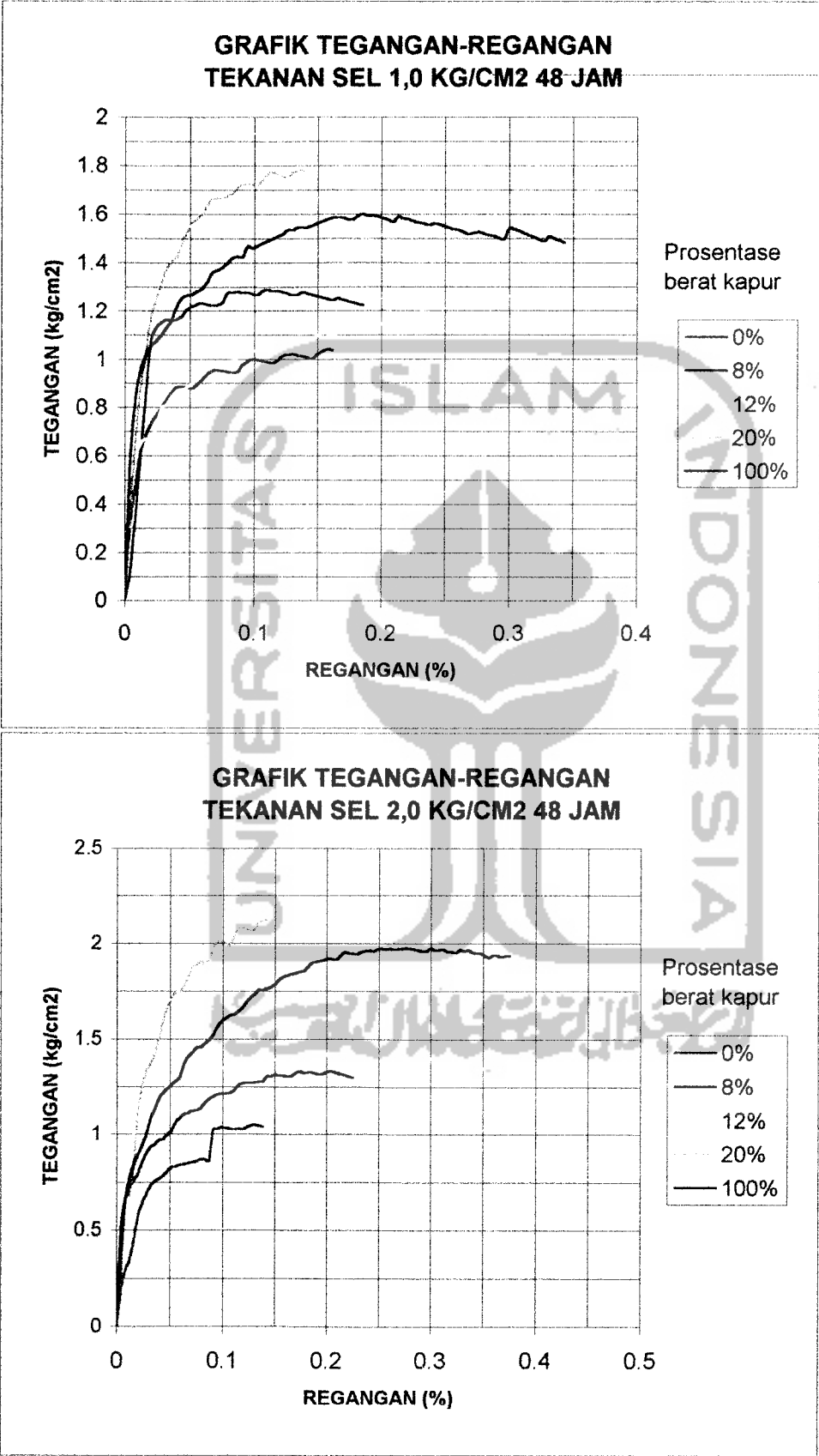


**GRAFIK TEGANGAN-REGANGAN
TEKANAN SEL 2,0 KG/CM² 0 JAM**



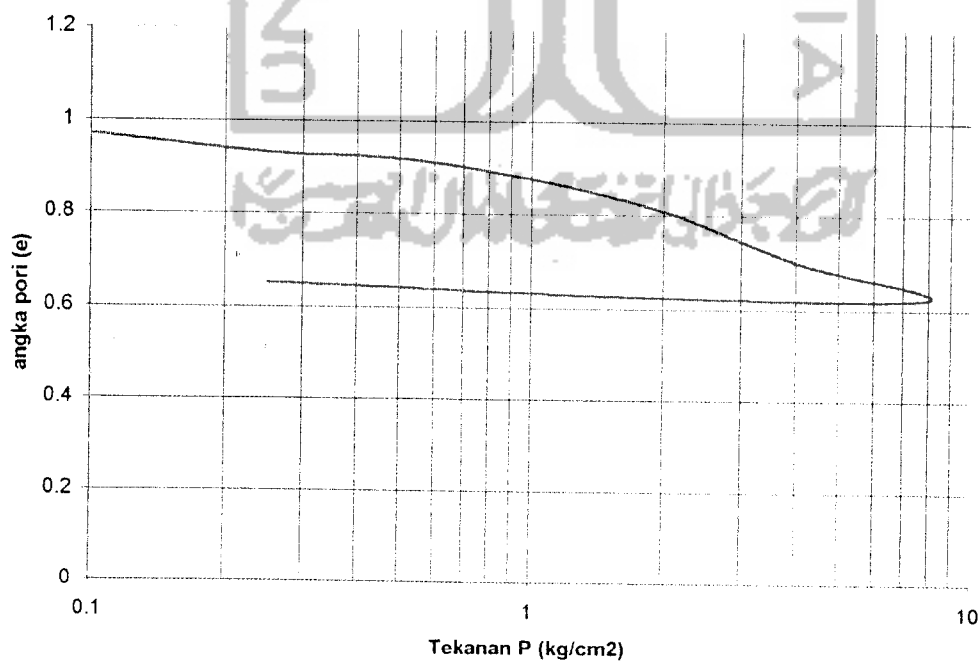
**GRAFIK TEGANGAN-REGANGAN
TEKANAN SEL 0,5 KG/CM² 48 JAM**





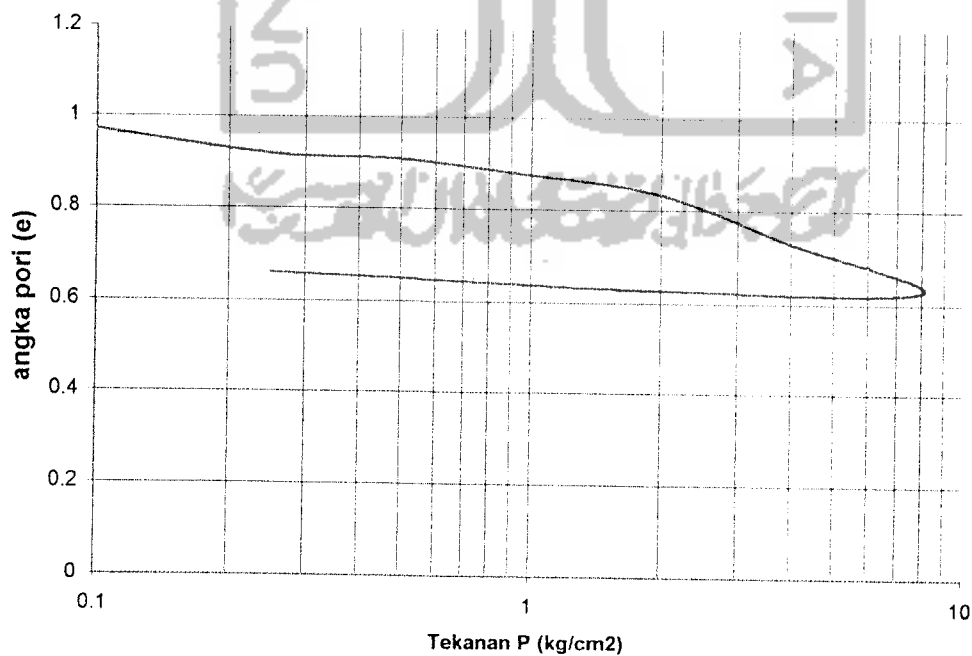
Beban	Pembacaan akhir dial	Perubahan tebal ΔH	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H_t}$	Angka pori $e = e_1 - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$
(kg/cm ²)	(mm)	(cm)			
0.00	10.000			0.972	
		0.041	0.039		
0.25	9.585			0.933	
		0.014	0.013		0.042
0.50	9.450			0.920	
		0.045	0.043		0.141
1.00	9.001			0.877	
		0.071	0.067		0.224
2.00	8.290			0.810	
		0.116	0.109		0.364
4.00	7.135			0.700	
		0.080	0.076		0.252
8.00	6.335			0.625	
				0.625	
2.00	6.615			0.625	
		-0.028	-0.027		0.029
0.25	6.895			0.651	
0.00					

Grafik e-Log P pada LC 0% 0 jam



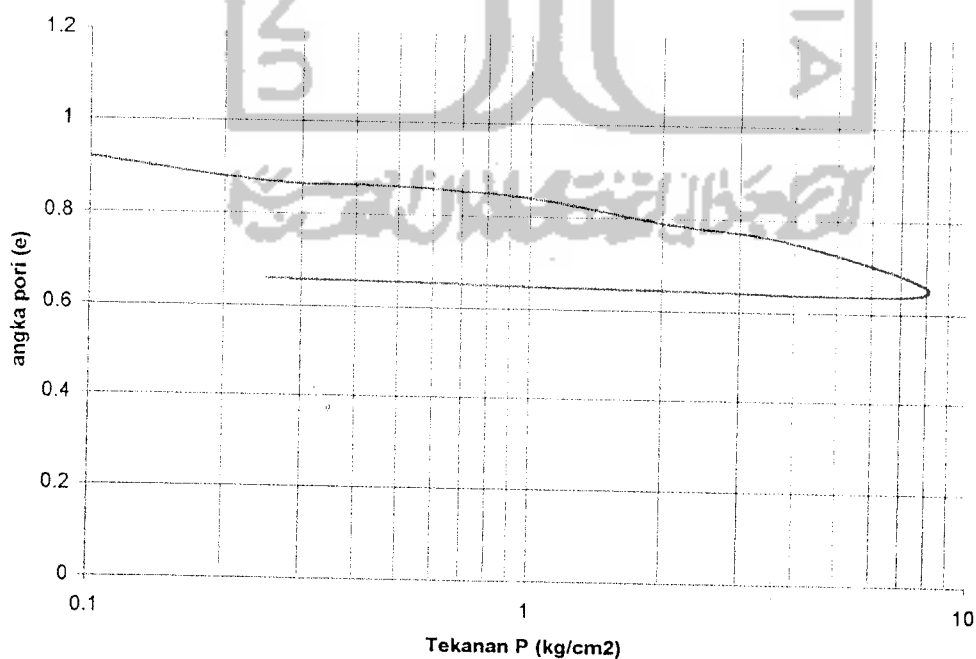
Beban	Pembacaan akhir dial	Perubahan tebal ΔH	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H_i}$	Angka pori $e = e_1 - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$
(kg/cm ²)	(mm)	(cm)			
0.00	10.000			0.972	
		0.059	0.053		
0.25	9.410			0.919	
		0.011	0.010		0.033
0.50	9.300			0.909	
		0.038	0.034		0.112
1.00	8.925			0.875	
		0.046	0.041		0.136
2.00	8.470			0.834	
		0.116	0.104		0.346
4.00	7.315			0.729	
		0.113	0.102		0.339
8.00	6.185			0.627	
				0.627	
2.00	6.372			0.627	
		-0.037	-0.034		0.037
0.25	6.745			0.661	
0.00					

Grafik e-Log P pada LC 8% 0 jam



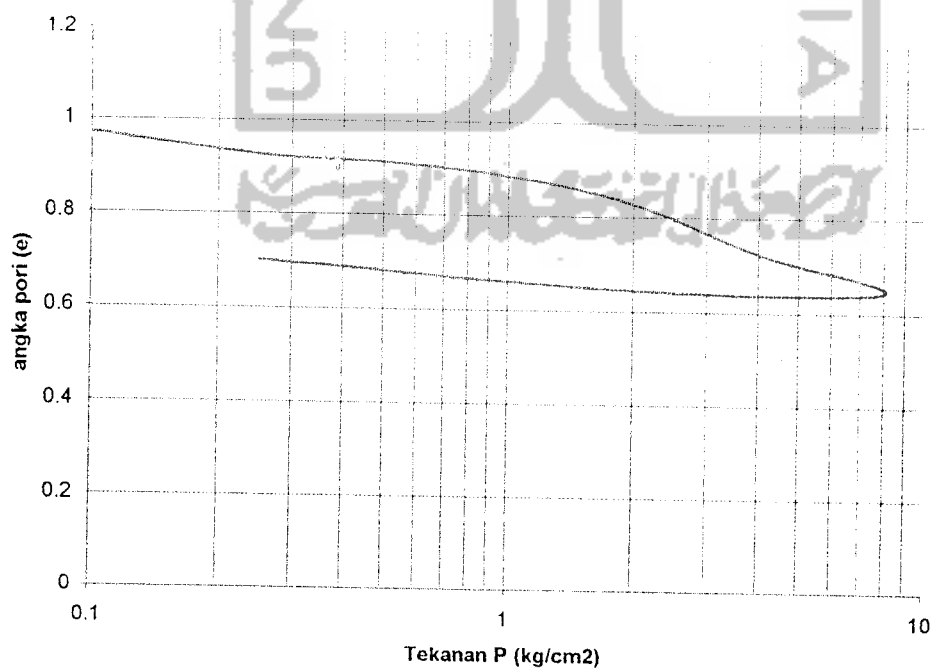
Beban	Pembacaan akhir dial	Perubahan tebal ΔH	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H_i}$	Angka pori $e = e_1 - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$
(kg/cm ²)	(mm)	(cm)			
0.00	10.000			0.918	
		0.053	0.049		
0.25	9.470			0.869	
		0.009	0.008		0.028
0.50	9.380			0.861	
		0.023	0.021		0.070
1.00	9.152			0.840	
		0.054	0.050		0.167
2.00	8.608			0.790	
		0.042	0.039		0.128
4.00	8.190			0.751	
		0.115	0.106		0.352
8.00	7.045			0.645	
				0.645	
2.00	7.99			0.645	
		-0.016	-0.015		0.017
0.25	8.155			0.660	
0.00					

Grafik e-Log P pada LC 12% 0 jam



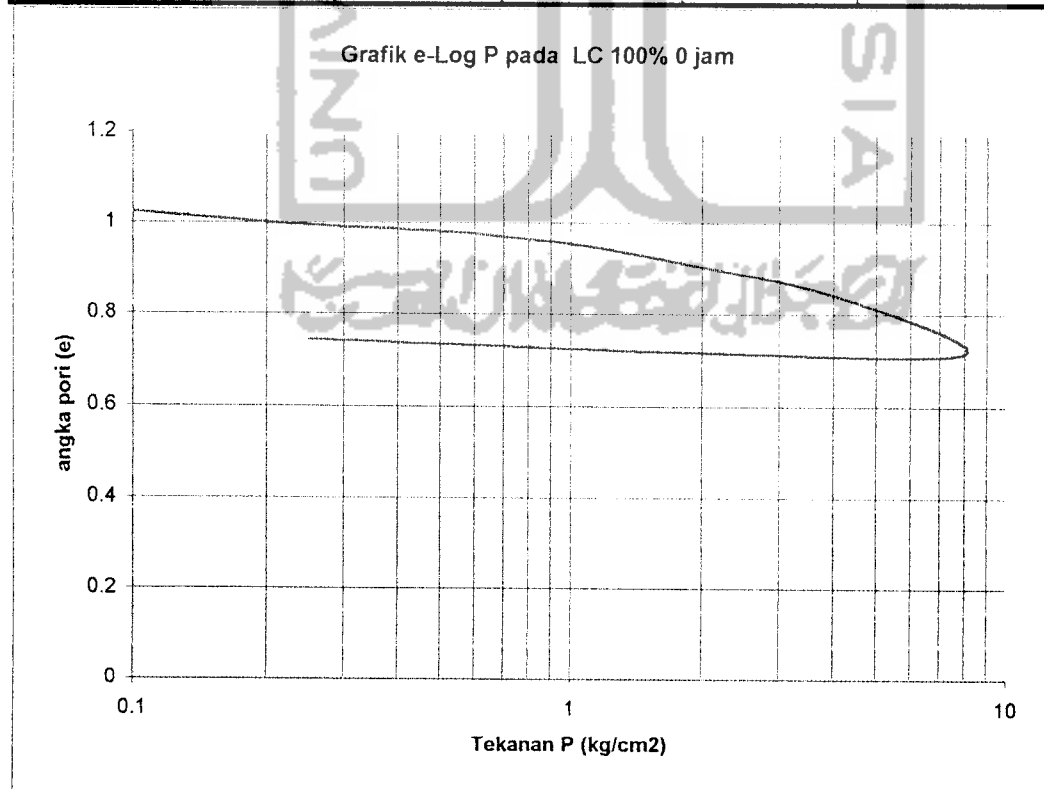
Beban	Pembacaan akhir dial	Perubahan tebal ΔH	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H_i}$	Angka pori $e = e_1 - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$
(kg/cm ²)	(mm)	(cm)			
0.00	10.000			0.972	
		0.048	0.045		
0.25	9.520			0.927	
		0.015	0.014		0.047
0.50	9.370			0.912	
		0.029	0.027		0.091
1.00	9.082			0.885	
		0.060	0.057		0.188
2.00	8.485			0.829	
		0.110	0.105		0.347
4.00	7.382			0.724	
		0.083	0.079		0.262
8.00	6.549			0.645	
				0.645	
2.00	6.624			0.645	
		-0.059	-0.056		0.061
0.25	7.21			0.701	
0.00					

Grafik e-Log P pada LC 20% 0 jam



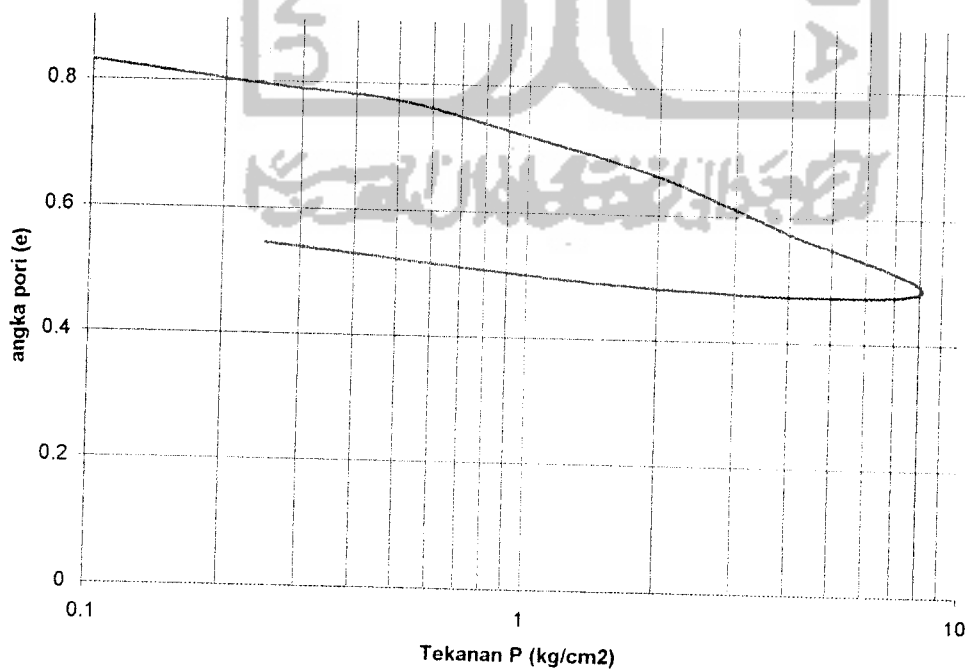
Beban (kg/cm ²)	Pembacaan akhir dial (mm)	Perubahan tebal ΔH (cm)	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H_i}$	Angka pori $e = e_1 - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{p_2}{p_1}}$
0.00	10.000			1.025	
0.25	9.695	0.031	0.030	0.995	
0.50	9.550	0.015	0.014	0.981	0.047
1.00	9.278	0.027	0.027	0.954	0.088
2.00	8.750	0.053	0.052	0.903	0.171
4.00	8.132	0.062	0.060	0.842	0.200
8.00	6.850	0.128	0.125	0.717	0.416
				0.717	
2.00	7.050			0.717	
0.25	7.340	-0.029	-0.028	0.746	0.031
0.00					

Grafik e-Log P pada LC 100% 0 jam



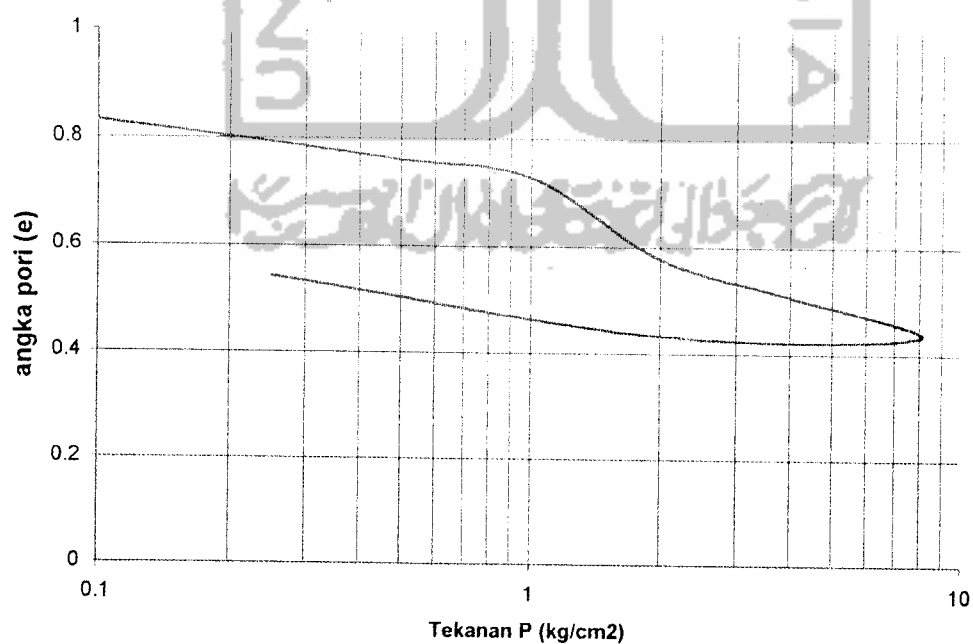
Beban	Pembacaan akhir dial	Perubahan tebal ΔH	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H_t}$	Angka pori $e = e_1 - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$
(kg/cm ²)	(mm)	(cm)			
0.00	10.000			0.832	
		0.040	0.036		
0.25	9.600			0.796	
		0.024	0.022		0.072
0.50	9.360			0.774	
		0.059	0.053		0.175
1.00	8.775			0.722	
		0.068	0.061		0.201
2.00	8.100			0.661	
		0.097	0.087		0.289
4.00	7.130			0.574	
		0.101	0.091		0.301
8.00	6.121			0.483	
				0.483	
2.00	6.2			0.483	
		-0.069	-0.062		0.068
0.25	6.885			0.545	
0.00					

Grafik e-Log P pada LC 0% 48 jam



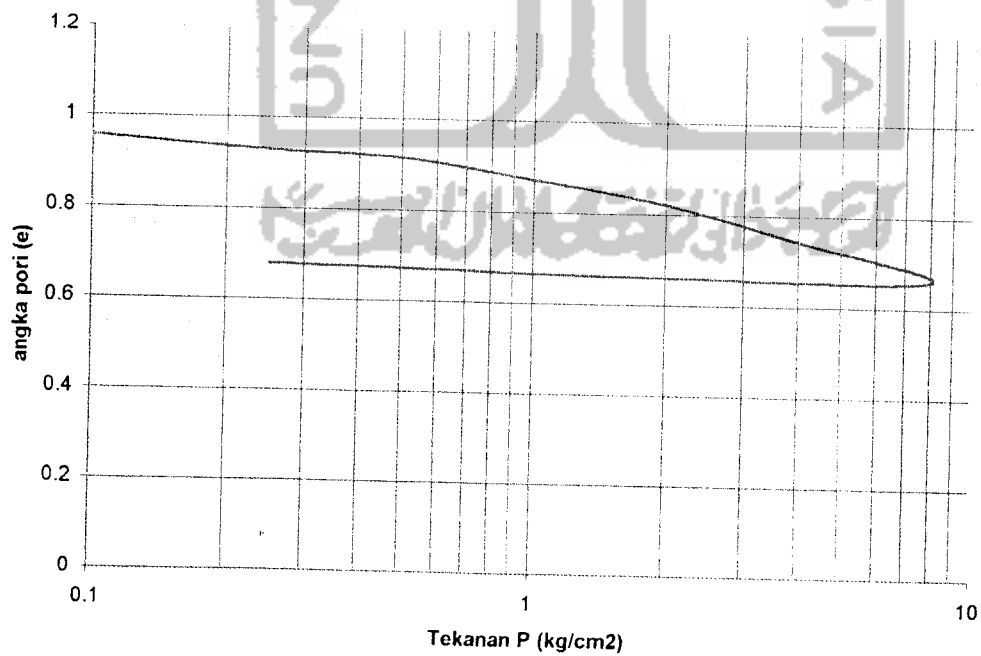
Beban	Pembacaan akhir dial	Perubahan tebal ΔH	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H_i}$	Angka pori $e = e_1 - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$
(kg/cm ²)	(mm)	(cm)			
0.00	10.000			0.832	
		0.043	0.039		
0.25	9.570			0.793	
		0.036	0.032		0.106
0.50	9.215			0.761	
		0.037	0.033		0.109
1.00	8.850			0.728	
		0.167	0.150		0.498
2.00	7.180			0.578	
		0.077	0.070		0.231
4.00	6.405			0.509	
		0.084	0.075		0.249
8.00	5.57			0.434	
				0.434	
2.00	6.025			0.434	
		-0.122	-0.109		0.121
0.25	7.24			0.543	
0.00					

Grafik e-Log P pada LC 8% 48 jam



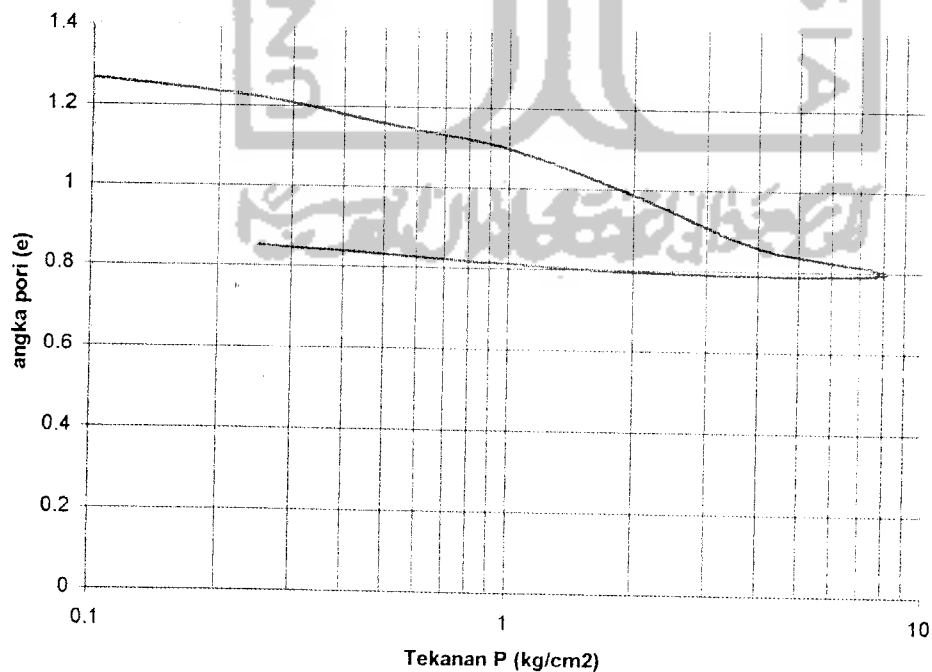
Beban	Pembacaan akhir dial	Perubahan tebal ΔH	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H_1}$	Angka pori $e = e_1 - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$
(kg/cm ²)	(mm)	(cm)			
0.00	10.000			0.957	
		0.030	0.028		
0.25	9.700			0.929	
		0.015	0.014		0.047
0.50	9.550			0.915	
		0.046	0.043		0.144
1.00	9.090			0.872	
		0.053	0.050		0.166
2.00	8.560			0.822	
		0.083	0.078		0.258
4.00	7.735			0.744	
		0.090	0.084		0.280
8.00	6.838			0.660	
				0.660	
2.00	7.095			0.660	
		-0.021	-0.019		0.021
0.25	7.3			0.679	
0.00					

Grafik e-Log P pada LC 12% 48 jam



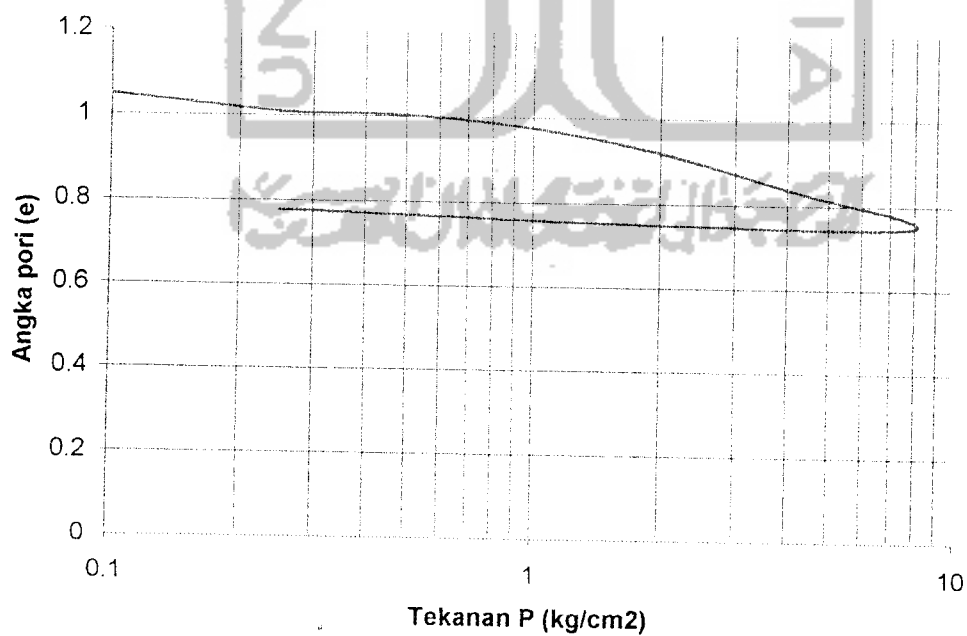
Beban	Pembacaan akhir dial	Perubahan tebal ΔH	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H_1}$	Angka pori $e = e_1 - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$
(kg/cm ²)	(mm)	(cm)			
0.00	10.000			1.267	
		0.040	0.044		
0.25	9.600			1.223	
		0.058	0.064		0.212
0.50	9.016			1.159	
		0.056	0.061		0.202
1.00	8.460			1.099	
		0.102	0.111		0.369
2.00	7.442			0.987	
		0.118	0.129		0.427
4.00	6.265			0.859	
		0.057	0.062		0.207
8.00	5.695			0.796	
				0.796	
2.00	6.372			0.796	
		-0.051	-0.055		0.061
0.25	6.878			0.852	
0.00					

Grafik e-Log P pada LC 20% 48 jam



Beban	Pembacaan akhir dial	Perubahan tebal ΔH	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H_i}$	Angka pori $e = e_i - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$
(kg/cm ²)	(mm)	(cm)			
0.00	10.000			1.048	
		0.038	0.038		
0.25	9.618			1.010	
		0.006	0.006		0.021
0.50	9.555			1.004	
		0.028	0.028		0.093
1.00	9.275			0.976	
		0.055	0.055		0.183
2.00	8.725			0.920	
		0.083	0.083		0.277
4.00	7.895			0.837	
		0.086	0.086		0.287
8.00	7.035			0.751	
				0.751	
2.00	7.23			0.751	
		-0.027	-0.028		0.031
0.25	7.505			0.778	
0.00					

Grafik e-Log P LC 100% 48 jam



KARTO PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	NAMA	NO. MHS.	BID. STUDI
1.	DIATRI NARAKATHI	96 319 136	GEOTEKNIK

JUDUL TUGAS AKHIR :

DISPLEMEN PADA TANAH ANJAU DENGAN DIMANS DENGAN PROJEK REINFORCED EARTH WALLING

PERIODE III : MARET - AGUSTUS

TAHUN : 2000 / 2001

No.	Kegiatan	Bulan Ke:					
		Marat	April	May	June	July	Agustus
1.	Pembelajaran						
2.	Pembelajaran Dengan Pemahaman						
3.	Pembelajaran Dengan Pemahaman						
4.	Seminar Proposal						
5.	Konsultasi Pemahaman						
6.	Sidang Sidang						
7.	Pembelajaran						

DIREKTOR PEMERIKSAAN
DIREKTOR PEMERIKSAAN

DR. IR. H. LUTFI H. M. S.
DR. IR. H. LUTFI H. M. S.

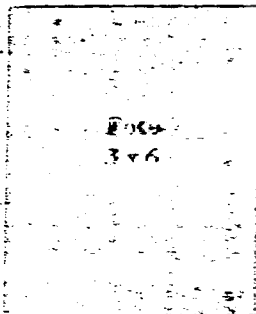


Foto
3 x 6



Yogyakarta, 14 MEI 2001

DR. IR. H. LUTFI H. M. S.

CARA

Seminar

Sidang

Pembelajaran

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO.	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
		<ul style="list-style-type: none"> • Edit • Tambahkan (time schedule) tanggal dalam proposal 	<i>[Signature]</i>
28/12	01	- Edit & konsultasikan ke DPL II <u>Pertemuan!</u> Berdiskusi tanggal awal TA, Ede sudah sangat paham. Hasil kerja bagus!	<i>[Signature]</i>
16/12	02	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis Ede dalam seleksi • Lampiran di beri nomor • Lampiran yang belum ada ditambahkan • Edit • Komitmen dari lembaga, lembaga • K. Suci, kepedulian orang Ede • Ditambahkan 	<i>[Signature]</i>
27/12	02	- Perbaiki & sempurnakan Ede • Kembangkan & Suci?	<i>[Signature]</i>

05/01 Diagram Model
 Diagram
 Bertanya dari Lampiran
 9, 10, 11, 12
 12/1/07

[Signature]
[Signature]
[Signature]