

**TUGAS AKHIR
STUDI KASUS**

**PENGGUNAAN GEOTEKSTIL UNTUK DRAIN ASE
VERTIKAL PADA PROSES KONSOLIDASI
DI JALAN LINGKAR UTARA SEMARANG SEKSI I**

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



Disusun oleh :

ARIEF SETIAWAN

No. Mhs. : 93 310 043
N I R M : 930051013114120042

CANDRA ARIWIBOWO

No. Mhs. : 93 310 127
N I R M : 930051013114120124

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

1998

**TUGAS AKHIR
STUDI KASUS**

**PENGGUNAAN GEOTEKSTIL UNTUK DRAIN ASE
VERTIKAL PADA PROSES KONSOLIDASI
DI JALAN LINGKAR UTARA SEMARANG SEKSI I**

Disusun oleh :

ARIEF SETIAWAN

No. Mhs. : 93 310 043

N I R M : 930051013114120042

CANDRA ARIWIBOWO

No. Mhs. : 93 310 127

N I R M : 930051013114120124

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

DR. Ir. Edy Purwanto, CES., DEA.

Dosen Pembimbing I

Tanggal :

E. Purwanto
22.8.1998

Ir. Akhmad Marzuko, MT.

Dosen Pembimbing II

AM
Tanggal : 24.8.1998

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji kami panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, serta shalawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **PENGUNAAN GEOTEKSTIL UNTUK DRAINASE VERTIKAL PADA PROSES KONSOLIDASI DI PROYEK JALAN LINGKAR UTARA SEMARANG SEKSI I.**

Tugas Akhir ini dilaksanakan untuk memenuhi persyaratan dalam rangka memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dengan selesainya penyusunan Tugas Akhir ini, tidak lupa penyusun mengucapkan banyak terima kasih atas segala bimbingan, saran, dan pengarahan serta nasehat, terutama kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSc, Phd, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Tadjuddin. BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak DR. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA, selaku Dosen Pembimbing I
4. Bapak Ir. Akhmad Marzuko, MT, selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak Ir. H. Munadhir, MT, selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.

6. Bapak Ir. Waspada Pelawi selaku "project officer" pada Proyek Jalan Lingkar Utara Semarang Seksi I.
7. Semua pihak yang telah membantu, yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu, hingga tersusunnya Tugas Akhir ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan mendapat pahala yang setimpal dari Allah SWT.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penyusun sangat mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat konstruktif.

Akhirnya penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan pembaca pada umumnya.

Billahittaufiq wal hidayah,

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Agustus 1998

Penyusun

Untuk

ayah, ibu,

Kakak, adik-adikku, dan

adikku Ermawati.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR GRAFIK	xix
DAFTAR NOTASI	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
INTISARI	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pokok Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Keaslian Penelitian.....	5
1.7 Hipotesis Penelitian.....	6

BAB II	TINJAUAN PUSTAKA	7
	2.1 Tanah.....	7
	2.1.1 Umum.....	7
	2.1.2 Berat volume Tanah dan Hubungan-hubungannya.....	8
	2.1.3 Klasifikasi Tanah.....	11
	2.1.4 Ukuran Partikel Tanah.....	14
	2.2 Tanah Lempung.....	15
	2.2.1 Mineral Lempung.....	15
	2.2.2 Susunan Tanah Lempung.....	17
	2.2.3 Sifat-sifat Umum Mineral Lempung.....	21
	2.2.4 Sifat Rekayasa Mineral Lempung.....	24
	2.2.5 Pengaruh Perubahan Volume pada Tanah Lempung....	30
	2.3 Konsolidasi Tanah.....	32
	2.3.1 Lempung “Normally Consolidated” dan “Overconsolidated.....	33
	2.3.2 Koefisien pemampatan (“Coefficient of Compression”) (α_v) Koefisien Perubahan Volume (M_v) (“Coefficient of Volume Change”).....	34
	2.3.3 Indeks Pemampatan (C_c) (“Compression Index”).....	35
	2.3.4 Tekanan Prakonsolidasi (p_c') (“Preconsolidation Pressure”).....	37
	2.3.5 Hitungan Penurunan Konsolidasi (S_c).....	38
	2.3.6 Kecepatan Penurunan Konsolidasi.....	39

2.3.6.1	Derajat Penurunan Konsolidasi.....	39
2.3.6.2	Teori Konsolidasi Satu Dimensi (“One Dimensional Consolidation”).....	41
2.3.7	Koefisien Konsolidasi (Cv) (“Coefficient of Consolidation”).....	44
2.3.7.1	Metode Kecocokan Log-Waktu (“Log-time Fitting method”).....	44
2.3.7.2	Metode Akar Waktu (“Square Root of Time Method”) (Taylor, 1948).....	46
2.3.8	Konsolidasi Sekunder.....	47
2.4	Penurunan.....	48
2.5	Geosintetik.....	50
2.5.1	Umum.....	50
2.5.2	Bahan dan Karakteristik Geoteknik.....	51
2.5.3	Tinjauan terhadap jenis Geotekstil.....	66
BAB III	LANDASAN TEORI	74
3.1	Penelitian Sifat Fisik Tanah.....	74
3.1.1	Kadar Air.....	74
3.1.2	Berat Volume tanah.....	74
3.1.3	Berat Jenis tanah.....	75
3.1.4	Batas-batas Konsistensi.....	75
3.1.5	Analisis Hidrometer.....	77
3.1.6	Analisis Saringan.....	78

BAB V	ANALISIS PERHITUNGAN	107
	5.1 Data Tanah.....	107
	5.2 Data Bahan.....	109
	5.3 Konsolidasi Tanpa Drainase Vertikal.....	109
	5.4 Drainase Vertikal Geotekstil pada Proses Konsolidasi.....	117
	5.4.1 Drainase Vertikal Geotekstil Susunan Segitiga samasisi.....	118
	5.4.2 Drainase Vertikal Geotekstil dengan Susunan Bujursangkar.....	126
	5.5 Komparasi.....	131
	5.6 Data pendukung.....	143
	5.6.1 Sifat Fisik Tanah.....	144
	5.6.2 Sifat Mekanik Tanah.....	145
BAB VI	PEMBAHASAN	146
	6.1 Waktu Konsolidasi.....	146
	6.2 Faktor Waktu Konsolidasi.....	152
	6.3 Prosentase Kecepatan Waktu Konsolidasi yang terjadi dengan Penggunaan Drainase Vertikal Geotekstil.....	155
	6.4 Data Pendukung.....	157
	6.4.1 Sifat Fisik Tanah Asli.....	157
	6.4.2 Sifat Mekanik Tanah.....	159

3.1.7	Kelolosan Air.....	78
3.2	Penelitian Sifat Mekanik Tanah.....	79
3.2.1	Konsolidasi.....	79
3.3	Metode Drainase Vertikal.....	81
3.3.1	Drainase Vertikal.....	81
3.3.2	Pola dan Tata letak Drainase Vertikal.....	83
3.3.3	Konsolidasi dengan Drainase Vertikal.....	84
3.3.4	Metoda Pelaksanaan.....	86
BAB IV	METODA PENELITIAN	89
4.1	Pekerjaan Persiapan.....	89
4.2	Pekerjaan Lapangan.....	89
4.3	Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah.....	90
4.3.1	Pemeriksaan Kadar Air.....	90
4.3.2	Pemeriksaan Berat Volume.....	91
4.3.3	Pemeriksaan Berat Jenis.....	92
4.3.4	Pemeriksaan Batas Konsistensi.....	93
4.3.5	Pemeriksaan Analisis Granuler.....	98
4.3.5.1	Analisis Hidrometer.....	98
4.3.5.2	Analisis Butiran	100
4.4	Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah.....	101
4.4.1	Uji Konsolidasi.....	101
4.5	Analisis drainase vertikal.....	103
4.6	Bagan Alir Penelitian	104

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	160
7.1 Kesimpulan.....	160
7.2 Saran-saran.....	163

PENUTUP

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

<u>Tabel</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Hal</u>
Tabel 2.1	Definisi dan Istilah-istilah dalam Tanah.....	9
Tabel 2.2	Klasifikasi tekstur tanah berdasarkan "U.S. Department of Agriculture Soil Classification.".....	12
Tabel 2.3	Klasifikasi tanah sistem AASHTO.....	14
Tabel 2.4	Batasan Ukuran Golongan Tanah.....	15
Tabel 2.5	Aktifitas mineral lempung.....	22
Tabel 2.6	Nilai indeks plastisitas dan macam tanah.....	28
Tabel 2.7	Harga batas Atterberg untuk mineral lempung.....	29
Tabel 2.8	Harga indeks kompresi (Cc) mineral lempung.....	30
Tabel 2.9	Harga koefisien konsolidasi mineral lempung.....	30
Tabel 2.10	Hubungan antara batas Atterberg dan potensi perubahan volume.....	31
Tabel 2.11	Tingkat "swelling pressure".....	32
Tabel 2.12	Hubungan faktor waktu (Tv) dan derajat konsolidasi (U)...	43
Tabel 2.13	Rentang nilai dari beberapa karakteristik teknik geosintetik yang ada di lapangan.....	61
Tabel 2.14	Hubungan antara bentuk dan fungsi Geosintetik.....	66
Tabel 2.15	"Colbondrain CX-1000 100 mm width Product Data Sheet".....	72

Tabel 2.16	Hasil Uji dari Colbondrain [®] CX-1000.....	73
Tabel 3.1	Nilai-nilai khas dari berat jenis untuk mineral-mineral tanah.....	75
Tabel 5.1	Hasil tes tanah pada Sta. 2-500.....	108
Tabel 5.2	Hasil tes konsolidasi Sta. 2-500.....	109
Tabel 5.3	Hasil perhitungan parameter tanah yang diekivalenkan....	111
Tabel 5.4	Waktu konsolidasi pada derajat konsolidasi tertentu.....	112
Tabel 5.5	Data propertis tanah timbunan.....	114
Tabel 5.6	Mencari p_o' pada kedalaman - 4.00 m.....	115
Tabel 5.7	Beban tanah yang digali sedalam -1.50 m.....	115
Tabel 5.8	Δp (akibat beban timbunan) pada kedalaman - 4.00 m.....	116
Tabel 5.9	p_o' (tekanan efektif) pada kedalaman -4.00 m sampai -13.50 m.....	116
Tabel 5.10	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.0$ dan jarak (s)= 150 cm Δ	121
Tabel 5.11	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.5$ dan jarak (s)= 150 cm Δ	121
Tabel 5.12	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 2.0$ dan jarak (s)= 150 cm Δ	122
Tabel 5.13	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.0$ dan jarak (s)=150 cm \square	128

Tabel 5.14	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.5$ dan jarak (s)=150 cm \square	128
Tabel 5.15	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 2.0$ dan jarak (s)=150 cm \square	129
Tabel 5.16	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.0$ dan jarak (s)=100 cm Δ	132
Tabel 5.17	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.5$ dan jarak (s)=100 cm Δ	133
Tabel 5.18	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 2.0$ dan jarak (s)=100 cm Δ	133
Tabel 5.19	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.0$ dan jarak (s)=100 cm \square	135
Tabel 5.20	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.5$ dan jarak (s)=100 cm \square	136
Tabel 5.21	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 2.0$ dan jarak (s)=100 cm \square	136
Tabel 5.22	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.0$ dan jarak (s)=200 cm Δ	138
Tabel 5.23	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.5$ dan jarak (s)=200 cm Δ	139
Tabel 5.24	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 2.0$ dan jarak (s)=200 cm Δ	139

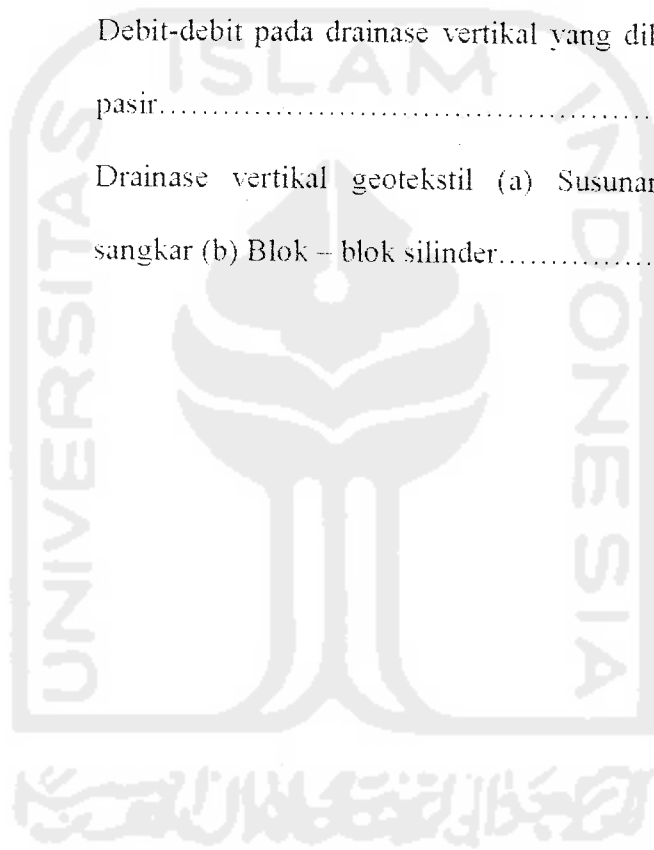
Tabel 5.25	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.0$ dan jarak (s)=200 cm □	141
Tabel 5.26	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.5$ dan jarak (s)=200 cm □	142
Tabel 5.27	Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 2.0$ dan jarak (s)=200 cm □	142
Tabel 5.28	Sifat fisik Tanah Kasongan	144
Tabel 5.29	Analisis butiran tanah Kasongan	144
Tabel 5.30	Hasil uji konsolidasi tanah Kasongan	145
Tabel 6.1	Persentase waktu konsolidasi dengan drainase vertikal geotekstil dan tanpa drainase vertikal geotekstil.....	155
Tabel 6.2	Persentase waktu konsolidasi dengan C_h/C_v tertentu.....	156
Tabel 6.3	Persentase waktu konsolidasi dengan susunan tertentu...	156
Tabel 6.4	Persentase waktu konsolidasi dengan jarak tertentu.....	157

DAFTAR GAMBAR

<u>Gambar</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Hal</u>
Gambar 2.1	Diagram fase tanah.....	8
Gambar 2.2	“U.S Bureau of Soils triangular classification chart”....	12
Gambar 2.3	Mineral-mineral lempung (Grim, 1953).....	17
Gambar 2.4	Diagram skematik struktur mineral : (a) “Kaolinite”, (b) “Illite” dan (c) “Montmorillonite” (Lambe, 1953).....	19
Gambar 2.5	(a) Struktur atom “kaolinite” dan (b) Struktur atom “monmorillonite” (Grim, 1959).....	20
Gambar 2.6	Batas-batas Atterberg.....	25
Gambar 2.7	Variasi volume dan kadar air pada kedudukan batas cair, batas plastis, dan batas susutnya.....	27
Gambar 2.8	Indeks pemampatan (Cc).....	36
Gambar 2.9	Menentukan pe' cara Cassagrande (1936).....	38
Gambar 2.10	Kurva hubungan $e - p'$ bila kurva dianggap linier.....	40
Gambar 2.11	Variasi kondisi air pori.....	43
Gambar 2.12	Metoda logaritma waktu.....	45
Gambar 2.13	Metode akar waktu.....	47
Gambar 2.14	Sifat khusus grafik hubungan ΔH terhadap $e - \log p'$	50
Gambar 2.15	Peran dan fungsi geosintetik ditinjau dari segi teknik sipil.....	54

Gambar 2.16	Macam-macam tes tarik (Hausmann, 1990).....	57
Gambar 2.17	Beberapa kondisi penyebab kemungkinan pecah dan coblos pada geotekstil.....	58
Gambar 2.18	Beberapa variasi dari tipe Geogrid (Koerner, 1985) (a) "Nondeformed nets", (b) "Deformed grids" dan (c) "Grid formed from joined polymeric strip".....	65
Gambar 2.19	Jenis benang sintetik.....	68
Gambar 2.20	Proses "needlepunched".....	70
Gambar 2.21	Jenis Geotekstil (a) tipe "nonwoven, (b) tipe "woven" dan (c) tipe "knitted".....	71
Gambar 3.1	Struktur drainase vertikal (a) lapisan dasar kedap air (b) lapisan dasar lolos air	82
Gambar 3.2	Blok-blok silindris dengan pola bujur sangkar.....	83
Gambar 3.3	Blok-blok silindris dengan pola segitiga.....	84
Gambar 3.4	Sketsa pelaksanaan "vertical fibre drain".....	88
Gambar 5.1	Profil Tanah.....	108
Gambar 5.2	Sketsa tebal lapis tanah dan parameternya.....	110
Gambar 5.3	Sketsa ketebalan lapisan tanah.....	110
Gambar 5.4	(a) Kondisi tanah mula-mula (b) Kondisi tanah setelah penggalian dan dilakukan penimbunan (c) Profil penimbunan yang dilakukan	114

Gambar 5.5	Struktur drainase vertikal	
	(a) Struktur drainase vertikal kondisi drainase tunggal	
	(b) Susunan drainase vertikal dengan segitiga samasisi	
	(c) Ekuivalensi nilai r dari bentuk "band drain" ke bentuk silinder.....	119
Gambar 5.6	Blok silinder drainase vertikal.....	124
Gambar 5.7	Debit-debit pada drainase vertikal yang dilewatkan pasir.....	125
Gambar 5.8	Drainase vertikal geotekstil (a) Susunan Bujur sangkar (b) Blok – blok silinder.....	126



DAFTAR GRAFIK

<u>Grafik</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Hal</u>
Grafik 5.1	Hubungan antara U dan t pada kondisi tanah tanpa drainase vertikal geotekstil.....	112
Grafik 5.2	Hubungan U dan t susunan segitiga samasisi, $s=150$ cm dengan Ch/Cv tertentu.....	123
Grafik 5.3	Hubungan U dan t susunan bujursangkar, $s=150$ cm dengan Ch/Cv tertentu.....	130
Grafik 5.4	Hubungan U dan t susunan segitiga samasisi, $s=100$ cm pada Ch/Cv tertentu.....	134
Grafik 5.5	Hubungan U dan t susunan bujursangkar, $s=100$ cm dengan Ch/Cv tertentu.....	137
Grafik 5.6	Hubungan U dan t susunan segitiga samasisi, $s=200$ cm dengan Ch/Cv tertentu.....	140
Grafik 5.7	Hubungan U dan t susunan bujursangkar, $s=200$ cm dengan Ch/Cv tertentu.....	143
Grafik 6.1	Hubungan U dan t pada konsolidasi tanah tanpa drainase vertikal geotekstil dan tanah dengan drainase vertikal geotekstil.....	147
Grafik 6.2	Hubungan U dan t dengan susunan drainase vertikal tertentu $s=150$ cm dan $Ch/Cv=1.5$	148
Grafik 6.3	Hubungan U dan t dengan Ch/Cv tertentu.....	149

Grafik 6.4	Hubungan U dan t pada s tertentu.....	150
Grafik 6.5	Hubungan U dan t pada n tertentu.....	151
Grafik 6.6	Hubungan U dan T_v dengan susunan drainase vertikal berbeda.....	152
Grafik 6.7	Hubungan U dan T_r dengan susunan drainase vertikal berbeda.....	153
Grafik 6.8	Hubungan U , T_v dan T_r	154

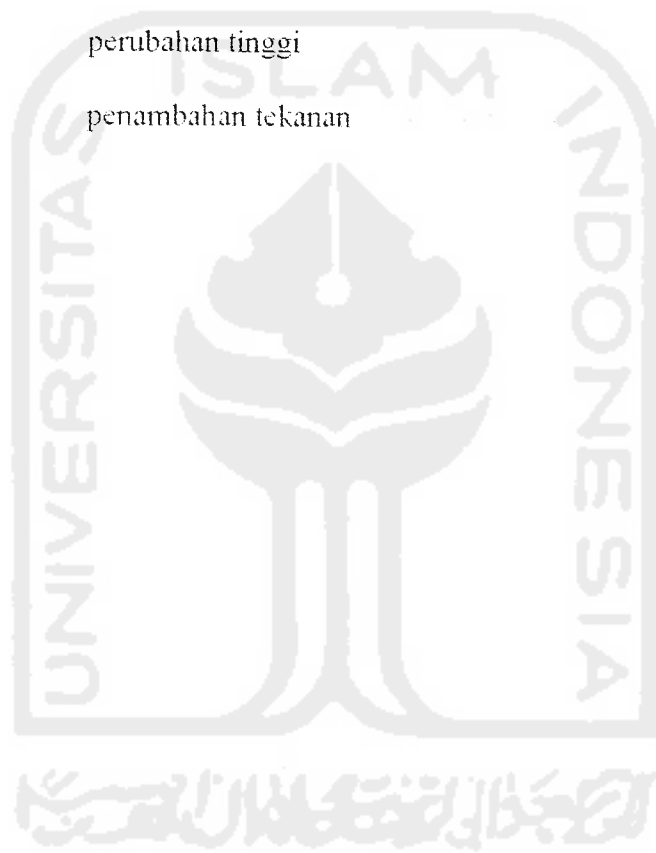


DAFTAR NOTASI

<u>Simbol</u>	<u>Penjelasan</u>
A	Luasan permukaan drainase vertikal
a_v	koefisien pemampatan
Cc	indeks pemampatan
Ch	koefisien konsolidasi horisontal
Cr	indeks pemampatan kembali
Cv	koefisien konsolidasi vertikal
C α	indeks pemampatan sekunder
df	diameter serat
e	angka pori
Gs	berat jenis butiran tanah
H	tebal lapisan tanah
h	tebal pasir
i	gradien hidrolis
k	koefisien rembesan
LL	batas cair
m_v	koefisien pemampatan volume
N	jumlah pukulan dalam test batas cair
n	porositas
OCR	“overconsolidation ratio”

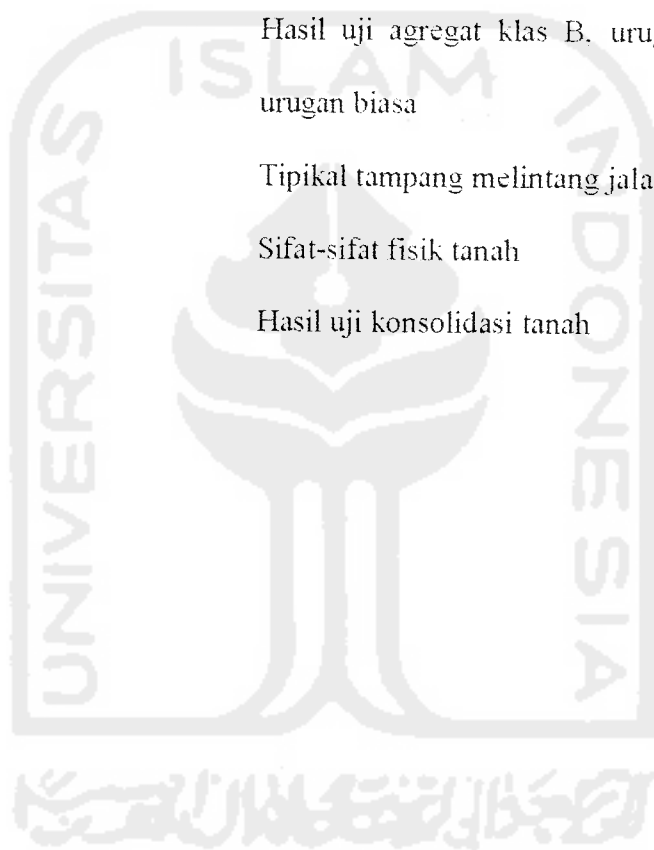
PI	indeks plastisitas
PL	batas plastis
P_c	tekanan prakonsolidasi
P_0	tekanan efektif awal akibat berat tanah di atasnya
R	jari-jari pengaruh
r	Jari-jari ekuivalen "strip drain"
S_c	penurunan konsolidasi primer
SL	batas susut ("shrinkage limit")
Sr	derajat kejenuhan
Ss	penurunan konsolidasi sekunder
S_T	penurunan total
S_t	penurunan konsolidasi primer pada waktu t
Th	faktor waktu horisontal
Tv	faktor waktu vertikal
t	Waktu
t_{50}, t_{90}	waktu yang dibutuhkan untuk konsolidasi 50% dan 90%
U	derajat konsolidasi
u	tekanan air pori
V	volume
v	viskositas
V_s	volume butiran tanah
V_v	volume pori
V_w	volume air
W	berat

w	kadar air
γ	Berat isi tanah
γ_d	Berat isi kering
γ_s	Berat isi butir
γ_w	Berat isi air
Δe	perubahan angka pori
ΔH	perubahan tinggi
Δp	penambahan tekanan



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Uji Colbondrain CX-1000
Lampiran 2	Profil Tanah, test sifat fisik tanah dan tes konsolidasi tanah 2+500
Lampiran 3	Hasil uji agregat klas B, urugan pilihan dan urugan biasa
Lampiran 4	Tipikal tampang melintang jalan
Lampiran 5	Sifat-sifat fisik tanah
Lampiran 6	Hasil uji konsolidasi tanah



INTISARI

Pembangunan suatu jalan raya pada suatu saat harus melewati daerah, dimana tanahnya adalah tanah kohesif. Hal ini perlu mendapat perhatian karena bergelombangnya permukaan dan rusaknya badan jalan raya terutama pada transisi antara galian dan timbunan serta pada abutmen-abutmen jembatan terkadang disebabkan oleh memurunnya tanah timbunan yang dipadatkan kurang sempurna, tetapi dalam kasus lain, hal ini disebabkan oleh konsolidasi dari lapisan-lapisan tanah yang ada di bawahnya.

Jika suatu lapisan tanah mengalami tambahan beban di atasnya, maka air pori akan mengalir dari lapisan tersebut dan volumenya akan menjadi lebih kecil. Proses ini sering disebut dengan istilah konsolidasi. Kecepatan konsolidasi yang rendah pada tanah kohesif seperti lempung, lanau dan tanah yang mudah mampat lainnya dapat dipercepat dengan menggunakan drainase vertikal ("vertical drain") yang memperpendek lintasan pengaliran. Proses konsolidasi ini mempercepat pula kenaikan kuat geser tanah asli dan mempercepat penurunannya.

Dalam menganalisis drainase vertikal geotekstil ini digunakan data-data dari Laboratorium Mekanika Tanah UNDIP dengan susunan segitiga samasisi, jarak antar drainase 150 cm. Dilakukan perbandingan antara susunan segitiga samasisi dengan susunan bujursangkar dan rasio nilai $C_h/C_v = 1.0; 1.5; \text{ dan } 2.0$ dengan jarak antara drainase $s = 100 \text{ cm}, 150 \text{ cm}, \text{ dan } 200 \text{ cm}$. Dengan perbandingan kondisi yang ada tersebut akan diperlihatkan hubungan antara susunan yang dipilih dengan kondisi tanah yang ada serta jarak yang ditentukan dengan hasil berupa waktu konsolidasi dari penggunaan drainase vertikal geotekstil pada tanah kohesif.

Pengunaan drainase vertikal geotekstil memberikan waktu yang lebih pendek pada derajat konsolidasi tertentu dengan hasil adalah 0,923 % - 3,89 % (susunan segitigasamasisi) dari waktu konsolidasi jika tanpa drainase vertikal geotekstil, dan 1,09% - 4,52% (susunan bujursangkar).

Hasil uji pada tanah Kasongan adalah jenis tanahnya lempung dengan koefisien konsolidasinya (C_v) adalah untuk $\Delta P = 0.25 \text{ kg cm}^2$ nilai $C_v = 17.0537 \cdot 10^{-04} \text{ cm}^2 \text{ detik}$ dan $\Delta P = 8 \text{ kg cm}^2$ nilai $C_v = 0.4701 \cdot 10^{-04} \text{ cm}^2 \text{ detik}$.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada bangunan teknik sipil (bangunan tanggul, bendungan, timbunan jalan raya, dan sebagainya) banyak masalah yang timbul karena kurang menyadari bahwa penurunan merupakan proses yang lambat laun, dan dapat berlangsung sampai bertahun-tahun lamanya hingga terjadinya penurunan akhir total yang besar.

Pembangunan suatu jalan raya pada suatu saat harus melewati daerah, dimana tanahnya adalah tanah kohesif. Hal ini perlu mendapat perhatian karena bergelombangnya permukaan dan rusaknya badan jalan raya terutama pada transisi antara galian dan timbunan serta pada abutmen-abutmen jembatan terkadang disebabkan oleh menurunnya tanah timbunan yang dipadatkan kurang sempurna, tetapi dalam kasus lain, hal ini disebabkan oleh konsolidasi dari lapisan-lapisan tanah yang ada di bawahnya.

Tanah akan mengalami deformasi karena beban. Apabila deformasi terjadi pada bagian-bagian yang tidak sama dari bangunan dapat menyebabkan tegangan yang berlebihan dalam bagian-bagian bangunan tersebut, maka dalam hal ini akan

menyebabkan suatu keruntuhan struktural. Jika suatu lapisan tanah mengalami tambahan beban di atasnya, maka air pori akan mengalir dari lapisan tersebut dan volumenya akan menjadi lebih kecil. Proses ini sering disebut dengan istilah konsolidasi. Kecepatan konsolidasi yang rendah pada tanah kohesif seperti lempung, lanau dapat dipercepat dengan menggunakan drainase vertikal ("vertical drain") yang memperpendek lintasan pengaliran. Proses konsolidasi ini mempercepat pula kenaikan kuat geser tanah asli dan mempercepat penurunannya.

Penggunaan geotekstil akan memberikan perbaikan tanah dalam berbagai cara. Sejumlah anyaman dari bahan sintetis yang digunakan untuk pembuatan geotekstil dapat ditenun atau dirajut dan dipakai sebagai lapisan untuk memperkuat massa tanah atau dalam bentuk lembaran plastik, baik itu permeabel atau tidak permeabel dapat digunakan untuk membuat bagian tanah menjadi tahan terhadap air, mengontrol erosi, atau memisahkan bahan-bahan yang sangat berlainan. Konfigurasi anyaman tertentu dapat dipasangkan di dalam tanah sebagai "vertical fibre drain" yakni untuk drainase vertikal tanah.

Drainase vertikal akan memperpendek lintasan pengaliran dengan penggunaan geotekstil berkapasitas alir yang tinggi, sehingga mempercepat konsolidasi dari tanah kohesif (aliran tetap berjalan walaupun konsolidasi melengkungkan drainase vertikal geotekstil). Hal tersebut akan mengakibatkan penurunan yang terjadi dari tanah kohesif terjadi dalam waktu yang relatif pendek.

1.2 Pokok Masalah

Pada pembangunan di daerah bertanah kohesif perlu mendapat perhatian khusus mengenai konsolidasi tanah. Pada umumnya proses konsolidasi berlangsung lama maka dibutuhkan suatu cara untuk mempercepat terjadinya proses konsolidasi sekaligus meningkatkan stabilitas tanah. Secara garis besar dapat diambil pokok masalah sebagai berikut ini.

1. Konsolidasi tanah kohesif di bawah beban timbunan, pada umumnya memerlukan waktu yang relatif lama.
2. Proses penurunan konsolidasi dan waktu yang diperlukan untuk penurunan tersebut akibat beban statis tetap.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperkenalkan penggunaan bahan geotekstil pada drainase vertikal di daerah bertanah kohesif. Adapun tujuan lain yang akan dicapai adalah:

1. mengetahui serta memahami aplikasi drainase vertikal dengan bahan geotekstil pada daerah bertanah kohesif,
2. mengetahui analisis perhitungan dan pelaksanaan drainase vertikal geotekstil,
3. mengetahui nilai banding waktu konsolidasi pada tanah tersebut, dan
4. mengetahui ketebalan "sand blanket" yang dibutuhkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memperkenalkan penggunaan dan analisis perhitungan drainase vertikal geotekstil untuk para praktisi lapangan juga untuk para kontraktor yang menangani proyek-proyek dengan permasalahan tersebut diatas.

1.5 Batasan Masalah

Permasalahan mengenai tanah dan bahan geosintetik dalam hal ini geotekstil sangat kompleks, dilihat dari jenisnya yang bermacam-macam tentunya mempunyai sifat dan karakteristik sendiri-sendiri yang akan berpengaruh pada penggunaan drainase vertikal. Oleh karena itu untuk menghindari banyaknya masalah yang mungkin akan terjadi maka perlu dilakukan pembatasan sebagai berikut:

1. Jenis tanahnya adalah tanah kohesif, yang berasal dari Laboratorium Mekanika Tanah UNDIP untuk Proyek Jalan Lingkar Utara Semarang Seksi I, sedangkan untuk penelitian laboratorium diambil dari tanah Kasongan, Bantul, DIY, pada kedalaman -1,00 m.
2. Bahan geosintetik yang dipakai dalam studi ini adalah geotekstil "non-woven" Colbondrain® CX-1000 yang dipakai sebagai bahan drainase vertikal berupa "strip drain" yang biasa juga disebut dengan "vertical fibre drain".
3. Penurunan yang diperhitungkan adalah penurunan konsolidasi (konsolidasi primer) dengan kondisi tanah lempung "normally consolidated" dengan derajat konsolidasi (U) maksimal adalah 90 %.

4. Data tanah pada Sta. 2 + 500 pada kedalaman tanah -4.00 m dan -5.00 m digunakan sebagai data analisis perhitungan.
5. Sistem lapisan tanah diasumsikan lapisan di bagian atas lolos air, di bagian bawah kedap air (drainase tunggal) dengan tebal tanah kohesif 12 m sesuai dengan kedalaman pemancangan drainase vertikal geotekstil pada Proyek Jalan Lingkar Utara Semarang Seksi I.
6. Jarak antara drainase vertikal 100 cm, 150 cm dan 200 cm dengan pola segitiga samasisi, rasio Ch/Cv dipakai 1,0; 1,5; dan 2,0 dan ketebalan "sand blanket" 30 cm.

1.6 Keaslian Penelitian

Dalam penelitian Tugas Akhir dikenal beberapa macam cara untuk menentukan permasalahan yang akan diteliti. Penelitian awal adalah penelitian pertama kali yang dilakukan terhadap suatu permasalahan. Dengan kata lain penelitian ini dilakukan berdasarkan masalah baru yang muncul kemudian dihubungkan dengan teori-teori yang mendasarinya dan menentukan kesimpulan penyelesaian masalah tersebut. Penelitian lanjutan adalah penelitian yang dilakukan setelah penelitian awal, karena pada penelitian awal tersebut ada beberapa masalah yang muncul dan belum terselesaikan.

Penelitian tugas akhir dengan menggunakan geotekstil nonwoven Colbondrain® CX-1000 dapat dikategorikan sebagai cara yang pertama, karena permasalahan mengenai drainase vertikal dengan penggunaan geotekstil ini baru pertama kali dilakukan dengan didasari teori-teori yang sudah ada baik itu dari

literatur, brosur-brosur maupun tugas-tugas akhir mahasiswa yang ada hubungannya dengan permasalahan yang dihadapi.

1.7 Hipotesis Penelitian

Penggunaan geotekstil non woven Colbondrain® CX-1000 akan mempercepat proses konsolidasi tanah.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

2.1.1 Umum

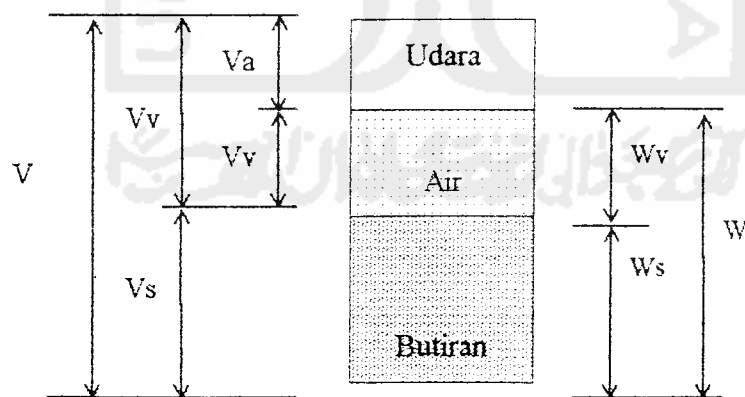
Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas ("loose"), yang terletak di atas batuan dasar ("bed rock"). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara atau keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, dapat terjadi akibat adanya pengaruh erosi, angin, air, es, manusia atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel dapat berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya. Umumnya pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia lainnya. Jika berhasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual

("residual soil") dan apabila telah berpindah tempatnya disebut dengan tanah terangkut ("transported soil").

Istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas yang telah ditentukan, akan tetapi istilah sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Sebagai contoh, lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedangkan pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis.

2.1.2 Berat Volume Tanah dan Hubungan-hubungannya

Segumpal tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian. Dalam tanah yang kering hanya terdiri dari dua bagian, yaitu butir-butir tanah dan pori-pori udara. Dalam tanah yang jenuh juga terdapat dua bagian, yaitu bagian padat atau butiran dan air pori. Dalam keadaan tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian padat atau butiran, pori-pori udara, dan air pori. Bagian-bagian tanah dapat digambarkan dalam bentuk diagram fase, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Diagram fase tanah

dengan :

- V = Volume total
- V_v = Volume pori
- V_a = Volume udara
- V_w = Volume air
- W = Berat total
- W_w = Berat air
- W_s = Berat butiran

Definisi serta istilah-istilah yang dipakai untuk menyatakan berat isi, banyaknya pori, serta jumlah air dan udara dalam tanah, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Definisi dan istilah-istilah dalam tanah

Sifat	Simbol	Definisi
Berat isi tanah	γ	Perbandingan antara berat tanah seluruhnya dengan isi tanah seluruhnya.
Berat isi butir	γ_s	Perbandingan antara berat butir dengan isi butir
Berat isi air	γ_w	Perbandingan antara berat air dengan isi air
Berat isi kering	γ_d	Perbandingan antara berat butir dengan isi tanah seluruhnya.
Kadar air	w	Perbandingan antara berat air dengan berat butir tanah
Angka pori	e	Perbandingan antara isi pori dengan isi butir tanah
Porositas	n	Perbandingan antara isi pori dengan isi tanah seluruhnya
Berat jenis	G	Perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air
Derajat kejenuhan	S_r	Perbandingan antara isi air pori dengan isi pori

Sumber : L.D Wesley. Mekanika Tanah, 1977.

Hubungan-hubungan volume yang biasa digunakan dalam mekanika tanah adalah angka pori, porositas, dan derajat kejenuhan. Adapun hubungan-hubungannya adalah sebagai berikut ini.

a. Kadar air (W)

$$W = W_w / W_s \times 100\% \quad (2.1)$$

$$W = (e S_r \gamma_w) / (G \gamma_w) \quad (2.2)$$

$$W = (e S_r) / (G) \quad (2.3)$$

dimana: $w G = e S_r$

b. Berat isi (γ)

$$\gamma = W / V \quad (2.4)$$

$$\gamma = (\gamma_w (G + e S_r)) / (1 + e) \quad (2.5)$$

$$\gamma = (\gamma_w (G + w G)) / (1 + e) \quad (2.6)$$

$$\gamma = (\gamma_w G(1 + w)) / (1 + e) \quad (2.7)$$

c. Angka pori (e)

$$e = V_v / V_s \quad (2.8)$$

$$e = ((\gamma_w G(1 + w)) / \gamma) - 1 \quad (2.9)$$

d. Berat isi kering (γ_d)

$$\gamma_d = W_s / V \quad (2.10)$$

$$\gamma_d = \gamma / (1 + w) \quad (2.11)$$

e. Porositas (n)

$$n = V_v / V \quad (2.12)$$

$$n = e / (1 + e) \quad (2.13)$$

f. Berat isi butir (γ_s)

$$\gamma_s = W_s/V_s \quad (2.14)$$

g. Derajat kejenuhan (S_r)

$$S_r = (V_w/V_v) \times 100\% \quad (2.15)$$

(Dasar-dasar Analisis Geoteknik I.S. Dunn, L.R. Anderson, F.W.Kiefer, 1980)

2.1.3 Klasifikasi Tanah

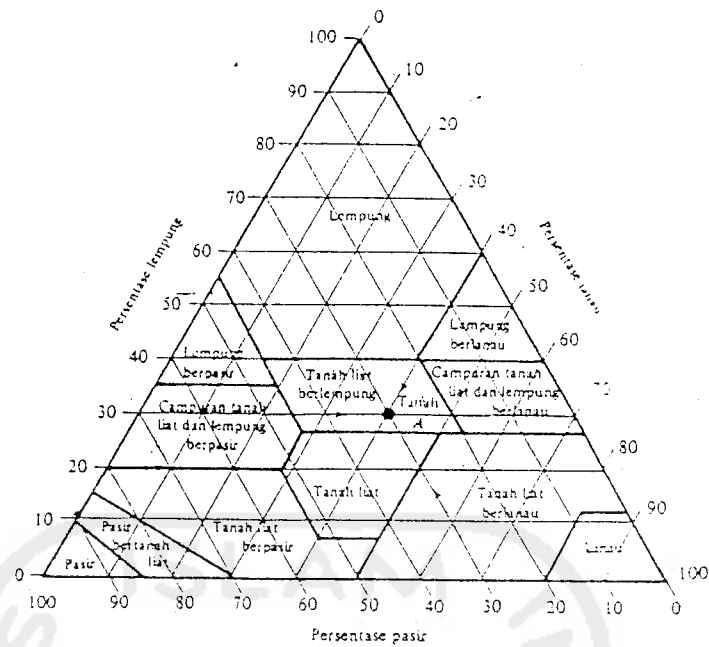
Sistem klasifikasi tanah merupakan suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitasnya.

1. Klasifikasi berdasarkan tekstur

Tekstur tanah merupakan keadaan permukaan tanah, dimana tekstur tanah ini dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada pada tanah. Dalam sistem klasifikasi ini tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya.

Klasifikasi menurut "U.S Bureau of Soils triangular classification chart" didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah seperti yang ditunjukkan Gambar

2.2.



Gambar 2.2 “U.S Bureau of Soils triangular classification chart” (mengacu pada D.S. Taylor, “Fundamentals of Soil Mechanics”, Wiley, New York, 1948.)

Tabel 2.2 Klasifikasi tekstur tanah berdasarkan “U.S. Department of Agriculture Soil Classification.”

Diameter Butiran Tanah (mm)	
Pasir	2,00 – 0,05
Lanau	0,05 – 0,002
Lempung	< 0,002

Sumber: “Construction and Geotechnical Methods in Foundation Engineering” R.M Koerner. 1985.

2. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi tanah AASHTO (“American Association of State Highway and Transportation Officials Classification”)(3) mengacu pada AASHTO Standard Specification for Transportation Material and Methods of Sampling and Testing, Part II. 1982, berguna untuk menentukan kualitas tanah guna perencanaan timbunan jalan, subbase dan subgrade. Sistem AASHTO membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks

Tabel 2.3 Klasifikasi tanah sistem AASHTO

Klasifikasi umum	Material granuler (<35% lolos saringan no.200)							Tanah-tanah lanau - lempung (>35% lolos saringan no.200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Analisis saringan (% lolos)											
2.00 mm (no. 10)	50 maks	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.425 mm (no. 40)	30 maks	50 maks	51 min	—	—	—	—	—	—	—	—
0.075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos saringan no. 40											
Batas cair (LL)	—	—	—	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	6 maks	—	np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (Gi)	0	0	0	0	0	4 maks	4 maks	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	pecahan batu, kerikil dan pasir	pasir halus	kerikil berlanau atau berlempung dan pasir					tanah berlanau		tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai dasar	sangat baik sampai baik							sedang sampai buruk			

Catatan: Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PI).

Untuk PI > 30, klasifikasinya A-7-5;

untuk PI < 30, klasifikasinya A-7-6.

np = nonplastis.

Sumber : Mekanika Tanah 1, HC. Hardiyatmo, 1992.

2.1.4 Ukuran Partikel Tanah

Tanah secara umum dapat diklasifikasikan sebagai kerikil, pasir, lanau, dan lempung tergantung dari ukuran partikel yang dominan. Pada Tabel 2.4 diberikan batas rentang besar ukuran butiran tanah menurut beberapa spesifikasi.

Fraksi sangat halus tersusun dari butiran yang berukuran lebih kecil dari 1 μ m. Untuk dapat melihat ukuran butiran tanah yang sedemikian kecilnya harus menggunakan mikroskop elektron, sedang struktur molekul dapat dianalisis dengan menggunakan difraksi sinar-x

kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan hanya analisis saringan dan batas-batas Atterberg. Sistem Klasifikasi AASHTO, dapat dilihat dalam Tabel 2.3. Indeks kelompok (“group index”) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan persamaan:

$$GI = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15)(PI - 10) \quad (2.16)$$

dengan:

- GI = indeks kelompok (“group index”)
- F = persen material lolos saringan no. 200
- LL = batas cair
- PI = indeks plastis



Tabel 2.4 Batasan ukuran golongan tanah.

Klasifikasi	Ukuran Butiran Tanah (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
MIT	> 2	2 – 0,06	0,06 – 0,002	< 0,002
USDA	> 2	2 – 0,05	0,05 – 0,002	< 0,002
AASHTO	76,2 – 2	2 – 0,075	0,075 – 0,002	< 0,002
USCS	7,62 – 4,75	4,75 – 0,075	< 0,0075	< 0,0075

Sumber: "Construction and Geotechnical Methods in Foundation Engineering." R.M. Koerner. 1985

2.2 Tanah Lempung

2.2.1 Mineral Lempung

Lempung mempunyai diameter butir efektif lebih kecil dari 0,002 m, sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopik dan submikroskopik yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung dan mineral lainnya.

Fraksi tanah yang mempunyai diameter butir lebih kecil dari 0,002 mm ini dapat menimbulkan pengertian yang berbeda. Hal ini berkenaan dengan mineral lempung yang merupakan substansi kristal, terutama dihasilkan dari proses pelapukan kimia pada pembentukan mineral batuan, biasanya tidak terdapat ukuran partikel besar (Yong dan Warkentin, 1975) (10). Istilah lempung bila dihubungkan dengan komposisi ukuran fisik ("clay size") adalah partikel yang ukurannya lebih kecil dari 0,002 mm, sedangkan mineral lempung hubungannya dengan komposisi dari ukuran mineral yang dikandungnya.

Ditinjau dari segi mineral, yang disebut dengan tanah lempung dan mineral lempung adalah tanah yang mempunyai ukuran partikel mineral tertentu dan mempunyai sifat plastis bila ada pengaruh air (Grim, 1953)(2) mengacu pada "Clay Mineralogy". Mineral lempung menunjukkan karakteristik gaya tarik menarik dengan air dan menghasilkan plastisitas yang tidak ditunjukkan oleh material lainnya walaupun material tersebut berukuran lempung. Dengan demikian kwarsa, felspar, dan mika yang berukuran submikroskopik, meskipun mempunyai ukuran partikel yang sangat kecil tidak dapat disebut sebagai tanah lempung, karena umumnya tidak dapat menyebabkan terjadinya sifat plastis pada tanah.

Secara kimiawi mineral lempung merupakan ikatan dari "hydros allumino-silicate" yaitu ikatan antara air, aluminium atau magnesium dan silika ditambah dengan ion-ion metal. Bentuk fisik mineral lempung jika dilihat dengan mikroskop elektron adalah kristal berbentuk "plates" atau lempengan dan "flakes" atau lembaran. Dilihat dari difraksi sinar-x, mineral-mineral lempung tersebut berupa lembaran kristal dan merupakan struktur atom yang berulang.

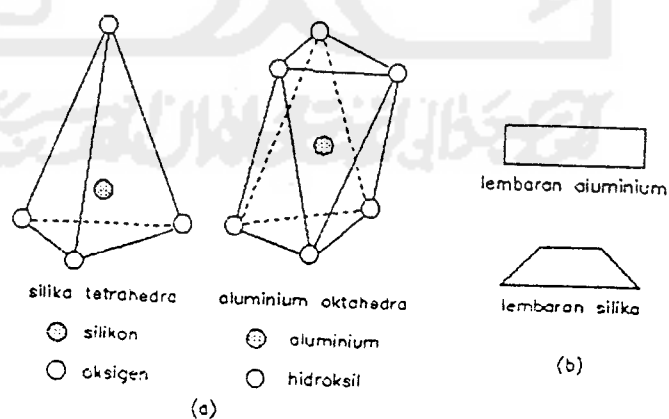
Sumber utama mineral lempung adalah pelapukan kimia dari batuan yang mengandung "felspar ortoklas, felspar plagioklas", dan "mika" yang semuanya disebut dengan silikat aluminium kompleks. Pelapukan batuan ini menghasilkan sejumlah besar mineral lempung dengan sifat daya gabung ("affinity") yang sama terhadap air, tetapi dalam jumlah yang sangat berbeda.

2.2.2 Susunan Tanah Lempung

Pelapukan akibat reaksi kimia menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, yang disebut mineral lempung. Partikel lempung dapat berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus. Oleh karena itu tanah lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Umumnya terdapat 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung (Kerr, 1959).⁽¹⁰⁾

Susunan kebanyakan tanah lempung terdiri dari "silika tetrahedra" dan "alumina oktahedra", seperti tampak pada Gambar 2.3a. "Silika" dan "alumina" secara parsial dapat digantikan oleh elemen lain dalam kesatuannya, keadaan ini disebut dengan "isomorf substitution". Kombinasi dari susunan kesatuan dalam bentuk susunan lempeng disajikan dalam simbol pada Gambar 2.3b.

Unit "silika" terdiri dari satu atom silikon dikelilingi oleh empat atom oksigen. Unit "alumina" terdiri dari sebuah atom aluminium yang dikelilingi oleh enam atom oksigen.



Gambar 2.3 Mineral-mineral lempung (Grim, 1959)

Beberapa mineral lempung yang penting adalah sebagai berikut ini.

1. "Kaolinite"

Merupakan mineral dari kelompok kaolin, terdiri dari susunan satu lembaran "silika tetrahedra" dengan satu lembar "alumina tetrahedra" dengan susunan setebal $7,2 \text{ \AA}$ ($1 \text{ angstrom} = 10^{-10} \text{ m}$) (Gambar 2.4a). Mineral "kaolinite" ini disebut dengan mineral 1:1, karena setiap lapis terdiri dari dua lembar dasar dan setiap tumpukan diikat oleh dua ikatan hidrogen (Gambar 2.5a). Partikel "kaolinite" berbentuk lempengan dengan dimensi mendatar $1000 - 2000 \text{ \AA}$ dan tebal $100 - 1000 \text{ \AA}$. Aktifitas mineral ini sangat rendah. Mineral kaolinite bersifat stabil dan air tidak dapat masuk di antara lempengan untuk menghasilkan pengembangan atau penyusutan pada sel satuannya.

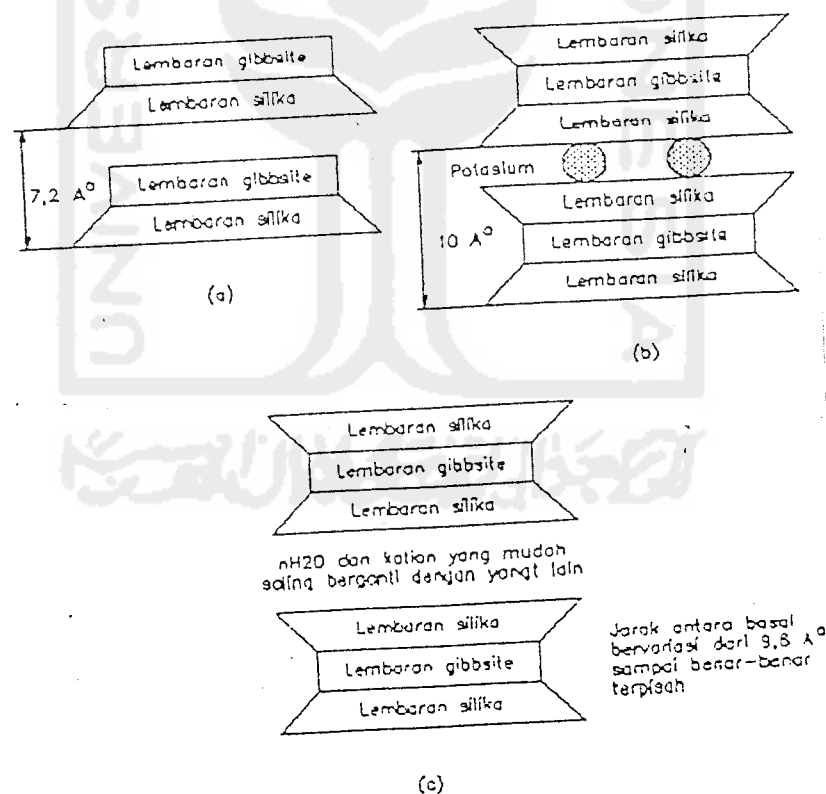
2. "Illite"

Bentuk susunan dasarnya terdiri dari sebuah lembaran "alumina oktahedra" yang terikat diantara dua lembar "silika tetrahedra". Dalam "oktahedra", terdapat substitusi parsial aluminium oleh magnesium dan besi, dan dalam lembaran "tetrahedra" terdapat substitusi silikon oleh aluminium sehingga disebut sebagai mineral 2:1 (Gambar 2.4b). rekatan yang terjadi menyebabkan kondisi yang tidak stabil bila dibandingkan dengan "kaolinite", dan karena itu aktifitas "illite" lebih besar dari "kaolinite". Partikel "illite" berbentuk lempengan tipis dengan dimensi mendatar $1000 - 5000 \text{ \AA}$ dan tebal $50 - 500 \text{ \AA}$.

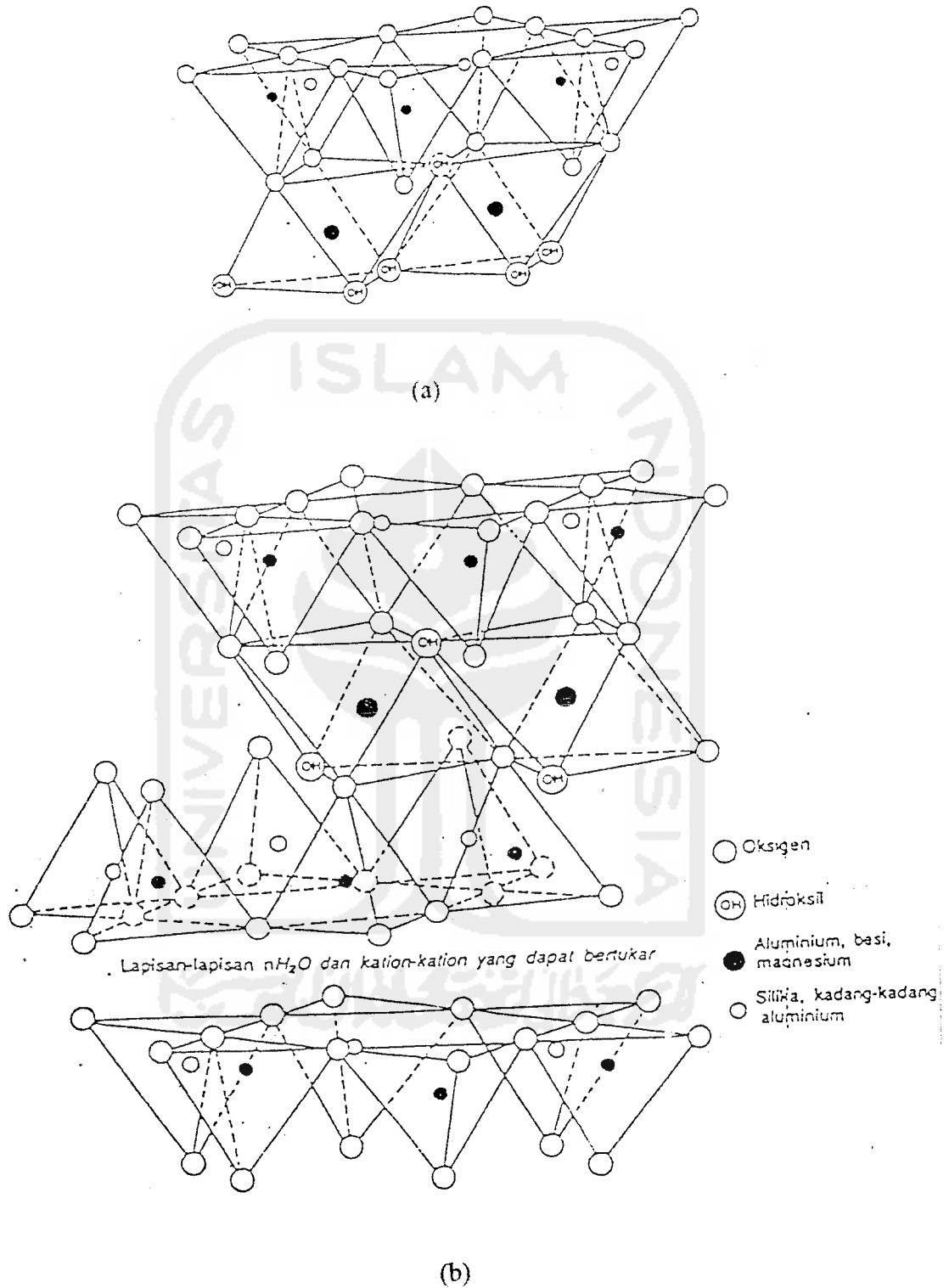
3. "Montmorillonite"

Struktur mineral "Montmorillonite" sama dengan "illite", yaitu merupakan lapisan berulang yang terdiri dari dua lembar "silika" mengapit satu "alumina"

dan disebut mineral 2:1 (Gambar 2.4c). Diantara lapisan terdapat lapisan nH_2O dan kation yang dapat bertukar dengan ketebalan $1,7 - 40 \text{ \AA}$ (Gambar 2.5b). Rekatan antar lapis terutama diakibatkan oleh gaya Van Der Walls, oleh karena itu merupakan ikatan yang lemah dan terdapat pengurangan muatan negatif di dalam lembaran "oktahedra". Air dan ion yang dapat bertukar, dapat masuk sehingga menyebabkan lapisan menjadi terpisah. Dengan demikian kristal "montmorillonite" dapat berukuran sangat kecil dan dapat menyerap air dengan kuat. Partikel "montmorillonite" mempunyai aktifitas yang paling tinggi, dengan indeks plastisitas yang tinggi pula. Ini dapat dilihat dengan menggunakan batas-batas Atterberg dari Cassagrande atau dengan Metoda "Cone Penetrometer".



Gambar 2.4 Diagram skematik struktur mineral : (a) Kaolinite, (b) Illite, dan (c) Montmorillonite (Lambe, 1953)



Gambar 2.5 (a) Struktur atom kaolinite dan (b) Struktur atom monmorillonite (Grim, 1959)

4. "Halloysite"

"Halloysite" merupakan mineral 1:1 dari keluarga "kaolinite". Berbeda dengan "kaolinite", "halloysite" bertumpuk secara lebih acak sehingga satu molekul air dapat lebih masuk di antara satuan 7 \AA . Lembaran elemen "halloysite" tergulung menjadi suatu silinder dan mempunyai sifat teknis yang berbeda jika dibandingkan dengan "kaolinite".

5. "Vermiculite"

Mineral "vermiculite" mempunyai sifat yang sama dengan "illite" yaitu terdiri dari mineral 2:1, tetapi hanya terdiri dari dua antara lapisan air di antara lapisan-lapisan yang disertai dengan ion-ion kalsium atau magnesium, dengan substitusi oleh "brucite" sebagai pengganti "gibbsite" di dalam lapisan "oktahedral"-nya.

6. "Attapulgite"

Mineral "attapulgite" tidak mempunyai struktur lempuran, tetapi sedikit berbentuk rantai dan bentuk mineralnya panjang seperti jarum.

2.2.3 Sifat-sifat Umum Mineral Lempung

1. Hidrasi

Partikel lempung selalu terhidrasi yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air yang disebut air terserap ("absorbed water"). Lapisan ini umumnya mempunyai tebal dua molekul dan disebut dengan difusi ("diffusion layer") atau lapisan difusi ganda. Lapisan air ini dapat hilang pada temperatur yang lebih tinggi dari $60 \text{ }^\circ\text{C}$. sampai dengan $100 \text{ }^\circ\text{C}$ dan akan mengurangi plastisitas tanah. Pada umumnya jika lapisan ganda mengalami dehidrasi pada temperatur rendah,

sifat plastisitasnya dapat dikembalikan lagi dengan cara mencampurkan air yang cukup dan dicuring selama 24 jam hingga 48 jam.

2. Aktivitas

Tepi mineral lempung mempunyai muatan negatif, ini menyebabkan terjadinya usaha untuk menyeimbangkan muatan dengan tarikan kation. Aktifitas digunakan pula sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang ("swelling") tanah lempung (Tabel 2.5). Aktifitas berkaitan pula dengan perubahan volume yang mana dengan sifat aktifnya lempung akan menyerap air di sekelilingnya yang menyebabkan lempung bersifat plastis.

Tabel 2.5 Aktifitas mineral lempung (Mitchell, 1976)(2) mengacu pada "Fundamentals of Soil Behavior".

Mineral	Aktifitas (A)
Montmorillonite	1 - 7
Illite	0,5 - 1
Kaolinite	0,5
Halloysite (2H ₂ O)	0,5
Halloysite (4H ₂ O)	0,1
Attapulgite	0,5 - 1,2
Allophane	0,5 - 1,2

Skempton (1953)(2) mengacu pada "The Colloidal Activity of Clays, Proceedings 3 rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering", London, Vol. 1, 57-61. mendefinisikan parameter A yang disebut aktifitas sebagai:

$$A = PI / C$$

(2.17)

dengan PI adalah "plasticity index" dan C adalah presentase berat dari fraksi ukuran lempung (yaitu persen dari berat yang lebih kecil dari ukuran 0,002 mm). Aktifitas tanah yang diuji akan merupakan fungsi dari macam mineral lempungnya.

3. Flokulasi dan dispersi

Struktur lempung bersifat terdispersi yaitu terbentuk oleh partikel-partikel lempung yang mengendap secara individu. Lempung yang terdispersi ini partikelnya akan saling berjauhan. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya jarak antara partikel-partikel, gaya tolak menolak antara partikel akan lebih besar daripada gaya tarik menariknya (ikatan Van Der Waals). Apabila gumpalan besar ini mengendap akan membentuk struktur terflokulasi.

4. Pengaruh Air

Air akan menentukan sifat plastisitas lempung. Fenomena utama dari lempung adalah bahwa massanya yang telah mengering dari suatu kadar air awal mempunyai kekuatan yang cukup besar. Apabila bongkahan ini pecah menjadi partikel-partikel kecil, bahan tersebut akan berperilaku sebagai bahan yang tidak kohesif. Apabila air ditambahkan kembali, bahan tersebut akan menjadi plastis dengan kekuatan yang lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan bongkahan yang kering. Apabila lempung basah ini dikeringkan lagi, akan terbentuk bongkahan yang kuat dan keras dan kuat. Terlihat bahwa kerapatan yang lebih tinggi akibat pemampatan, akan memberikan kekuatan yang sangat tinggi. Dengan demikian air akan mempunyai pengaruh yang penting terhadap mineral lempung.

2.2.4 Sifat Rekayasa Mineral Lempung

Mineral lempung sangat dipengaruhi oleh faktor komposisi dan pengaruh lingkungan. Untuk itu perlu diketahui variasi sifat rekayasanya. Sifat-sifat rekayasa mineral lempung dapat diketahui dari tes batas-batas Atterberg, permeabilitas, kompresibilitas, dan pengaruh perubahan volumenya.

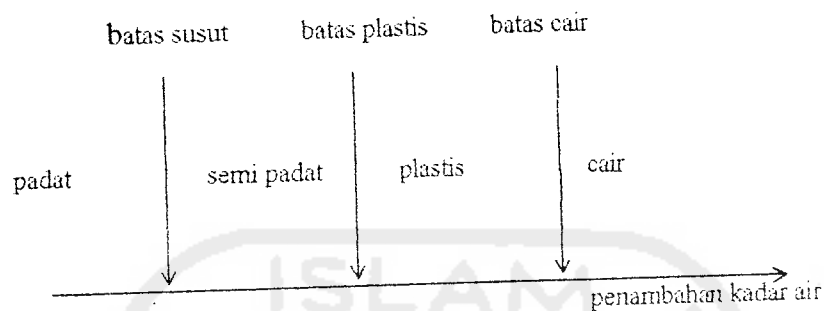
1. Batas-batas Atterberg

Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisitasnya. Plastisitas disebabkan oleh adanya partikel lempung dalam tanah. Istilah plastisitas digambarkan sebagai kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak atau remuk.

Tergantung pada kadar airnya, tanah mungkin berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Kedudukan kadar air transisi bervariasi pada berbagai jenis tanah. Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Konsistensi tergantung pada gaya tarik antara partikel mineral lempungnya. Sembarang pengurangan kadar air menghasilkan berkurangnya tebal lapisan lapisan kation dan terjadi penambahan gaya tarik antar partikelnya. Bila tanah dalam kedudukan plastis, besarnya jaringan gaya antar partikelnya bebas untuk relatif menggelincir antara satu dengan lainnya, dengan kohesi antaranya tetap terpelihar. Pengurangan kadar air juga menghasilkan pengurangan volume tanah. Sangat banyak tanah berbutir halus yang ada di alam dalam kedudukan plastis.

Atterberg (1911), memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan cara mempertimbangkan kandungan

kadar airnya. Batas-batas tersebut adalah batas batas cair, batas plastis dan batas susut. Kedudukan batas konsistensi dari tanah kohesif disajikan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Batas-batas Atterberg

a. Batas Cair ("Liquid Limit")

Batas cair (LL), didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis.

Batas cair biasanya ditentukan dari pengujian Cassagrande (1948)(2) mengacu pada "Classification and identification of soils". Presentase kadar air yang dibutuhkan untuk menutup celah sepanjang 12,7 mm pada dasar cawan, sesudah 25 pukulan, didefinisikan sebagai batas cair tanah tersebut. Batas cair juga dapat dicari dengan melakukan pengujian metoda "cone penetrometer". Metoda ini berdasarkan pada pengukuran penetrasi konus dengan massa tertentu ke dalam contoh tanah. Kadar air pada penetrasi 20 mm adalah batas cairnya (British Standard). Cara yang dipakai dalam penentuan batas cair penelitian ini adalah metoda "cone penetrometer".

b. Batas Plastis (“Plastic Limit”)

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

c. Batas Susut (“Shrinkage Limit”)

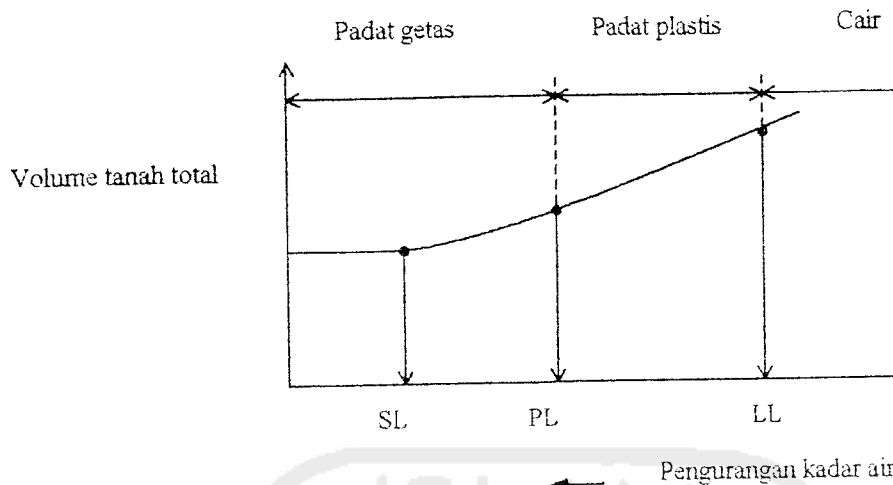
Batas susut (SL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu presentase kadar air di mana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanahnya. Batas susut dinyatakan dalam persamaan:

$$SL = \left[\left\{ \frac{m_1 - m_2}{m_2} \right\} - \left\{ \frac{(v_1 - v_2)\gamma_w}{m_2} \right\} \right] \quad (2.18)$$

dengan:

- m_1 = berat tanah basah dalam cawan percobaan (gr)
- m_2 = berat tanah kering oven (gr)
- v_1 = volume tanah basah dalam cawan (m^3)
- v_2 = volume tanah kering oven (m^3)
- γ_w = berat jenis air

Gambar 2.7 menyajikan hubungan variasi kadar air dan volume total dari tanah pada kedudukan batas cair, batas plastis, dan batas susutnya. Batas-batas Atterberg sangat berguna untuk identifikasi dan klasifikasi tanah. Batas-batas ini sering digunakan secara langsung dalam spesifikasi, guna mengontrol tanah yang digunakan untuk struktur urugan tanah.



Gambar 2.7 Variasi volume dan kadar air pada kedudukan batas cair, batas plastis, dan batas susutnya.

d. Indeks Plastisitas (“Plasticity Index”)

Indeks plastis (IP) adalah selisih batas cair dan batas plastis

$$PI = LL - PL \quad (2.19)$$

Indeks plastis akan merupakan interval kadar air di mana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastis menunjukkan sifat keplastisan tanahnya. Jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis yang kecil, maka keadaan ini disebut dengan tanah kurus. Kebalikannya, jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis yang besar disebut tanah gemuk. Batasan mengenai indeks plastis, sifat macam tanah, dan kohesinya diberikan oleh Atterberg terdapat dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

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

Sumber : Mekanika Tanah 2, HC. Hardiyatmo, 1992

e. Indeks Cair (“Liquidity Index”)

Kadar air tanah asli relatif pada kedudukan plastis dan cair dapat didefinisikan oleh indeks cair, LI, menurut persamaan:

$$LI = (W_N - PL) / (LL - PL) = (w - PL) / PI \quad (2.20)$$

Dengan W_N adalah kadar air aslinya. Untuk lapisan tanah asli dalam kedudukan plastis, nilai $LL > W_N > PL$.

Untuk setiap mineral lempung akan memberikan harga batas cair lebih besar dari batas plastisnya. Variasi dari harga batas cair untuk setiap kelompok mineral lempung yang berbeda lebih besar dari variasi harga batas plastis (Tabel 2.7).

Tabel 2.7 Harga batas Atterberg untuk mineral lempung (Soveri, 1950)(10)

Mineral Lempung	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Shrinkage Limit (%)
Montmorillonite	100 - 900	50 - 100	8,5 - 15
Nontronite	37 - 72	19 - 27	-
Illite	60 - 120	35 - 60	15 - 17
Kaolinite	30 - 110	25 - 40	25 - 29
Hydrated Halloysite	-	-	-
Dehydrated Halloysite	35 - 55	30 - 45	-
Attapulgite	160 - 230	100 - 120	-
Chlorite	44 - 47	36 - 40	-
Allophane	200 - 250	130 - 140	-

2. Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan air untuk mengalir melalui suatu massa tanah. Permeabilitas dari lempung ditentukan oleh komposisi mineral, ukuran partikel dan distribusi angka pori tanah serta karakteristik angka pori. Lempung mempunyai porositas besar, tetapi hampir tidak permeabel (tidak tembus air), karena rongga lempung sangat kecil. Dengan memperhatikan mineral lempung yang dominan, maka harga mineral lempung "montmorillonite" lebih kecil dari "illite" dan "illite" lebih kecil dari "kaolinite". Hal ini didasarkan dari permeabilitas mineral "montmorillonite" yang akan menjadi lebih kecil dari 1×10^{-5} cm/det atau dapat menjadi lebih kecil dari 1×10^{-10} cm/det.

3. Kompresibilitas

Kompresibilitas atau kemampatan suatu tanah tergantung pada kandungan mineral lempung dimana umumnya kompresibilitas naik dengan urutan "kaolinite" lebih kecil dari "illite" dan "illite" lebih kecil dari

“montmorillonite”. Harga indeks kompresi (C_c) untuk mineral lempung dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Harga indeks kompresi (C_c) mineral lempung (Cornell, 1951)

Indeks kompresi (C_c)	
Kaolinite	0,19 – 0,28
Illite	0,50 – 1,00
Montmorillonite	1,00 – 2,60

Kompresibilitas juga dipengaruhi oleh komposisi tanah dan koefisien konsolidasi (C_v). Harga koefisien konsolidasi dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Harga koefisien konsolidasi mineral lempung (Cornell, 1951)(10)

Koefisien konsolidasi (C_v) (cm^2/detik)	
Montmorillonite	$0,06 \times 10^{-4} - 0,3 \times 10^{-4}$
Illite	$0,30 \times 10^{-4} - 2,4 \times 10^{-4}$
Kaolinite	$12,0 \times 10^{-4} - 30 \times 10^{-4}$

2.2.5 Pengaruh Perubahan Volume pada Tanah Lempung

Setiap tanah kohesif akan mudah mengalami penyusutan sehingga menyebabkan terjadinya perubahan volume, terutama pada tanah yang mengandung mineral lempung “montmorillonite”. Lempung sebagai tanah ekspansif yaitu tanah yang mudah mengembang, mempunyai sifat sangat keras pada keadaan kering akibat tegangan penyusutan, bahkan pada kadar air yang kecil, tanah tersebut akan padat dan keras. Hal ini akan menyebabkan retakan-retakan akibat penyusutan, yang akan mempengaruhi tingkat kejenuhan tanah akibat infiltrasi dari permukaan.

Sifat pengembangan dan penyusutan tanah lempung yang menyebabkan perubahan volume pada umumnya tergantung pada sifat plastisitasnya. Semakin plastis mineral lempung akan semakin potensial untuk mengembang dan menyusut. Pada Tabel 2.10 dapat dilihat hubungan antara potensi perubahan volume terhadap indeks plastisnya. Jika tanah mempunyai indeks plastis lebih besar dari 20 maka perlu adanya perbaikan-perbaikan tanah dimana salah satunya dengan stabilisasi tanah. Bertambahnya kemampuan menyusut dan mengembang ini tergantung pada beberapa faktor yaitu: pengaturan partikel, kadar air awal dan tekanan yang ada.

Tabel 2.10 Hubungan antara batas Atterberg dan potensi perubahan volume (Holtz dan Gibbs, 1956)

Potensi Perubahan Volume	Indeks plastis		Batas susut (SL)
	Daerah kering	Daerah lembab	
Kecil	0 - 15	0 - 30	> 12
Sedang	15 - 30	30 - 50	10 - 12
Tinggi	> 30	> 50	< 10

Sumber: Joseph E. Bowles. "Physical and Geotechnical Properties of Soil." 1984.

a. "Swelling Pressure"

Dalam hubungannya dengan sifat pengembangan tanah dikenal istilah "swelling pressure", yaitu besar tekanan yang diperlukan untuk menahan pemuaian tanah sehubungan dengan adanya pengaruh air, juga merupakan tekanan yang diperlukan untuk memanfaatkan tanah yang mengalami pemuaian hingga kembali pada keadaan kadar air mula-mula. Pada Tabel 2.11 diberikan tingkat "swelling pressure" yang berhubungan dengan prosentase kandungan lempung dan batas cair.

“Swelling pressure” merupakan bentuk energi kinetik yang menyebabkan pengembangan pada tanah lempung. Menurut Kerb.RD, (1971) (10), bahwa tingkat “swelling” dan “swelling pressure” sangat dipengaruhi oleh kandungan air dan kepadatan tanah. Makin tinggi kepadatan tanah maka akan semakin besar tingkat “swelling” dan “swelling pressure”.

b. “Swelling Potensial”

“Swelling potensial” merupakan bentuk energi potensial yang menyebabkan pengembangan pada tanah lempung akibat dari kadar air yang dikandungnya, Seed, (1975)(10). Mendefinisikan “swelling potensial” sebagai prosentase pemindahan ke arah lateral ruang dimana sampel tanah harus direndam di dalam air dengan diberi beban/tekanan yang lebih besar dari 1 psi. Untuk tanah “disturb” harus dipadatkan terlebih dahulu pada kepadatan maksimum dengan kadar air optimum. Tingkat “swelling pressure” ditunjukkan pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Tingkat “swelling pressure” (Chen, 1975)(10)

Lolos saringan no. 200 (%)	Liquid Limit (%)	Tekanan Swelling (ksf)	Tekanan Swelling (kg/cm ²)	Tingkat Swelling
> 95	> 60	>20	> 9,78	Very High
60 – 90	40 – 60	5 – 20	2,445 – 9,78	High
30 – 60	30 – 40	3 – 5	1,467 – 2,445	Medium
< 30	<30	1	0,498	Low

2.3 Konsolidasi Tanah

Konsolidasi merupakan proses berkurangnya volume atau berkurangnya rongga pori dari tanah jenuh yang berpermeabilitas rendah akibat pembebanan ,

dimana prosesnya dipengaruhi oleh kecepatan terperasnya air pori keluar dari rongga tanahnya .

2.3.1 Lempung “Normally Consolidated” dan “Overconsolidated”

Lapisan tanah lempung biasanya terjadi dari proses pengendapan. Pada proses pengendapannya, lempung akan mengalami konsolidasi ataupun penurunan akibat tekanan tanah yang mengendap di atasnya. Lapisan-lapisan tanah yang berada di atas ini suatu ketika mungkin akan hilang akibat proses alam. Hal semacam ini berarti tanah lapisan bawah pada suatu saat pada waktu tertentu dalam sejarah geologinya pernah mengalami konsolidasi akibat dari tekanan yang lebih besar dari tekanan yang bekerja sekarang. Lapisan semacam ini disebut lapisan “overconsolidated” (OC) atau konsolidasi berlebihan. Bila tegangan efektif yang bekerja sekarang adalah tegangan maksimumnya, maka endapan lempung ini disebut lempung pada kondisi “normally consolidated” (NC) atau terkonsolidasi normal.

Jadi lempung pada kondisi “normally consolidated”, bila tekanan prakonsolidasi (p_c') sama dengan tekanan overburden efektif (p_o'). Sedang pada lempung “overconsolidated”, jika tekanan prakonsolidasi lebih besar dari tekanan overburden efektif yang ada pada waktu sekarang ($p_c' > p_o'$). Nilai banding “overconsolidation” (“overconsolidation ratio”, OCR) didefinisikan sebagai nilai banding tekanan prakonsolidasi terhadap tegangan efektif yang ada, dinyatakan dalam persamaan :

$$\text{OCR} = \frac{p_c'}{p_o'} \quad (2.21)$$

Tanah "normally consolidated" mempunyai nilai OCR = 1, dan tanah dengan OCR > 1 adalah "overconsolidated". Dan OCR < 1 adalah tanah yang dalam proses konsolidasi.

2.3.2 Koefisien pemampatan ("Coefficient of Compression") (a_v) dan Koefisien Perubahan Volume (M_v) ("Coefficient of Volume Change")

Jika tanah dengan volume V_1 mampat sehingga volumenya menjadi V_2 , dan mampatnya tanah dianggap hanya sebagai pengurangan rongga pori, maka perubahan volume hanya dalam arah vertikal dapat dinyatakan oleh :

$$\frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{e_1 - e_2}{1 - e_1} \quad (2.22)$$

dengan :

e_1 = angka pori pada tegangan p_1'

e_2 = angka pori pada tegangan p_2'

V_1 = volume pada tegangan p_1'

V_2 = volume pada tegangan p_2'

Kemiringan kurva $e-p'$ (a_v) didefinisikan sebagai :

$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta p} = \frac{e_1 - e_2}{p_2' - p_1'} \quad (2.23)$$

di mana e_1 dan e_2 berturut-turut adalah angka pori pada tegangan $p_2' - p_1'$.

Koefisien perubahan volume (m_v) didefinisikan sebagai perubahan volume persatuan penambahan tegangan efektif. Satuan dari m_v adalah kebalikan dari tekanan (cm^2/kg). Perubahan volume dapat dinyatakan dengan perubahan ketebalan ataupun angka pori. Jika terjadi penambahan tegangan efektif dari p_1' ke p_2' , maka angka pori akan berkurang dari e_1 ke e_2 dengan perubahan tebal ΔH .

$$\begin{aligned} \text{Perubahan volume} &= \frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{H_1 - H_2}{H_1} \quad (\text{karena area contoh tetap}) \\ &= \frac{e_1 - e_2}{1 + e_1} \end{aligned} \quad (2.24)$$

Substitusi persamaan (2.24) ke persamaan (2.23) diperoleh

$$\text{Perubahan volume} = \frac{a_v \Delta p}{1 + e_1} \quad (2.25)$$

Karena m_v adalah perubahan volume/satuan penambahan tegangan, maka

$$\begin{aligned} m_v &= \frac{a_v \Delta p}{1 + e_1} \cdot \frac{1}{\Delta p} \\ &= \frac{a_v}{1 + e_1} \end{aligned} \quad (2.26)$$

2.3.3 Indeks Pemampatan (C_c) ("Compression Index")

Nilai C_c dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log p_2' - \log p_1'} = \frac{\Delta e}{\log (p_2'/p_1')} \quad (2.27)$$

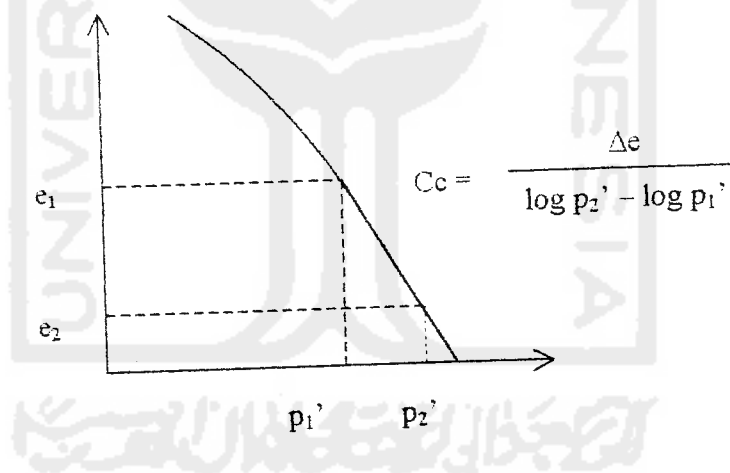
Untuk tanah "normally consolidated", K. Terzaghi dan R.B. Peck (1968) mengacu pada "Soil Mechanics in Engineering Practise", 2d ed., J. Wiley and Sons, New York, memberikan hubungan angka kompresi C_c sebagai berikut :

$$C_c = 0,009 (LL - 10) \quad (2.28)$$

Dengan LL adalah batas cair (liquid limit). Persamaan ini dapat digunakan untuk tanah lempung tak organik yang mempunyai sensitivitas rendah sampai sedang dengan kesalahan 30% (rumus ini tidak digunakan untuk sensitivitas lebih besar dari 4).

Terzaghi dan Peck juga memberikan hubungan yang sama untuk tanah lempung dibentuk kembali (remolded).

$$C_c = 0,007 (LL - 10) \quad (2.29)$$



Gambar 2.8 Indeks pemampatan (C_c)

Beberapa nilai C_c yang didasarkan pada sifat-sifat tanah pada tempat-tempat tertentu yang diberikan oleh Azzouz dkk.(1976) mengacu pada "Regression Analysis of Soil Compressibility, Soil and Foundation", Tokyo, Vol.16. sebagai berikut :

$$C_c = 0,01 W_N \text{ (untuk lempung Chicago)} \quad (2.30)$$

$$C_c = 0,0046 \text{ (LL-9) (untuk lempung Brasilia)} \quad (2.31)$$

$$C_c = 0,208 e_o + 0,0083 \text{ (untuk lempung Chicago)} \quad (2.32)$$

$$C_c = 0,0115 W_N \text{ (untuk tanah organik, gambut)} \quad (2.33)$$

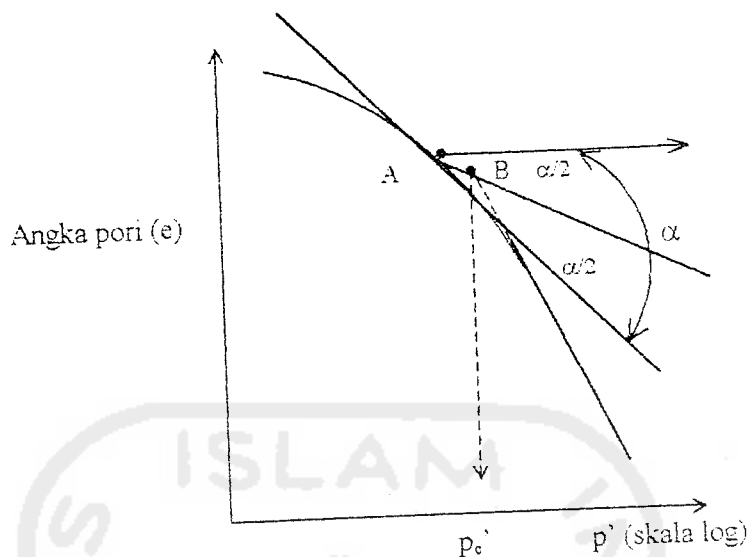
Dengan W_N adalah kadar air asli (%) dan e_o adalah angka pori.

2.3.4 Tekanan Prakonsolidasi (p_c') ("Preconsolidation Pressure")

Terdapat beberapa cara untuk menentukan nilai tekanan prakonsolidasi (p_c'). Cara yang paling banyak digunakan adalah cara Casagrande (1936) mengacu pada "The Determination of the Preconsolidated Load its Practical Significance", its ICSMFE, Vol 3 pp 60-64, yaitu dengan menggunakan gambar grafik hubungan e - $\log p$ (Gambar 2.9).

Prosedur untuk menentukan besarnya tekanan prakonsolidasi (p_c') yang diberikan oleh Casagrande adalah sebagai berikut :

1. Memilahlah berdasar pandangan mata satu titik yang berjari-jari minimum (atau kurva maksimum) pada kurva konsolidasi (titik A dalam Gambar 2.9)
2. Menggambarkan garis horisontal melalui titik A (sejajar absis).
3. Menggambarkan sebuah garis singgung pada kurva lewat titik A.
4. Membagi dua sudut yang dibuat oleh butir (2) dan (3).
5. Memperpanjang bagian lurus dari kurva pemampatan aslinya sampai memotong garis bagi sudut butir (4). Titik potong dari dua garis ini adalah tekanan prakonsolidasi (p_c') yang dicari, yaitu titik B dari Gambar 2.9)



Gambar 2.9 Menentukan p_c' cara Cassagrande (1936)

2.3.5 Hitungan Penurunan Konsolidasi (S_c)

Besarnya penurunan ("settlement") pada lapisan setebal H akan sebesar :

$$S_c = mv \cdot \Delta p \cdot H \quad (2.34)$$

$$S_c = \frac{\Delta h}{h} H = \frac{\Delta e}{1+e_0} H \quad (2.35)$$

$$\text{Dari nilai } C_c = \frac{\Delta e}{\log p_2' - \log p_1'} \quad (2.36)$$

$$S_c = C_c \frac{H}{1+e_0} \log \frac{p_2'}{p_1'} \quad (2.37)$$

Penurunan untuk lempung "normally consolidated" dengan tambahan tegangan efektif sebesar $p_1' = p_0' + \Delta p$, dapat dinyatakan oleh persamaan :

$$S_c = C_c \frac{H}{1 + e_o} \log \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'} \quad (2.38)$$

Untuk lempung "overconsolidated"

(a) Bila $p_o' + \Delta p < p_c'$:

$$S_c = C_r \frac{H}{1 + e_o} \log \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'} \quad (2.39)$$

(b) Bila $p_o' + \Delta p > p_c'$:

$$S_c = C_r \frac{H}{1 + e_o} \log \frac{p_c'}{p_o'} + C_c \frac{H}{1 + e_o} \log \frac{p_o' + \Delta p}{p_c'} \quad (2.40)$$

dengan :

- C_r = indeks pemampatan kembali
- C_c = indeks pemampatan
- H = tebal lapis tanah
- p_c' = tekanan prakonsolidasi
- e_o = angka pori awal
- Δp = tambahan tegangan /tekanan
- p_o' = tekanan "overburden" efektif mula-mula
- mv = koefisien perubahan isi

2.3.6 Kecepatan Penurunan Konsolidasi

2.3.6.1 Derajat Penurunan Konsolidasi

Pada elemen tanah dengan kedalaman z , perkembangan proses konsolidasi pada tambahan tegangan tertentu, dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$U = \frac{e_o - e}{e_o - e_1} \quad (2.41)$$

dengan:

U = derajat konsolidasi saat waktu tertentu pada kedalaman Z , dimana

nilai U diantara 0 - 1.

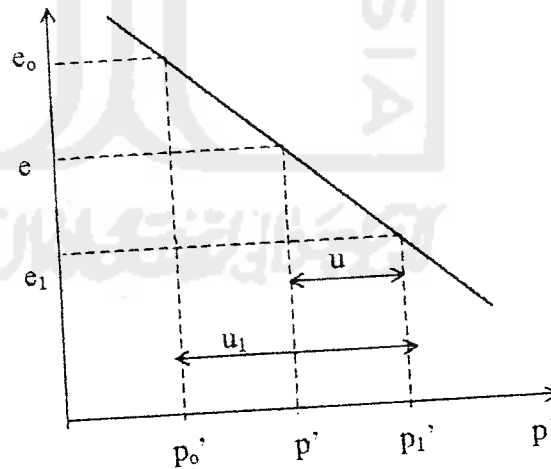
e_0 = angka pori awal sebelum terjadinya konsolidasi.

e_1 = angka pori pada akhir konsolidasi

e = angka pori, pada waktu yang ditanyakan, yaitu pada waktu konsolidasi masih berlangsung.

Jika kurva konsolidasi $e - p'$ dapat dianggap linear pada interval tegangan yang ditanyakan, seperti dalam Gambar 2.10. Derajat konsolidasi dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan:

$$U = \frac{p' - p_0'}{p_1' - p_0'} \quad (2.42)$$



Gambar 2.10 Kurva hubungan $e - p'$ bila kurva dianggap linier

Di sini dianggap bahwa tegangan efektif vertikal untuk tanah sedalam z , bertambah dari p_0' ke p_1' dengan tidak ada regangan lateral.

Mula-mula, saat $t = 0$ atau segera sesudah terjadi pembebanan sebesar Δp , walaupun tegangan total telah bertambah menjadi p_1' , tegangan efektif total akan tetap sama dengan p_0' . Setelah konsolidasi berhenti, tegangan efektif menjadi p_1' . Selama konsolidasi berlangsung $\Delta p = -\Delta u$. Dari Gambar 2.10 dapat dihitung,

$$\begin{aligned} p_1' &= p_0' + u_t \\ &= p' + u \end{aligned} \quad (2.43)$$

Persamaan derajat konsolidasi (U), dapat dinyatakan dengan

$$U = \frac{u_i - u}{u_i} = 1 - \frac{u}{u_i} \quad (2.44)$$

di mana:

u = kelebihan tekanan pori pada waktu tertentu saat konsolidasi masih berjalan,

karena penambahan tegangan totalnya.

u_i = kelebihan tekanan air pori yang nilainya di atas u_0 yang terjadi segera

sesudah penambahan tegangan totalnya.

u_0 = tekanan air pori awal, sebelum penambahan tegangan totalnya.

2.3.6.2 Teori Konsolidasi Satu Dimensi ("One Dimensional Consolidation")

Untuk konsolidasi satu dimensi, Terzaghi memberikan cara penentuan distribusi kelebihan tekanan hidrostatis dalam lapisan yang sedang mengalami konsolidasi pada sembarang waktu sesudah bekerjanya beban, beserta derajat konsolidasinya. Beberapa anggapan dibuat untuk analisis konsolidasi satu dimensi ini, yaitu :

1. Tanah adalah homogen.
2. Tanah lempung dalam keadaan jenuh sempurna.
3. Partikel padat dan air tidak mudah mampat.

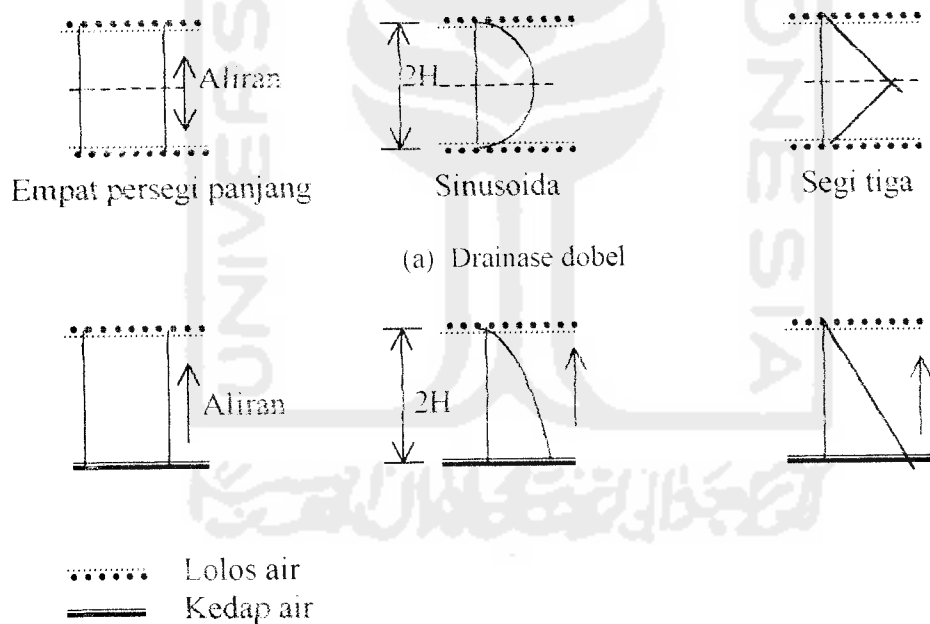
4. Arah pemampatan dan aliran air pori adalah vertikal (satu dimensi).
5. Regangan kecil.
6. Hukum Darcy ($v = k.i$) berlaku pada seluruh gradien hidrolik.
7. Koefisien permeabilitas (k) dan koefisien pemampatan volume (m_v) tetap konstan selama prosesnya.
8. Ada hubungan khusus yang tak tergantung waktu, antara angka pori dan tegangan efektif.

Bila distribusi tekanan kelebihan tekanan air pori awal simetri terhadap tengah-tengah tinggi lapisan yang mempunyai drainase dobel, maka pada sembarang waktunya distribusi kelebihan tekanan air pori akan simetri terhadap bidang tengah ini. Jadi, distribusi kelebihan tekanan air pori setengah dari lapisan dengan drainase dobel adalah sama seperti kondisi kelebihan tekanan air pori dalam suatu lapisan drainase tunggal yang tebalnya setengah dari tebal lapisan drainase dobel. Karena itu nilai-nilai di dalam Tabel 2.12 dapat pula digunakan dalam hitungan pada kondisi drainase tunggal. Distribusi kelebihan tekanan air pori awal di mana kasus drainase dobel dapat diterapkan pada kondisi kasus drainase tunggal, dapat dilihat pada Gambar 2.11. Dalam Gambar 2.11 ditunjukkan bahwa ketinggian H yang digunakan dalam penentuan faktor waktu adalah seluruh tebal untuk lapisan drainasi tunggal, dan setengah dari tebal lapisan untuk lapisan dengan drainasi dobel. Jadi, H adalah lintasan drainase terpanjang.

Tabel 2.12 Hubungan faktor waktu (T_v) dan derajat konsolidasi (U)

Derajat konsolidasi ($U\%$)	Faktor waktu		
	Kasus 1a dan 1b	Kasus 2	Kasus 3
0	0	0	0
10	0.008	0.048	0.050
20	0.031	0.090	0.101
30	0.071	0.115	0.157
40	0.126	0.207	0.220
50	0.197	0.281	0.294
60	0.287	0.371	0.384
70	0.403	0.488	0.501
80	0.567	0.652	0.665
90	0.848	0.933	0.946
100	∞	∞	∞

(a) Kasus 1 (b) Kasus 2 Kasus 3



(b) Drainase tunggal.

Gambar 2.11 Variasi kondisi air pori

Sumber: Mekanika Tanah 2, H.C. Hardiyatno, 1994

Casagrande (1938) dan Taylor (1948) mengacu pada "Fundamentals of Soil Mechanics," John Wiley and Sons, Inc, New York., memberikan hubungan U dan T_v sebagai berikut:

$$\text{Untuk } U \leq 60\% : T_v = (\pi/4) U^2 \quad (2.45)$$

$$\text{Untuk } U > 60\% : T_v = -0,933 \log (1-U) - 0,085 \quad (2.46)$$

2.3.7 Koefisien Konsolidasi (C_v) ("Coefficient of Consolidation")

Kecepatan penurunan dapat dihitung dengan menggunakan koefisien konsolidasi C_v . Kecepatan penurunan perlu diperhitungkan bila penurunan konsolidasi yang terjadi pada suatu struktur diperkirakan sangat besar. Derajat konsolidasi pada sembarang waktunya, dapat di tentukan dengan menggambarkan grafik penurunan vs. waktu untuk satu beban tertentu yang di terapkan pada alat konsolidometer. Caranya dengan mengukur penurunan total pada akhir fase konsolidometer. Kemudian dari data penurunan dan waktunya, sembarang waktu yang dihubungkan dengan derajat konsolidasi rata-rata tertentu (misalnya $U=50\%$) ditentukan.

2.3.7.1 Metode Kecocokan Log-Waktu ("Log-time Fitting method")

Prosedur untuk menentukan nilai koefisien konsolidasi C_v diberikan oleh Casagrande dan Fadum (1940)(7). Cara ini sering disebut metode kecocokan log-waktu Casagrande. Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut :

1. Menggambar kurva pembacaan pengukuran terhadap log waktu dalam menit.
2. Kedudukan titik awal awal kurva ditentukan dengan pengertian bahwa kurva awal mendekati parabola. Tentukan dua titik yaitu pada saat t_1 (titik A) dan saat $4t_1$ (titik B). Selisih ordinat (jarak vertikal) keduanya diukur, misalnya x .

Kedudukan titik as adalah $U = 0$ digambar dengan mengukur jarak x ke arah vertikal di atas titik P. Untuk pengontrolan, ulangi dengan pasangan titik yang lain.

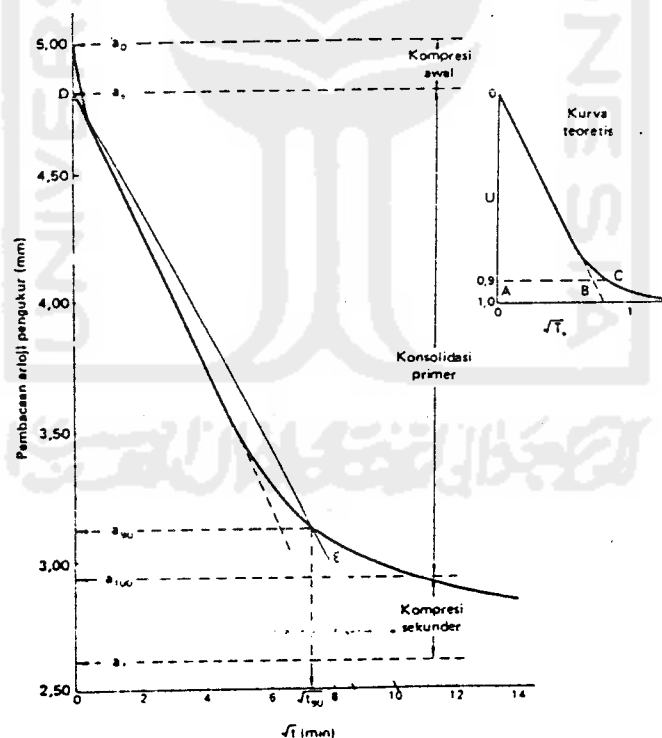
3. Titik $U = 100\%$, atau titik a_{100} , diperoleh dari titik potong dua bagian linier kurvanya, yaitu titik potong bagian garis lurus kurva konsolidasi primer dan sekunder.

4. Titik $U = 50\%$ ditentukan dengan $a_{50} = (a_0 + a_{100})/2$

Dari sini diperoleh waktu t_{50} . Nilai T_v sehubungan dengan $U = 50\%$ adalah 0,197.

Selanjutnya koefisien konsolidasi C_v , diberikan oleh persamaan:

$$C_v = \frac{0,197 (H_t)^2}{T_{50}} \quad (2.47)$$

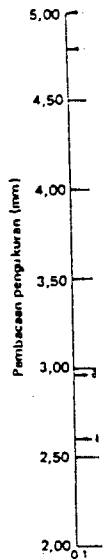


Gambar 2.12 Metoda logaritma waktu
Sumber : Mekanika Tanah, R.F. Craig 1991



2.3.7.2 Metode Akar Waktu ("Square Root of Time Method") (Taylor,1948)

Penggunaan dari cara ini adalah dengan menggambarkan hasil pengujian konsolidasi pada grafik hubungan akar dari waktu vs. penurunannya (Gambar 2.13). Kurva teoritis yang terbentuk, biasanya linier sampai dengan kira-kira 60% konsolidasi. Karakteristik cara akar waktu ini, yaitu dengan menentukan $U = 90\%$ konsolidasi, di mana pada $U = 90\%$, absis AB akan sama dengan 1,15 kali absis AC. Prosedur untuk memperoleh derajat konsolidasi $U = 90\%$, adalah sebagai berikut:



1. Menggambar kurva pembacaan arloji pengukur diplot terhadap akar waktu dalam menit dari data hasil pengujian konsolidasi pada beban tertentu yang diterapkan.
2. Titik $U = 0$ diperoleh dengan memperpanjang garis dari bagian awal kurva yang lurus sehingga memotong ordinatnya di titik D. Anggaplah kurva awal berupa garis lurus adalah konsisten dengan anggapan bahwa kurva awal berbentuk parabol.
3. Garis lurus DE digambar dengan absis AC sama dengan 1,15 kali absis AB. Perpotongan dari DE dan kurvanya ditemukan titik t_{90} pada absis.
4. T_v untuk $U = 90\%$ adalah 0,848. Pada keadaan ini, koefisien konsolidasi C_v diberikan menurut persamaan

Taylor (1948) mengacu pada "Fundamentals of Soil Mechanics", John Wiley and Sons, Inc, New York.

$$C_v = \frac{0,848 (H_v)^2}{t_{90}} \tag{2.48}$$

3.8 Konsolidasi

Konsolidasi

esai. Persamaan

$$e = \frac{\Delta e}{\log t_2/t_1}$$

penurunan akibat

ngan :

$$S_s = H \frac{C}{1+e}$$

$$e_p = a$$

$$H = t$$

ΔH = perubahan tebal benda uji dilaboratorium dari t_1 ke t_2

t_1 = saat waktu setelah konsolidasi primer selesai.

t_2 = $t_1 + \Delta t$

Dalam tanah organik tinggi dan beberapa jenis lempung lunak, jumlah konsolidasi sekunder mungkin akan sebanding dengan konsolidasi primernya. Akan tetapi kebanyakan jenis tanah, pengaruh konsolidasi sekunder biasanya sangat kecil sehingga sering diabaikan. Penurunan akibat konsolidasi sekunder harus dihitung secara terpisah. Nilai yang diperoleh ditambahkan dengan nilai penurunan konsolidasi primer dan penurunan segeranya.

2.4 Penurunan

Jika lapisan tanah mengalami pembebanan maka lapisan tanah akan mengalami regangan atau penurunan ("settlement"). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori/air di dalam tanah tersebut. Jumlah dari regangan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanahnya. Penurunan akibat beban adalah jumlah total dari penurunan segera ("immediate settlement") dan penurunan konsolidasi ("consolidation settlement").

Penurunan yang terjadi pada tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus yang kering atau tak jenuh terjadi dengan segera sesudah penerapan bebannya disebut penurunan segera. Penurunan segera merupakan bentuk penurunan elastis.

Penurunan konsolidasi terjadi pada tanah berbutir halus yang terletak di bawah di bawah muka air tanah. Penurunan yang terjadi memerlukan waktu, yang lamanya tergantung pada kondisi lapisan tanahnya.

Penurunan konsolidasi dapat dibagi dalam 3 fase, yaitu:

Fase awal, yaitu fase di mana penurunan terjadi dengan segera sesudah beban bekerja. Di sini, penurunan terjadi akibat proses penekanan udara keluar dari dalam pori tanahnya.

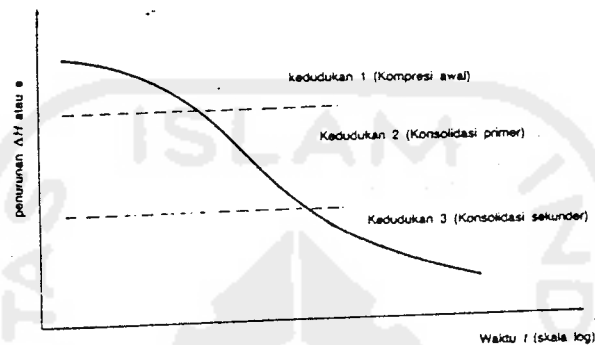
Fase konsolidasi primer atau konsolidasi hidrodinamis, yaitu penurunan yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran air yang meninggalkan tanahnya akibat adanya tekanan. Proses konsolidasi primer sangat dipengaruhi oleh sifat tanahnya seperti permeabilitas, kompresibilitas, angka pori, bentuk geometri tanah termasuk tebal lapisan mampat, pengembangan arah horisontal dari zona mampat, dan batas lapisan lolos air, di mana air keluar menuju lapisan yang lolos air ini.

Fase konsolidasi sekunder, merupakan proses lanjutan dari konsolidasi primer, dimana prosesnya berjalan sangat lambat. Penurunannya jarang diperhitungkan karena pengaruhnya biasanya sangat kecil. Kecuali, pada jenis tanah organik tinggi dan beberapa tanah lempung tak organis yang sangat mudah mampat.

Sebagian besar penurunan diakibatkan oleh pengurangan angka pori. Hampir semua jenis tanah akan berkurang angka porinya (e) bila beban vertikal bertambah dan akan bertambah angka porinya bila beban dikurangi. Tambahan tegangan dalam lapisan tanah akibat beban yang bekerja akan selalu diikuti oleh regangan yang akan menghasilkan penurunan pada strukturnya.

Pada Gambar 2.14 memperlihatkan sifat khusus dari hubungan antara penurunan ΔH dan logaritma waktu ($\log t$). Kurva bagian atas (kedudukan 1),

merupakan bagian dari kompresi awal yang disebabkan oleh pembebanan awal dari benda uji. Bagian garis lurus (kedudukan 2), menunjukkan proses konsolidasi primer. Bagian garis lurus terendah (kedudukan 3), menunjukkan proses konsolidasi sekunder.



Gambar 2.14 Sifat khusus grafik hubungan ΔH terhadap e -log p'

2.5 Geosintetik

2.5.1 Umum

ICI Fiber (1986) mendefinisikan geosintetik sebagai "a synthetic material used in soil (geo) environment". Jadi semua bahan sintetik yang digunakan dalam pekerjaan teknik bangunan dan bahan tersebut berada dalam lingkungan tanah dapat disebut sebagai geosintetik. Selain dari itu istilah geosintetik juga hanya diperuntukkan bagi yang terbuat dari sintetik (tiruan/buatan) saja. Hal ini untuk membedakan dengan bahan-bahan lain yang bukan dari bahan sintetik yang sebelumnya juga telah banyak dibuat orang untuk maksud-maksud yang hampir sama dengan salah satu fungsi dari bentuk geosintetik. Misalnya sebagai bentuk geotekstil, sering digunakan anyaman bambu dan rerumputan sebagai lapis

penguat di bawah timbunan tanah atau badan jalan. Meskipun mempunyai fungsi yang sama dari geotekstil, anyaman bambu dan rerumputan tersebut tidak dapat digolongkan sebagai geosintetik.

Geosintetik merupakan produk modern karena penggunaan bahan geosintetik baru mulai dirintis pada dekade tahun 1960-an. Pada tahun 1970-an barulah dimulai penggunaan bahan-bahan geosintetik pada proyek-proyek teknik sipil dan produksi geosintetik dengan anyaman dan tidak dianyam mulai dipasarkan. Perancis memperkenalkan geosintetik ke Afrika Barat dan Indo Cina, sedang Inggris membuat percobaan awalnya di Malaysia dan Australia, yang kemudian Australia memasarkan ke Indonesia. Pada tahun 1977 untuk pertama kalinya diadakan seminar masalah geosintetik pada "International Conference on the Use of Fabrics in Geotechnics" di Paris. Sejak itulah penggunaan geosintetik meluas ke seluruh dunia. Pada tahun 1983 barulah dibentuk "International Geotextile Society" (IGS), sebagai hasil dari "The Second International Conference on Geotextile" di Las Vegas pada tahun 1982, yang diikuti oleh wakil-wakil dari 42 negara.

2.5.2 Bahan dan Karakteristik Geoteknik

Geosintetik yang ada dengan bermacam-macam bentuk dan komposisi polimer dijumpai dalam berbagai aplikasi yang luas. Bahan geosintetik dibentuk dari bahan-bahan polimer yang kuat, tahan lama, tahan terhadap pengaruh kimiawi yang kesemuanya itu memberikan perlawanan yang tinggi ("highly resistance") terhadap pengaruh kondisi tanah dan cuaca.

Bahan dasar geosintetik merupakan hasil polimerisasi dari bahan minyak dalam industri-industri kimia, pelapukan, keausan, sinar ultra violet dan mikroorganisme. Polimer utama yang dipakai sebagai bahan geotekstil adalah sebagai berikut ini.

1. "Polypropylene", yaitu berupa polimer dengan rantai sangat panjang tersusun paling sedikit 85% berat. "Polypropylene" tahan terhadap bahan kimia, sangat ringan, sangat kuat dan tahan terhadap abrasi,
2. "Polyester", yaitu dibuat dari polimer sintetik rantai panjang yang tersusun tidak kurang 85% berat adalah "ester" dari dihydric alkohol dan "terephthalic acid" (TA) atau "dimety teraphthalate" (MMT). Di dalam geotekstil, serat polyester memiliki kekuatan tinggi, tahan terhadap bahan kimia, abrasi dan rangkai,
3. "Polyamide", termasuk keluarga nilon dan merupakan bahan plastik yang mempunyai ketahanan tinggi terhadap abrasi, sulit terbakar, tetapi pada jenis tertentu kurang tahan terhadap pengaruh air, yang mana terjadi pengurangan kekuatan pada bahan. Bahan ini juga mudah terpengaruh oleh serangan mikro biologis, terutama "pinisilium" dan "aspergillus" yang menyebabkan pengurangan kekuatana dan perubahan warna.
4. "Polyethelene", sangat tahan terhadap serangan mikroba (jamur, bakteri) serta senyawa kimia, cukup aman terhadap abrasi dan pemanasan tetapi tidak kuat terhadap oksidasi dan sinar ultra violet.

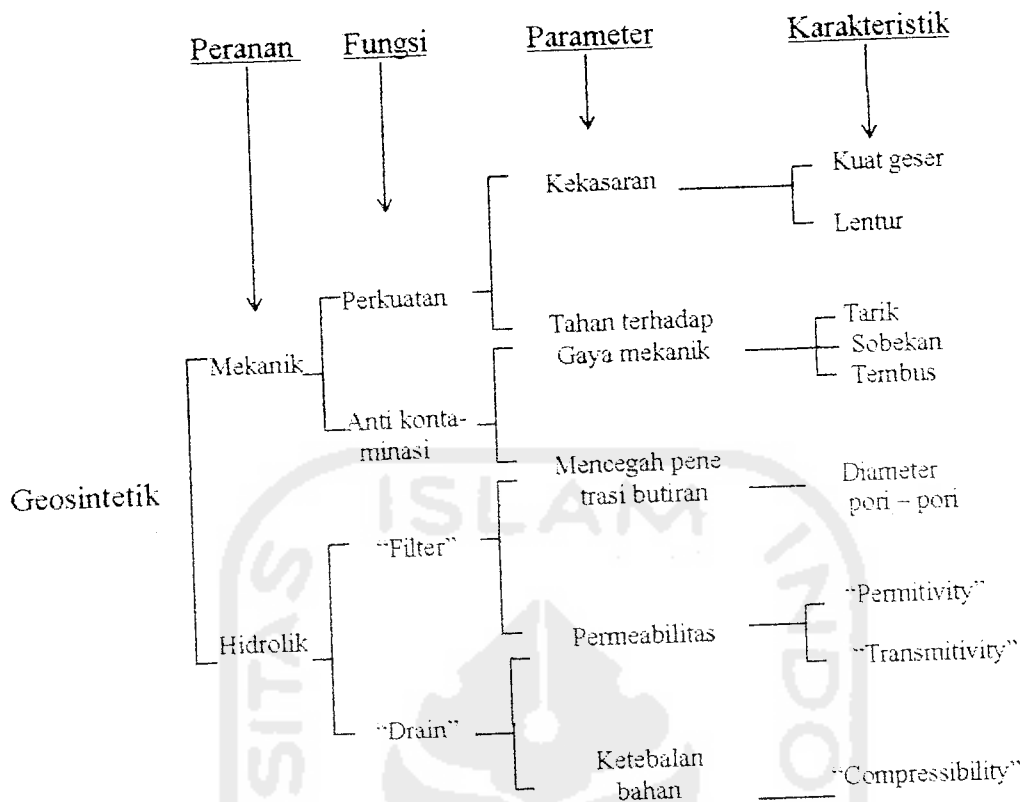
Sebagian dari pabrik-pabrik pembuat geosintetik juga menggunakan bahan serat alami seperti kapas dan jute (bahan karung goni) sebagai bahan campuran

serat. Dalam metode pabrikasi ditambahkan "additive", "fillet", "extenders", dan "reinforcing agent" yang dicampur dengan bahan baku polimer.

Dalam perkembangan istilah geosintetik mulai menyempit sesuai dengan fungsinya, hal ini dimungkinkan oleh adanya tipe-tipe baru hasil produksi pabrik yang berbeda sifat dan kegunaannya dari tipe sebelumnya, sehingga jenis-jenis yang ada lebih bervariasi. Untuk itu diperlukan pandifinisian agar tidak terjadi kesimpang siuran dalam penyebutannya.

Ada beberapa klasifikasi yang dikemukakan dalam ASTM (1986), IFAI (1980), ICI Fibers (1986), Koerner (1985) dan Rankilot (1981). Disini akan dikemukakan klasifikasi yang diusulkan oleh Koerner (1985) dan ICI Fibers (1986), yaitu "Geosynthetics" untuk istilah umum tekstil sintetis yaitu semua bahan sintetis yang digunakan dalam pekerjaan teknik bangunan dan bahan tersebut berada dalam lingkungan tanah.

Dalam pekerjaan-pekerjaan teknik sipil, fungsi dan peran geosintetik dibedakan berdasarkan karakteristi yang dimilikinya. Diagram di bawah ini menggambarkan peran serta fungsi geosintetik secara umum (Gambar 2.15)



Gambar 2.15 Peran dan fungsi geosintetik ditinjau dari segi teknik sipil (Koerner, 1985).

Untuk perencanaan perlu diketahui bagaimana memilih bahan geosintetik. Pilihan tersebut berdasarkan karakteristik teknik bahan geosintetik yang meliputi karakteristik fisik, mekanik, hidrolik, dan ketahanan.

1. Karakteristik fisik

- a. Massa per satuan volume ("specific gravity"), didefinisikan sebagai perbandingan antara massa bahan sintetik dengan volume bahan sintetik. Beberapa nilai massa per satuan volume polimer utama yang digunakan dalam pembuatan geotekstil adalah (Koerner, 1985)(8):

"Polypropylene" : $0,91 \times 10^6 \text{ g/m}^3$

"Polyester" : 1,22 sampai $1,38 \times 10^6 \text{ g/m}^3$

“Nylon”	: 1,05 sampai $1,14 \times 10^6 \text{ g/m}^3$
“Polyethylene”	: 0,92 sampai $0,95 \times 10^6 \text{ g/m}^3$
“Polyvinyl alkohol”	: 1,26 sampai $1,32 \times 10^6 \text{ g/m}^3$
“Glass”	: $2,54 \text{ g/m}^3$

- b. Massa per satuan luas (mass per unit area), adalah massa dari lembaran geosintetik persatuan luas dengan satuan yang digunakan g/m^2 . Massa per satuan luas geotekstil umumnya berkisar $50 - 70 \text{ g/m}^2$ untuk kelas ringan dan bahkan sampai $700 - 800 \text{ g/m}^2$ untuk yang lebih berat. Untuk geomembran berkisar $600 - 3000 \text{ g/m}^2$, sedangkan untuk struktur komposit berkisar $400 - 3000 \text{ g/m}^2$.
- c. Tebal (“thickness”), merupakan jarak antara permukaan ke bagian bawah geosintetik yang diukur dengan tekanan tertentu. ASTM D1777 menyatakan bahwa ketebalan diukur dengan ketelitian sekurang-kurangnya $0,001$ ” (= $0,02 \text{ mm}$) pada tekanan tertentu, dengan mengambil kecenderungan tekanan standar $0,29 \text{ psi}$ (= $2,0 \text{ Kpa}$). Geotekstil umumnya mempunyai ketebalan berkisar $10 - 300 \text{ mils}$ ($1 \text{ mil} = 0,001$ ”).
- d. Diameter serat (df), adalah diameter dari benang sintetik penyusun geosintetik yang umumnya mempunyai tampang berbentuk lingkaran atau elips. Satuan yang digunakan oleh industri-industri tekstil sintetik adalah “desitex” (d tex) atau massa dari 10.000 m benang sintetik dalam gram massa. Diameter tersebut dinyatakan dalam μm . Untuk tipe tidak ditunen, diameter benang sintetik bervariasi antara $25 - 50 \mu\text{m}$.

2. Karakteristik Mekanik

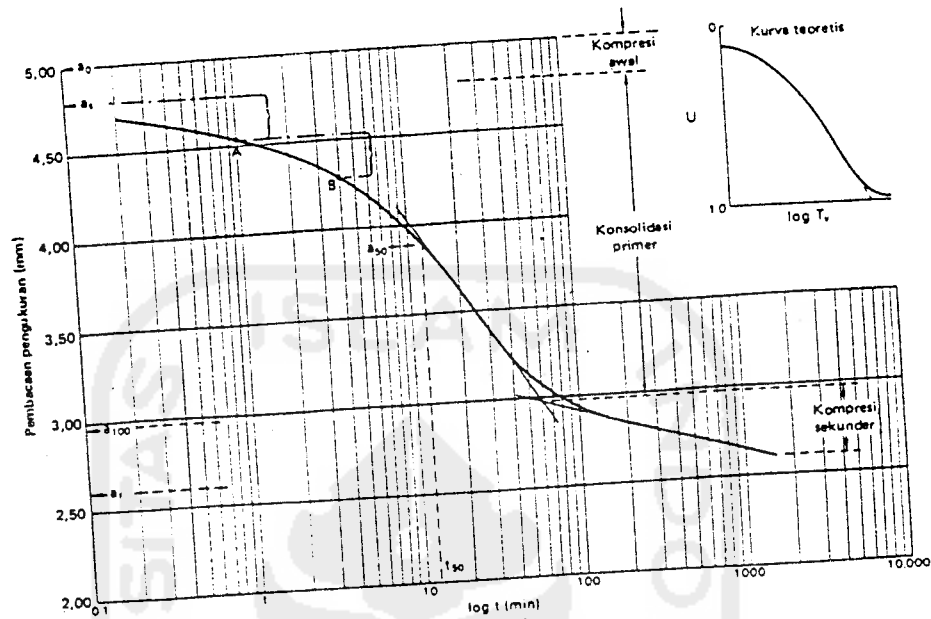
Karakteristik mekanik meliputi :

- a. Kompresibilitas, pengertian kompresibilitas selalu berhubungan dengan ketebalan dari bahan geotekstil pada berbagai tekanan normal yang bekerja. Sifat ini penting diketahui untuk geotekstil yang digunakan sebagai "drain". Transmisivitas akan berubah dengan perubahan tekanan yang di alami.
- b. Kuat tarik ("tensile strength"), merupakan sifat yang sangat penting pada geosintetik. Tegangan biasanya diukur dalam satuan gaya per unit lebar (lb/m, t/m, kg/cm, dsb), sedangkan regangan adalah nilai deformasi dibagi dengan lebar awal.

Dari hubungan tegangan-regangan akan diperoleh antara lain:

- a). Kuat tarik maksimum ("maximum tensile strength"), sebagai indikasi kuat bahan ("fabric's strength"),
- b). Regangan runtuh, biasanya diberikan dalam data perpanjangan maksimum ("maximum elongation").
- c). Keuletan ("toughness"), yaitu luas bagian di bawah kurva tegangan-regangan.
- d). Modulus atau kekakuan ("modulus stiffness"), adalah kemiringan dari bagian awal kurva tegangan-regangan.

Karena aplikasi yang bermacam-macam di lapangan, maka bahan geosintetik disyaratkan dilengkapi dengan berbagai macam kekuatan tarik



Gambar 2.13 Metode akar waktu
 Sumber : Mekanika Tanah, R.F. Craig 1991

2.3.8 Konsolidasi Sekunder

Konsolidasi sekunder terjadi setelah proses konsolidasi primer telah selesai. Persamaan untuk memperoleh C_α diperoleh dengan:

$$C_\alpha = \frac{\Delta e}{\text{Log } t_2/t_1} \tag{2.49}$$

Penurunan akibat konsolidasi sekunder, dihitung dengan persamaan

$$S_s = H \frac{C_\alpha}{1+e_p} \log \frac{t_2}{t_1} \tag{2.50}$$

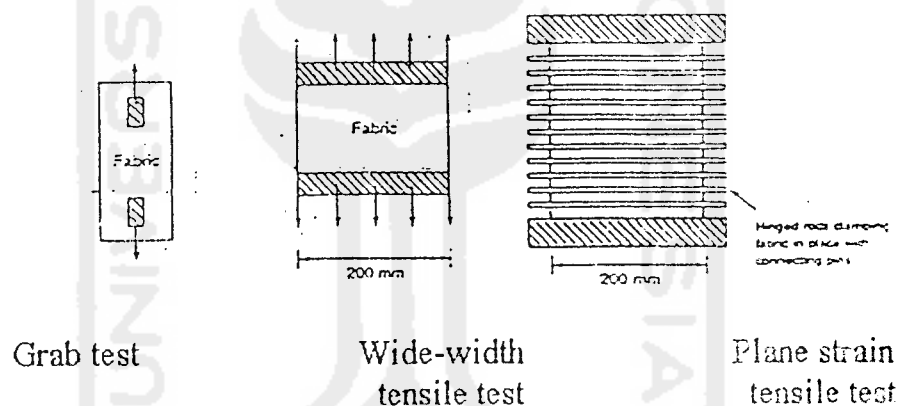
dengan :

e_p = angka pori saat konsolidasi primer selesai

H = tebal benda uji awal atau tebal lapisan tanah yang ditinjau

dari bermacam-macam tes tarik (ICI, Fibers, 1986)(10) diantaranya meliputi:

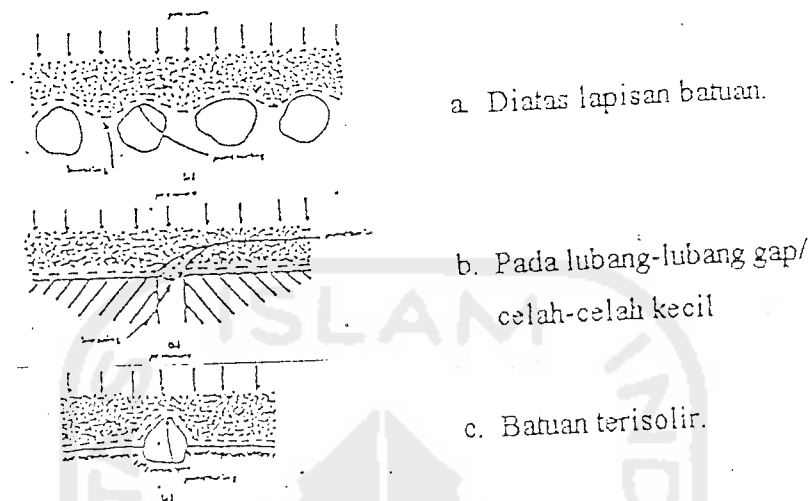
- a). "Grab tensile strength", untuk mengetahui kemampuan bahan geotekstil dalam menyebarkan muatan (tarik) terpusat dengan arah sejajar lembaran geotekstil.
- b). "Wide width tensile strength", memberikan kemampuan tarik bahan dengandeformasi lateral sekecil-kecilnya. Tes ini biasanya dilakukan pada lebar lembaran 200 mm sampai 1000 mm. Tes ini biasa disebut sebagai "plain strain tensile test" (ASTM D1682 dan D1751).



Gambar 2.16 Macam-macam tes tarik (Hausmann, 1990)

- c. Kuat pecah ("burst strength"), adalah kekuatan bahan dalam menerima beban terpusat dalam arah tegak lurus lembaran geosintetik. Beban terpusat ini dapat berupa beban pecah ("bursting load") atau beban coblos ("puncturing load"). Beban pecah terjadi bila geotekstil harus menerima beban terpusat pada luasan yang relatif sempit, arah tegak lurus lembaran

geotekstil. Kemungkinan "bursting" terjadi pada lengkungan-lengkungan diantara batuan atau lubang kecil seperti terlihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Beberapa kondisi penyebab kemungkinan pecah dan coblos pada geotekstil, (Giroud, 1982)

Beban coblos ("puncturing load") adalah beban tegak lurus pada lembaran geotekstil pada muatan yang bersudut runcing yang cenderung mencoblos lembaran. Kondisi ini dapat timbul akibat sudut-sudut yang runcing dari batuan/agregat yang mana bahan geotekstil itu berfungsi sebagai "separator, filter" atau "reinforce" (Gambar 2.17). Oleh sebab itu kekuatan pecah dapat dicari dengan beberapa cara antara lain:

- a). "Mullen Bursting Test", (ASTM D774), dilakukan dengan memaksa sebuah bola tertentu menekan permukaan geosintetik sampai geosintetik pecah.
- b). "CBR Plunger Test", dilakukan dengan cara menekan batang penetrasi CBR secara tegak lurus ke permukaan geosintetik yang dijepit di

sisnya sampai bahan pecah dan batang penetrasi CBR (3 cm) menembus bahan.

- d. Kuat robek ("tear strength"), adalah ketahanan bahan terhadap menjalarnya robekan dalam kondisi menahan "tensile". "Tear strength" juga diperlukan pada saat bahan menerima beban coblos.

Untuk maksud tersebut, kuat robek diberikan dari hasil sebagai berikut ini.

- a). "Trape Zoidal Test" (ASTM D2263), tes ini dilakukan dengan menarik bahan geosintetik yang sudah dirobek dengan pola tertentu. Kekuatan robek merupakan gaya dimana robekan mulai menjalar ke seluruh lembaran.
- b). "Cone Drop Test", tes ini dilakukan dengan menjatuhkan sebuah kerucut berujung runcing tegak lurus ke permukaan lembaran geosintetik yang dijepit sisinya. Tes ini untuk mendapatkan kekuatan coblos ("puncturing strength") dari bahan geosintetik, meniru coblosan batuan runcing di lapangan.
- e. Kuat geser terhadap bahan butiran, yang diukur disini adalah sudut geser dalam (U) antara bahan tekstil dengan tanah.
- f. Kuat lelah ("fatigue strength"), adalah sifat yang berkaitan dengan beban berulang dan kemampuan geotekstil memikul beban berulang tersebut.

3. Karakteristik Hidrolik

Karakteristik hidrolik meliputi:

- a. Porositas ("porosity or opening size of fabrics"). Sifat penting yang berhubungan dengan fungsi drainase dari geotekstil adalah porositas atau

ukuran lubang bukaan pada geotekstil. Penentuan yang paling teliti dengan pengujian menggunakan "Area of Quantitative Metallography". Alat yang dapat secara cepat merinjau bahan dengan refleksi cahaya dan memberikan prosentase lubang dari geotekstil yang diuji. Sebagai sebuah alternatif, pengujian "Equivalent Opening Size" (EOS) telah diberikan oleh "Corps of Engineers" (1977). EOS didefinisikan dalam CW-02215 sebagai nomor dari U.S. "Standard Sieve" yang mempunyai lubang ukuran paling dekat dengan lubang bukaan geotekstil. Pengujian ini menggunakan butir-butir kaca yang telah diketahui ukurannya menurut "Standard Sieve" dan dilakukan penyaringan. EOS dari geotekstil tersebut adalah ukuran dari fraksi butiran dimana 5% atau kurang yang lolos melewati geotekstil.

- b. "Apparent Opening Size" (AOS), adalah sebuah ukuran yang menunjukkan diameter tertentu pada lubang-lubang geosintetik. Bahan geosintetik sebagai filter dan drainase umumnya berwujud seperti penyaring yang mana permukaan geosintetik itu mempunyai lubang-lubang dengan diameter kecil. Lubang-lubang tersebut besarnya sangat bervariasi mengingat bahwa bahan geosintetik dibuat dari mesin. Dengan suatu tes khusus dapat diketahui variasi ukuran lubang-lubang pada geosintetik tersebut. AOS dinyatakan dalam simbol O_n . Untuk AOS pada O_{95} artinya diameter tersebut merupakan diameter lubang yang relatif terbesar pada filter geosintetik sedemikian rupa sehingga 95% dari lubang-lubang filter yang lain mempunyai diameter lebih kecil dari O_{95} tersebut (Koerner, 1991).

- c. "Percent Open Area" (POA), yaitu perbandingan antara "total open area" (lubang antara benang seluruhnya) dengan "total specimen area" (seluruh permukaan). Penggunaan POA hanya berlaku untuk "monofilament woven geotextile".
- d. "Permeability", adalah koefisien rembesan air tanah arah normal bidang geosintetik (tegak lurus bidang geosintetik).
- e. "Permittivity", adalah harga koefisien permeabilitas arah normal bidang untuk tiap satuan tebal geosintetik. Perlu diketahui bahwa semakin tebal geosintetik makin kecil permeabilitasnya. Biasanya harga "permittivity" agak konstan.
- f. "Transmissivity" adalah koefisien rembesan air arah sejajar bidang geosintetik, untuk tebal tertentu dan geosintetik yang digunakan.

Rentang nilai dari beberapa karakteristik geosintetik yang ada di lapangan diberikan pada tabel 2.13 berikut ini.

Tabel 2.13 Rentang nilai dari beberapa karakteristik teknik geosintetik yang ada di lapangan (Exxon, 1990)

Geosynthetic		Tensile Strength (Kn/m)	Maximum Extension (%)	Apparent Opening Size (AOS) (mm)	Volume Water Permeability (Litre/m ² /s ²)	Unit Weight (g/m ²)
Geotextile	Woven	8 - 800	5 - 35	0,05 - 2,50	5 - 2000	100 - 1300
	Non-Woven	3 - 90	20 - 80	0,01 - 0,35	20 - 300	70 - 2000
	Knitted	2 - 120	12 - 600	0,10 - 1,20	60 - 800	N/A
	Slitch Bonded	15 - 800	15 - 30	0,04 - 0,40	30 - 80	250 - 1200
Geomembrane	Non-Reinforced	10 - 50	100 - 500	Zero	Zero	300 - 1500
		20 - 200	10 - 30	Zero	Zero	600 - 1200
Geolinear Element		50 - 500	3 - 15	Zero	Zero	600 - 2000
Geogrids		10 - 200	3 - 25	25 - 27	Very high	150 - 900

4. Karakteristik Ketahanan (“Endurance properties”) dan Sifat-sifat Lain

Yaitu, untuk mengetahui perilaku geotekstil terhadap waktu. Biasanya dilakukan beberapa uji antara lain:

- a. “Resistance to chemical reagent”. Metode ASTM D 543 menuliskan tentang hal ini dengan judul “Resistance of Plastic to Chemical Reagents”. Metoda pengujiannya termasuk mengamati perubahan di dalam berat, dimensi, bentuk, dan sifat-sifat kekuatannya. Data tentang kerusakan terhadap kekuatan (“breaking strength”), rusak karena pertambahan panjang (“breaking elongation”) dan keuletan (“toughness”) dari serat-serat geotekstil yang diuji dibandingkan dengan geotekstil yang tidak diuji.
- b. “Resistance to light and weather”. Metode pengujian ini terdapat dalam ASTM D 1435 dengan judul “Outdoor Weathering of Plastics”. Metode ini dimaksudkan untuk mendefinisikan ketahanan dari geotekstil terhadap pengaruh cuaca. Pengujian ini tergantung pada iklim, waktu, kondisi atmosfer, dan keadaan perilaku setempat dalam jangka panjang. “Breaking Strength” adalah sifat dasar yang diukur dan dibandingkan sebelum dan sesudah pengujian. Hasil pengujian ini penting didalam penggunaan geosintetik untuk suatu konstruksi, dimana harus dihindarkan pengaruh sinar ultraviolet, karena dapat menyebabkan degradasi yang cepat dari kekuatannya.
- c. “Resistance to Temperature”. Metoda pengujiannya untuk temperatur tinggi terdapat di ASTM D 794. Terdapat dua macam pengujian yaitu: “Continuous Heat”, dimana panas naik secara periodik sampai benda uji

rusak. Kerusakannya berupa perubahan di dalam bentuk, berat, dimensi atau sifat-sifatnya sehingga tidak sesuai untuk dipakai lagi. Lama pengujian tergantung dari kenaikan temperaturnya. Sedangkan "Cyclic Heat" dilakukan dengan panas tertentu berulang-ulang sampai kerusakan terjadi. Hasil pengujian ini dibutuhkan untuk penggunaan material panas pada pelaksanaan, seperti aspal atau "joint sealer" yang diletakkan diatas geotekstil. Metode ASTM D 746 ditujukan pada efek dari temperatur rendah pada material plastik, khususnya sifat getas ("brittleness") dan kekuatan kejut ("impact strength"). "Brittleness" didefinisikan sebagai suatu temperatur dimana 50% dari benda uji rusak.

- d. "Burial Deterioration of fabrics". "The National Research Council of Canada" menguji pengaruh pada geotekstil yang tertanam dalam tanah, karena tanah merupakan material yang bervariasi. Range-nya hampir dari 99% organik sampai 100% inorganik, dengan berbagai nilai pH dan kandungan mikroorganisme di dalam elemennya. Metoda ini didesain oleh CGSB 4-GP-2 metoda 28.3, serupa dengan Federal Standard No. 191, metoda 5762.

Geosintetik ada bermacam-macam jenis yang dibedakan berdasarkan fungsi dan karakteristik yang dimiliki. Jenis-jenis geosintetik tersebut adalah :

1. "Geomembrane"

Yaitu, berbentuk lapisan tipis yang kedap air dan berfungsi menyerupai membran. Terbuat dari lembaran-lembaran plastik atau karet tetapi ada juga yang terbuat dari geotekstil yang dilapisi aspal. Geomembran sesungguhnya tidak

100% tidak tembus air, tetapi relatif tidak tembus air jika dibandingkan geotekstil. Nilai permeabilitasnya diukur dengan "water vapor transmission test".

2. "Geolinear Elements"

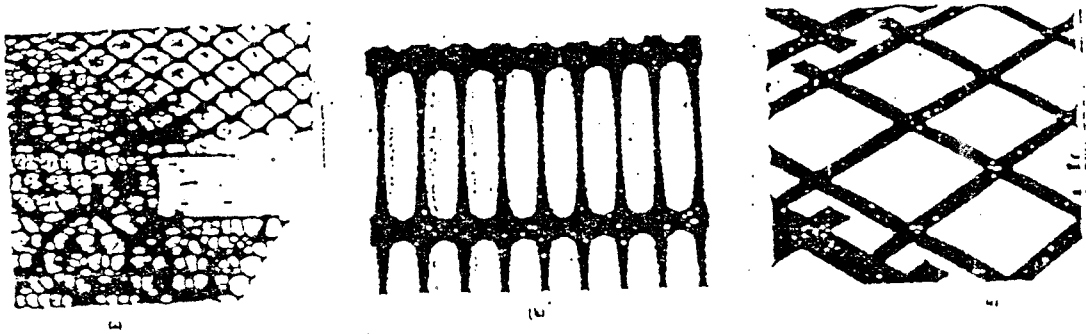
Yaitu, produk geosintetik yang berbentuk lajur tunggal seperti sabuk ("belt") yang terbuat dari kumpulan serat polyester yang dilapisi dengan polyethylene, dengan fungsi utamanya sebagai sistem perkuatan tanah dan sering diaplikasikan untuk konstruksi dinding penahan tanah pada oprit jembatan ("bridge approach") dan kepala jembatan ("bridge abutment").

3. "Geogrid"

Yaitu, berbentuk mirip anyaman dalam "grid" dengan ukuran yang cukup besar menyerupai bentuk jaring atau "net" dengan spasi yang lebar pada daun-daunnya. Daun-daunnya sendiri terdiri dari tiga variasi, tergantung penggunaannya sebagai berikut ini.

- a. "Nondeformed nets", fungsi utamanya berhubungan dengan drainase.
- b. "Deformed grids", digunakan untuk aplikasi perkuatan dan separator.
- c. "Polymeric strips", digunakan untuk aplikasi perkuatan.

"Geogrid" tidak bisa digunakan sebagai filter karena lubang jaring yang besar-besar. Maka jika digunakan drainase biasanya dilindungi dengan geotekstil yang bekerja sebagai filter dan ini menjadi susunan geocomposite. Bentuk dari berbagai variasi "geogrid" terlihat seperti pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Beberapa variasi dari tipe Geogrid (Koerner, 1985)
 (a) Nondeformed nets. (c) Grid formed from joined polymeric strip.
 (b) Deformed grids.

4. "Geocomposite"

Yaitu, lembaran atau komposit yang terdiri dari gabungan dua tipe geosintetik : geotekstil dan geogrid, atau geogrid dan geomembrane, atau geotekstil dan geomembrane, atau lainnya. Fungsi utama untuk sistem tata salir dan kontrol erosi.

5. "Geotextile"

Yaitu, bahan geosintetik yang bentuknya menyerupai bahan tekstil. Nama geotextile pertama kali dicetuskan oleh Jean Pierre Giroud pada Konferensi International Geosintetik ke-1 tahun 1977, kemudian tercantum dalam "American Society For Testing and Material" (ASTM, 1989-D 4439-87), yaitu " any permeable textile material used with fondation, soil...etc", jadi pengertian pokok dari geotekstil adalah sifat tembus air atau porous.

Geotekstil merupakan bahan geosintetik yang paling banyak digunakan manusia. Bentuknya seperti tekstil pada umumnya, tetapi terdiri dari serat-serat sintetis sehingga selain lentur, juga tidak ada masalah penyusutan seperti pada material dari serat alam seperti wol, katun ataupun sutera. Definisi yang diberikan

ASTM menyatakan bahwa geotekstil merupakan bahan yang menyerap air, baik diatas permukaan maupun yang menembus didalam materialnya. Geotekstil berfungsi sebagai lapisan pemisah ("separation"), lapisan penyaring ("filtration"), penyaluran air ("drainage"), perkuatan tanah ("reinforcement") dan lapis pelindung ("moisture barrier") bila terselimuti oleh bitumen.

Geosintetik telah di gunakan secara luas di lapangan. Geosintetik berdasarkan pada bentuk dan fungsinya, dapat diringkas seperti pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Hubungan antara bentuk dan fungsi geosintetik (Exxon, 1990)

Bentuk	Fungsi
Geotextile	Perkuatan tanah ("reinforcement")
	Lapisan pemisah ("separator")
	Penyaringan ("filtration")
	Pengendalian Erosi ("erotion control")
	Penyaluran Air ("drainage")
Geomembrane	Lapisan pemisah ("separator")
	Perkuatan tanah ("reinforcement")
Geogrid	Perkuatan tanah ("reinforcement")
	Pengendalian Erosi ("erotion control")
Geolinear Element	Perkuatan tanah ("reinforcement")
Geocomposite	Penyaluran Air ("drainage")
	Pengendalian Erosi ("erotion control")
	Penyaringan ("filtration")
	Perkuatan tanah ("reinforcement")

2.5.3 Tinjauan terhadap jenis Geotekstil

Geotekstil dibentuk oleh unsur-unsur buatan manusia yang kemudian diproses seperti pada pembuatan tekstil. Bahan dari komponen dasar geotekstil berupa polimer sintetis yaitu: "polypropylene, polyester, polyethylene, polyamide dan nylon". Bahan-bahan buatan manusia ini sangat tahan terhadap pengaruh lingkungan biologis dan degradasi kimia yang biasanya terjadi di dalam alam.

Proses produksi dari geotekstil dibagi atas dua langkah. Langkah pertama membentuk komponen dasar seperti serat ("fiber") dan benang ("yarn") sintetis. Langkah kedua adalah menggabungkan komponen-komponen tersebut menjadi suatu struktur tertentu yang umumnya disebut tenunan atau kain.

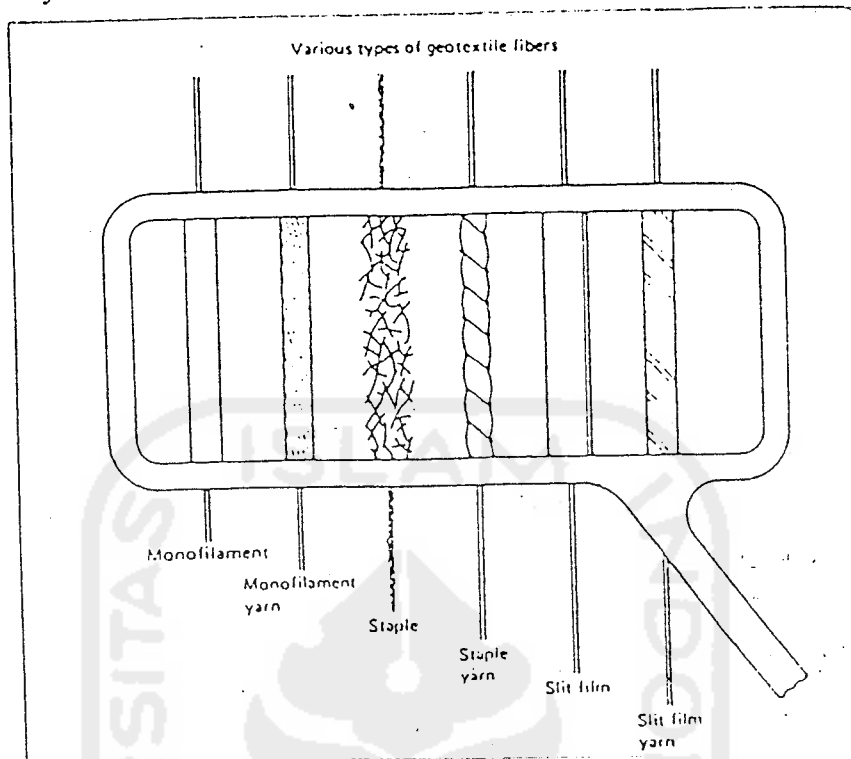
Ada tiga jenis serat sintetis, yaitu:

- a. "Filaments", yaitu serat sintetis yang terbentuk dengan mengeluarkan lelehan polimer melalui lubang-lubang kecil alat pintal. Setelah mengeras, kemudian "filaments" ditarik pada arah longitudinal, sehingga molekul-molekulnya dapat menyesuaikan diri pada arah yang sama.
- b. "Staple fibres", didapat dari "filaments" yang dipotong-potong sehingga mempunyai panjang antara 2 – 10 cm.
- c. "Slit films", berupa serat berbentuk pipih, tipis seperti pita kaset dengan lebar antara 1 – 3 mm, dibentuk dengan sayatan pada selaput plastik. Setelah disayat, serat-serat seperti pita tersebut ditarik. Penarikan tersebut akan membuat molekulnya menyesuaikan diri pada arah yang sama.

Benang sintetis dibuat dari satu atau gabungan beberapa serat sintetis. Jenis benang sintetis yang digunakan dalam konstruksi geotekstil dapat dilihat pada Gambar 2.19.

- a. "Monofilament yarn" : terbuat dari "filament" tunggal.
- b. "Multifilament yarn" : dibuat dari "filament-filament" halus yang saling dikaitkan.
- c. "Spun/staple yarn" : berupa "staple fiber" yang dijalin dan dipuntir bersama.

d. "Slit film yarn" : terdiri dari serat-serat "slit film" tunggal.



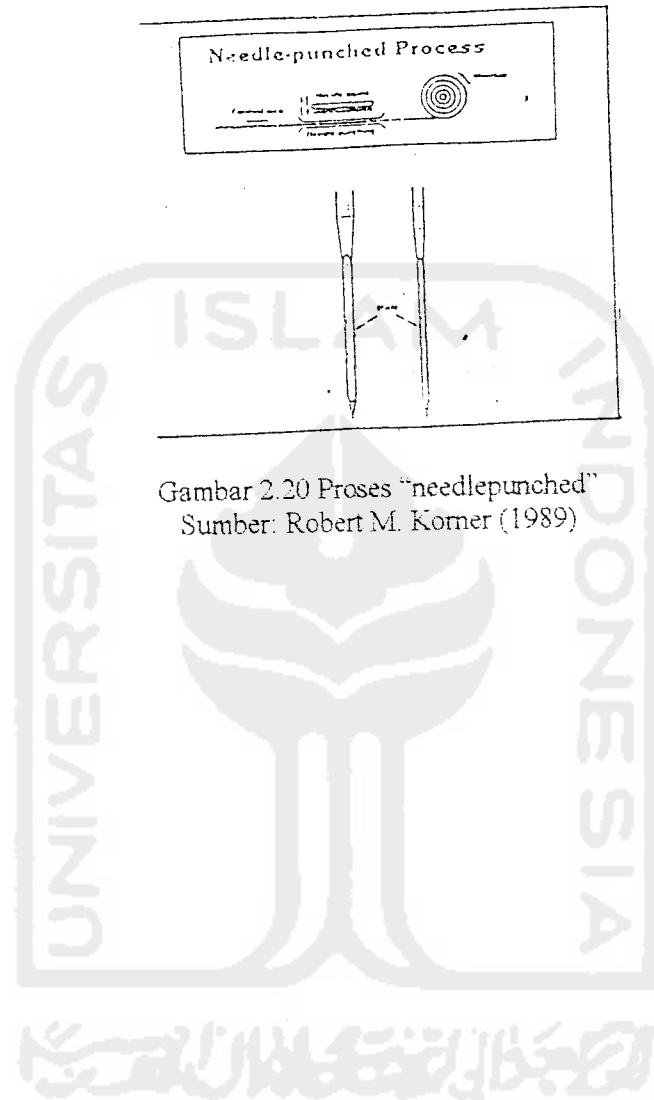
Gambar 2.19 Jenis benang sintetik
Sumber : Robert M. Korner (1989)

Pembagian dari jenis geotekstil didasarkan pada proses akhir dari pembentukan strukturnya. Geotekstil dapat dibagi atas beberapa macam, di mana jenis jenis "woven" dan "non woven" merupakan yang banyak dipakai. Jenis geotekstil tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.21 (mengacu pada R.M. Koener dan J.P. Welsh, 1980 "Construction and Geotechnical Engineering Using Synthetic Fabrics").

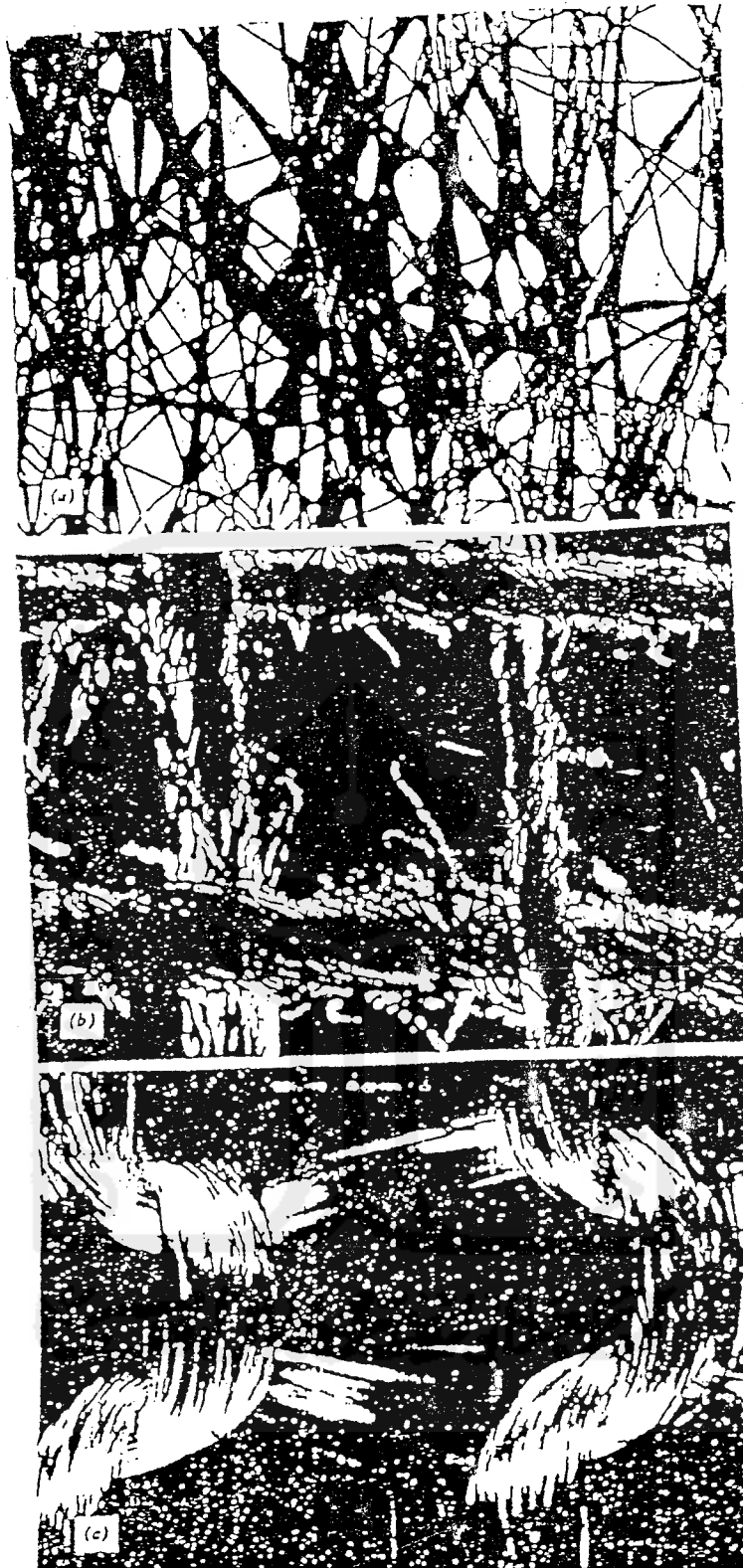
1. "Knitted Geotextiles", terdiri dari serangkaian ikalan benang yang saling mengkait membentuk rajutan. Jenis dari geotekstil rajutan ini ditentukan oleh macam kaitan dari ikalan benang tadi, misalnya kaitan Jersey. Untuk jenis geotekstil ini dapat digunakan "monofilament", "multifilament", dan "staple".

2. "Woven Geotextiles", umumnya terdiri dari dua seri benang yang sejajar dan dianyam tegak lurus satu dengan lainnya, tetapi dapat juga dibuat kedua seri benang itu membuat sudut tertentu. Pola dasar dari jalinan benang menentukan corak tenunannya, ada tiga macam pola dasar yaitu: "plain", "twill", dan "satin". Kombinasi pola dasar ini dapat membentuk pelbagai jenis "woven geotextiles". Jenis benang sintetis yang dapat digunakan adalah "monofilament, multifilament, and slit film yarn".
3. "Non-woven Geotextiles", dibentuk dari serat-serat yang diatur dalam pola tertentu atau acak. Serat-serat tersebut saling berkaitan dengan menggunakan proses sebagai berikut:
 - a. "Chemical bonding". Menggunakan zat pengikat seperti perekat, karet, lateks, atau umumnya ditambahkan resin sintetis. Hasilnya "bonded nonwoven geotextiles".
 - b. "Thermal bonding". Panas menyebabkan sebagian dari serat meleleh dan membuat ikatan pada daerah yang bersilangan antara serat-serat tersebut. Dengan demikian dapat diperoleh "heatbonded nonwoven geotextiles" yang relatif tipis (0,5 sampai 1 mm)
 - c. "Mechanical bonding". Ribuan jarum yang berkail diatur di atas papan, ditusukkan pada jaringan serat yang lepas dan ditarik, meninggalkan serat yang saling terkait. Proses "mechanical bonding" dapat dilihat pada Gambar 2.20. Jenis "needlepunched nonwoven geotextiles" ini relatif tebal (1 sampai 5 mm).

Serat yang digunakan untuk membuat “nonwoven geotextiles” adalah “staple yarn” dan “filament”.



Gambar 2.20 Proses “needlepunched”
Sumber: Robert M. Komer (1989)



Gambar 2.21 Jenis Geotekstil
(a) tipe "nonwoven" (b) tipe "woven" (c) tipe "knitted"
Sumber : Koerner dan Welsh (1980)

Geotekstil yang digunakan sebagai bahan dari drainase vertikal ini adalah jenis “non woven” Colbondrain® CX-1000 yang berfungsi sebagai filter. Karakteristik dari “vertical fibre drain” Colbondrain® CX-1000 yang dipakai dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah seperti pada Tabel 2.15 dan Tabel 2.16.

Tabel 2.15 “Colbondrain CX-1000 100 mm width Product Data Sheet”

Item	Unit	CX-1000	Test Method
Core		White coloured Enkamat® polyester	
Filter		Natural coloured colbond® non woven polyester needle punched chemical bounded non woven	
Weight	g/m ²	70 ± 10 %	
Width	mm	100 ± 5 %	
Thickness	mm	5 ± 5 %	
Water discharge cap. (Time/Soil pressure):			Delft University
New 50 kN/m ²	10 ⁻⁶ m ³ /s	239	(T = 20° C)
2 Weeks 250 kN/m ²	10 ⁻⁶ m ³ /s	101	(T = 20° C)
4 Weeks 350 kN/m ²	10 ⁻⁶ m ³ /s	44	(T = 20° C)
Free Volume In free state	mm ³ /mm	300	
Tensile strength	kN	1.8 ± 10%	DIN 53857
Elongation	%	22.5 ± 5	DIN 53857
Filter Velocity At H = 100 mm	m/s	6.5. 10 ⁻²	(T = 20° C) NEN 5167 (Draft)
Soil Retention Capacity O ₅₀	µm	65	Delft Hydraulic Lab. Method
Capacity O ₉₀	µm	80	
Roll Diameter	m	1.2	
Roll Length	m	200	
Roll Weight	kg	14	

Sumber : Brosur, AKZO, Colbondrain®, PT. Tetrasa Geosinindo.

Tabel 2.16 Hasil Uji dari Colbondrain® CX-1000 (lampiran 1)

No	Jenis Uji	Hasil Uji	Cara Uji
1.	Tebal, mm	5,3	ASTM D.5199-91 Pada tek.: 4,9 kPa
2.	Berat kain /m ² , g	76,7	ASTM D.3776-90
3.	Lebar kain, cm	9,6	ASTM D.3774-89
4.	Water Permeability (filter jacket), l / m ² / dt - Pada tekanan kolom air 10 cm - CV	135 4,4 %	Cara ICI dengan Beban 10 kg
5.	Effective opening size (filter jacket) -O ₈₇ , mikron - CV -O ₉₅ , mikron - CV	106 3,3 % 125 29,8%	ASTM D.4751-95
6.	Average quantity of water discharge after being compressed under 350 kPa (Q), m ³ / sec.	97 x 10 ⁻⁶	ASTM D.4716-87
7.	Jenis Serat (filter jacket)	Poliester 100% (non woven)	ASTM D. 276-93

Sumber: Laporan Uji Colbondrain® CX-1000, Departemen Perindustrian dan perdagangan R.I. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Tekstil, 1997.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Penelitian Sifat Fisik Tanah

3.1.1 Kadar Air

Kadar air (w) (ASTM D2216-71) (1) merupakan perbandingan antara berat air dengan berat butiran padat pada volume tanah yang diselidiki. Untuk menentukan kadar air, mula-mula dilakukan penimbangan cawan kosong (W_1). Kemudian dilakukan penimbangan cawan berisi tanah basah (W_2) dan dikeringkan dalam oven dengan temperatur 105°C selama 24 jam, kemudian dilakukan penimbangan cawan berisi tanah kering (W_3).

$$w = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \quad (3.1)$$

3.1.2 Berat Volume tanah

Berat volume tanah merupakan perbandingan antara berat dengan volume tanah seluruhnya. Berat volume tanah basah (γ_b) adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air (W) dengan volume tanah seluruhnya (V). Pada penelitian ini hanya memakai berat volume basah γ_b .

$$\gamma_b = \frac{\text{Berat Tanah}}{\text{Isi tanah}} \quad (3.2)$$

3.1.3 Berat Jenis tanah

Berat jenis (ASTM D 854-72) merupakan perbandingan antara berat volume butiran padat dengan volume air. Berat jenis tanah dapat dihitung dengan menggunakan rumus 3.3.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (3.3)$$

Tabel 3.1 Nilai-nilai khas dari berat jenis untuk mineral-mineral tanah

Mineral	Berat jenis	Mineral	Berat jenis
Bentonit	2,13 – 2,18	Muskovit (mika)	2,80 – 2,90
Gypsum	2,30	Delomit	2,87
Gibsit	2,30 – 2,40	Aragonit	2,94
Montmorilonit	2,40	Anhidrit	3,00
Felspar Ortoklas	2,56	Biotit (mika)	3,00 – 3,10
Illit	2,60	Hornblende	3,00 – 3,47
Kuarsa	2,60	Augit	3,20 – 3,40
Kaolinit	2,60 – 2,63	Olivin	3,27 – 3,37
Klorit	2,60 – 3,00	Limonit	3,8
Felspar plagioklas	2,62 – 2,76	Siderit	3,83 – 3,88
Talkum	2,70 – 2,80	Hematit	4,90 – 5,30
Kalsit	2,80 – 2,90	Magnetit	5,17 – 5,18

Sumber: Sifat-sifat fisik dan Geoteknis tanah (Mekanika Tanah), J.E. Bowles, 1986.

3.1.4 Batas-batas Konsistensi

Pada kadar air yang tinggi tanah berperilaku sebagai cairan encer yang mengalir dan tidak dapat mempertahankan bentuk tertentu. Batas cair merupakan kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis. Batas cair dapat dicari dengan melakukan pengujian metoda "cone penetrometer". Metode ini berdasarkan pada pengukuran penetrasi konus dengan massa tertentu ke dalam contoh tanah. Kadar air pada penetrasi 20 mm adalah batas cairnya (British Standard).

Tanah dianggap dalam keadaan plastis apabila dapat dibentuk atau diolah menjadi suatu bentuk yang baru, tanpa mengalami keretakan pada permukaannya. Keadaan ini merupakan batas plastis dari suatu tanah. Batas plastis ditentukan dengan menggulung segumpal tanah menjadi batangan. Apabila batangan tanah tersebut mulai retak-retak pada diameter 3,18 mm, maka kadar airnya adalah batas plastis (ASTM D 424-74).

Selisih antara batas cair dengan batas plastis adalah indeks plastis (IP) dan merupakan rentang kadar air dimana tanah berperilaku dalam keadaan plastis, dapat dilihat pada rumus 3.4

$$IP = LL - PL \quad (3.4)$$

dengan :

- IP = Indeks Plastis (%)
- LL = Liquid Limit (batas cair)
- PL = Plastis Limit (batas plastis)

Sedangkan batas susut tanah didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu prosentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah. (ASTM D 427-74). Batas susut dapat dihitung dengan menggunakan rumus

3.5.

$$SL = \left(\frac{V_o}{W_o} - \frac{1}{G_s} \right) \times 100\% \quad (3.5)$$

dengan:

- SL = batas susut (%)
- W_o = Berat tanah kering (gr)

V_o = Volume tanah kering (cm^3)

G_s = Berat jenis (gr/cm^3)

3.1.5 Analisis Hidrometer

Analisis hidrometer (ASTM D 421-72) adalah untuk menentukan distribusi ukuran-ukuran butir-butir untuk tanah yang tidak mengandung butir tanah tertahan oleh saringan nomor 10 (sepuluh). Pengujian dilakukan dengan analisis sedimen dengan hidrometer.

Persamaan-persamaan yang dipakai adalah sebagai berikut ini.

- a. Menghitung ukuran butir-butir terbesar D (mm), yang ada dalam suspensi pada kedalaman efektif L (cm), untuk setiap pembacaan pada menit ke T dengan rumus :

$$D = K \sqrt{(L/T)} \quad (3.6)$$

dengan:

K = konstanta yang besarnya dipengaruhi oleh temperatur ($t^\circ\text{C}$) suspensi dan berat jenis butir tanah (G_s)

L = Kedalaman efektif, yang nilainya ditentukan oleh jenis hidrometer yang dipakai dan pembacaan hidrometer pada suspensi (R_1) yang dipakai,

T = Saat pembacaan pada menit T

- b. Menghitung persentase berat (P %) dari butir yang lebih kecil dari (D) terhadap berat kering seluruh tanah yang diperiksa dengan rumus sebagai berikut:

Menggunakan hidrometer 152 H

$$P = \frac{R \times a}{W} \times 100\% \quad (3.7)$$

dengan :

- R = Pembacaan hidrometer terkoreksi
 G = Berat jenis tanah
 a = Angka koreksi untuk hidrometer 152 H terhadap berat jenis butir.

3.1.6 Analisis Saringan

Analisis saringan (ASTM D 422-72) adalah untuk menentukan persentase ukuran butir tanah pada benda uji yang tertahan saringan no.200. Menggambar grafik distribusi granuler butir-butir tanah pada kertas grafik semi logaritma. Dari kurva distribusi tersebut diperoleh persentase fraksi butiran tanah lempung, lanau, dan pasir.

3.1.7 Kelolosan Air

Penelitian kelolosan air (ASTM D 2434-74) dimaksudkan untuk menghitung daya kelolosan/rembesan air dari suatu sampel tanah. Pada penelitian ini dipakai pengujian dengan "Falling head permeameter"/pengujian permeabilitas dengan tinggi energi turun .

Nilai k pada pengujian "Falling Head Permeameter" dihitung dengan

rumus:

$$k = \frac{d^2 \cdot h}{D^2 \cdot t} \ln \frac{H_0}{H_t} \quad (3.8)$$

dengan:

- k = koefisien permeabilitas
 d = diameter pipa falling head permeameter (cm)
 D = diameter sampel tanah (cm)
 h = tinggi sampel (cm)
 t = interval waktu (dt)
 H_0 = ketinggian air dalam pipa mula-mula pada saat t_0
 H_t = ketinggian air dalam pipa pada saat t_1

Bila dikehendaki koefisien permeabilitas pada suhu tertentu (T) dapat dihitung dengan rumus:

$$k_T = k_t \frac{v_t}{v_T} \quad (3.9)$$

dengan:

- k_T = koefisien permeabilitas pada suhu T
 k_t = koefisien permeabilitas pada t
 v_T = viskositas air pada T
 v_t = viskositas air pada t

3.2 Penelitian Sifat Mekanik Tanah

3.2.1 Konsolidasi

Konsolidasi berdasarkan ASTM D 2435. Penelitian ini untuk menentukan tinggi efektif pori (e), dan koefisien konsolidasi (C_v), serta sifat kemampuan suatu jenis tanah, yaitu sifat-sifat perubahan isi dan proses keluarnya air dari

dalam tanah yang diakibatkan adanya perubahan tekanan vertikal pada tanah tersebut.

Pengujian konsolidasi satu dimensi ("one dimensional consolidation") dilakukan di laboratorium dengan alat odometer atau konsolidometer. Contoh tanah yang mewakili elemen tanah yang sudah mampat pada lapisan tanah yang diselidiki, dimasukkan secara hati-hati ke dalam cincin besi. Bagian atas dan bawah dari benda uji dibatasi oleh batu tembus air ("porous stone").

Beban P diterapkan pada benda uji tersebut, dan penurunan diukur dengan arloji pembacaan ("dial gauge"). Beban diterapkan dalam periode 24 jam, dengan benda uji tetap terendam air. Penambahan beban secara periodik diterapkan pada contoh tanahnya. Penelitian oleh Leonard (1962) menunjukkan bahwa hasil terbaik jika penambahan beban adalah dua kali beban sebelumnya, dengan urutan besar beban 0,25; 0,50; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0 kg/cm^2 . Untuk tiap perencanaan beban, deformasi dan waktunya dicatat, kemudian diplot pada grafik semi logaritmis. Grafik tersebut memperlihatkan sifat khusus dari grafik hubungan antara penurunan ΔH dan logaritma waktu ($\log t$). Kurva bagian atas, merupakan bagian dari kompresi awal yang disebabkan oleh pembebanan awal dari benda uji. Bagian garis lurus rendah, menunjukkan proses konsolidasi sekunder. Untuk tiap penambahan beban selama pengujiannya, tegangan yang terjadi adalah tegangan efektif. Bila berat jenis adalah ("specific gravity"), dimensi awal dan penurunan pada tiap pembebanan dicatat, maka nilai angka pori e dapat diperoleh. Selanjutnya hubungan tegangan efektif dan angka pori (e) diplot pada grafik semi logaritmis.

3.3 Metode Drainase Vertikal

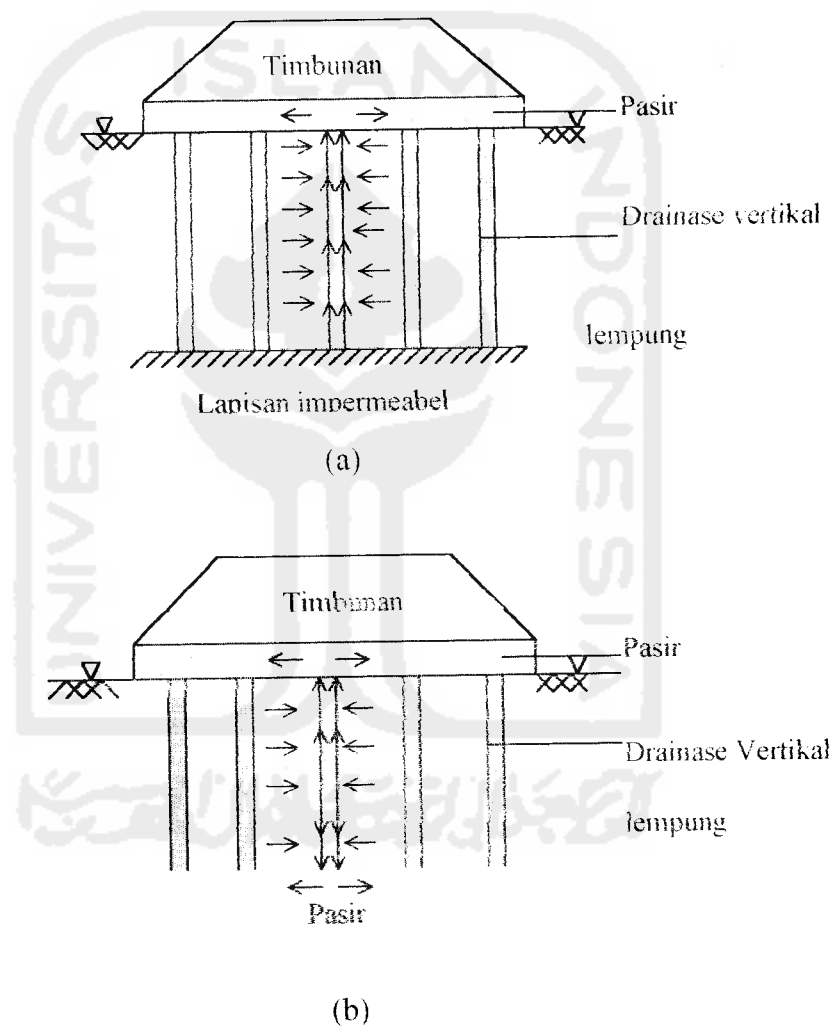
3.3.1 Drainase Vertikal

Laju konsolidasi yang rendah pada lempung jenuh dengan permeabilitas rendah, dapat dinaikkan dengan menggunakan drainase vertikal ("vertical drain") yang memperpendek lintasan pengaliran dalam lempung. Kemudian konsolidasi terutama diperhitungkan akibat pengaliran horisontal radial, yang menyebabkan disipasi tekanan kelebihan tekanan air pori yang lebih cepat; pengaliran vertikal kecil pengaruhnya. Dalam teori, besar penurunan konsolidasi akhir adalah sama, hanya laju penurunannya yang terpengaruh.

Metoda tradisional dalam membuat drainase vertikal adalah dengan membuat lubang bor pada lapisan lempung dan mengurung kembali dengan pasir yang bergradasi sesuai. Diameternya sekitar 200-400 mm dan saluran tersebut dibuat sedalam lebih dari 30 m. Masalah yang timbul dengan drainase vertikal pasir adalah diameter drainasi pasir yang besar cenderung menyerupai tiang-tiang yang lemah, yang mengurangi kenaikan tegangan vertikal dalam lempung sampai tingkat yang tidak diketahui dan menghasilkan tekanan air pori yang berlebihan. Efek ini minimal jika menggunakan drainase cetakan karena fleksibilitasnya.

Drainasi cetakan juga banyak digunakan dan biasanya lebih murah daripada drainasi urugan untuk suatu daerah tertentu. Salah satu jenisnya adalah drainase prapakat ("prapackage drain") yang terdiri dari selubung filter, biasanya dibuat dari polypropylene, yang diisi pasir dengan diameter 65 mm. Jenis lain dari drainasi cetakan adalah drainasi pita ("band drain"), yang terdiri dari inti plastik datar, dengan saluran drainase yang dikelilingi oleh lapisan filter tipis, yang mana.

lapisan tersebut harus memiliki kekuatan untuk mencegah jangam sampai terselip ke dalam saluran. Fungsi utama dari lapisan itu adalah untuk mencegah penyumbatan partikel-partikel tanah halus di dalam inti. Ukuran drainase pita sekitar 100 mm kali 4 mm dan diameter ekivalennya biasanya diasumsikan sebagai keliling dibagi π . Struktur drainase vertikal dapat dilihat pada Gambar 3.1. (Mekanika Tanah, judul asli: "Soil Mechanics, Fourth Edition", R.F. Craig, 1991).



Gambar 3.1 Struktur drainase vertikal
 (a) lapisan dasar kedap air (b) lapisan dasar lolos air
 Sumber: Mekanika Tanah 2, H.C. Hardiyatmo, 1994.

3.3.2 Pola dan Tata letak Drainase Vertikal

Karena tujuannya adalah untuk mengurangi panjang lintasan pengaliran, maka jarak antara drainase merupakan hal terpenting. Drainase tersebut biasanya diberi jarak dengan pola bujur sangkar atau segitiga, seperti terlihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.

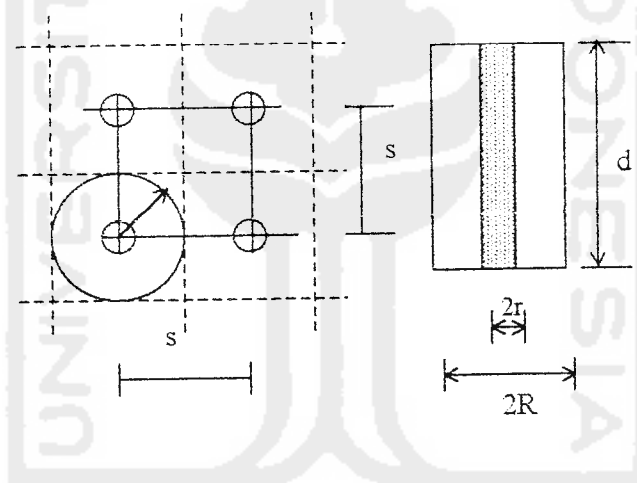
1. Pola bujur sangkar

Satu tiang jari-jari r_d , dianggap mempunyai jari-jari pengaruh sebesar R .

$$\pi R^2 = s \times s$$

$$R = 0,564 s$$

(3.10)



Gambar 3.2 Blok-blok silindris dengan pola bujur sangkar

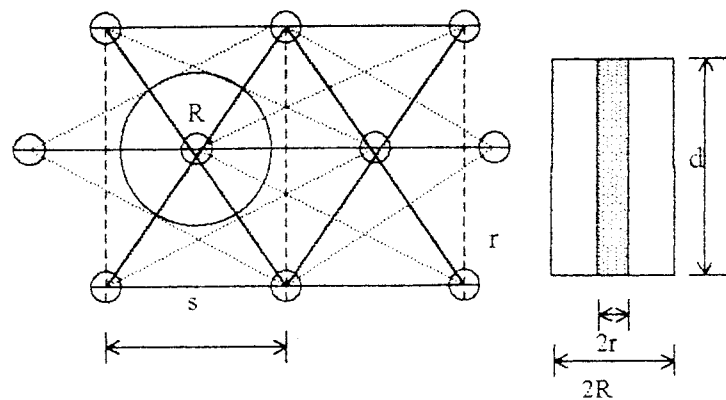
2. Pola Segitiga sama sisi

Jari-jari pengaruh R diperoleh dengan rumus:

$$\pi R^2 = s \times s$$

$$R = 0,525 s$$

(3.11)



Gambar 3.3 Blok-blok silindris dengan pola segitiga

Sumber: Mekanika Tanah, judul asli: "Soil Mechanics Fourth Edition", R.F. Craig, 1991.

3.3.3 Konsolidasi dengan Drainase Vertikal

Konsolidasi yang terjadi dalam lapisan tanah kohesif dengan drainase vertikal adalah sebagai berikut ini.

a. Konsolidasi arah vertikal

$$U_v = f(T_v) \quad (3.12)$$

dimana :

$$T_v = (C_v/d^2) t \quad (3.13)$$

dengan:

U_v = derajat konsolidasi arah vertikal

t = waktu konsolidasi (hari)

T_v = faktor waktu konsolidasi arah vertikal (tak berdimensi)

C_v = koefisien konsolidasi arah vertikal ($m^2/hari$)

c. **Konsolidasi gabungan arah vertikal dan arah horisontal/radial**

$$(1 - U) = (1 - U_v)(1 - U_r) \quad (3.18)$$

dengan :

U = derajat konsolidasi gabungan (vertikal dan radial)

U_v = derajat konsolidasi arah vertikal

U_r = derajat konsolidasi arah horisontal (radial)

Pernyataan untuk T_r , memberikan gambaran bahwa semakin rapat (kecil) jarak antara drainase, semakin cepat proses konsolidasi yang terjadi akibat pengaliran radial. Jarak antara drainase tersebut harus lebih kecil daripada tebal lapisan tanah kohesif. Untuk mendapatkan desain yang baik, koefisien horisontal dan vertikal (C_h dan C_v) yang akurat sangat penting untuk diketahui. Biasanya rasio C_h/C_v terletak antara 1 dan 2, semakin tinggi rasio ini, pemasangan drainase semakin bermanfaat. (Mekanika Tanah, judul asli: "Soil Mechanics, Fourth Edition", R.F. Craig, 1991).

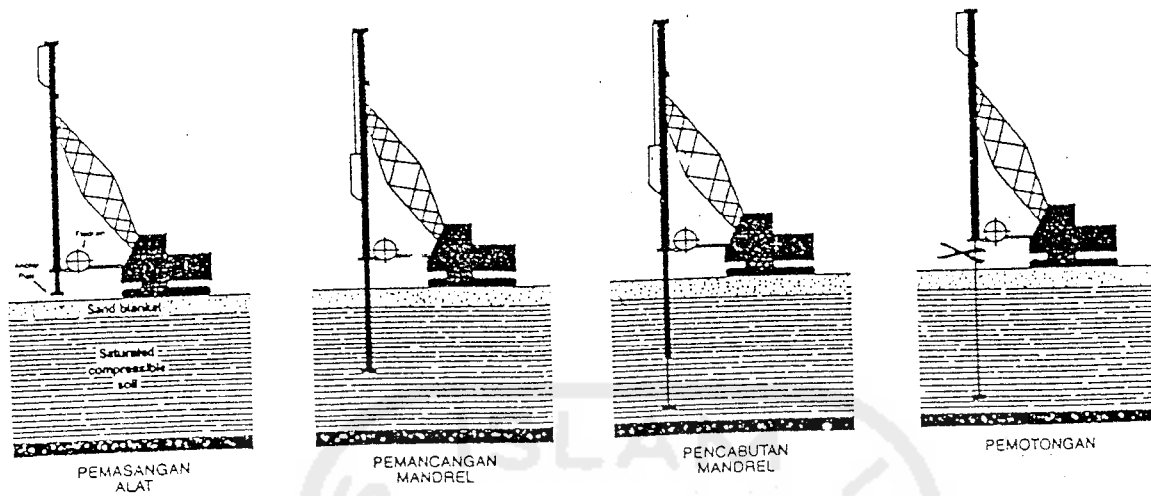
3.3.4 Metoda Pelaksanaan

Metoda Pelaksanaan drainase vertikal geotekstil adalah dipasang dengan cara menyelipkan ke dalam lubang bor atau dengan menempatkannya di dalam sebuah paksi ("mandrel") atau selubung ("casing") yang kemudian dipancangkan ke dalam tanah. (Mekanika Tanah, judul asli: "Soil Mechanics", Fourth Edition, R.F. Craig, 1991).

Pelaksanaan drainase vertikal geotekstil pada Proyek Jalan Lingkar Utara Semarang Seksi I, adalah sebagai berikut ini.

1. Penghamparan pasir sebagai "Horizontal Sand Drain" (HSD) (berfungsi mengalirkan air ke saluran samping yang berasal dari drainasi vertikal juga sebagai beban timbunan) lapis pertama setebal 15 cm disebut juga "sand blanket".
2. Penandaan pada titik-titik yang akan dipancang dengan pola segitiga dengan jarak (s) adalah 1,5 m.
3. "Vertical drain" dipasang pada alat pemancang, dilakukan pemancangan, setelah mencapai kedalaman 12 m kemudian mandrel dicabut dan vertikal drain tersebut dipotong dengan gunting atau benda tajam lain yang bisa digunakan,
4. Setelah pemancangan "vertical drain" selesai kemudian dihamparkan pasir sebagai HSD lapis kedua setebal 15 cm, total tebal HSD adalah 30 cm.

Sketsa pelaksanaan pemancangan drainase vertikal ini dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Sketsa pelaksanaan "vertical fibre drain"

Sifat dari pelaksanaan metoda ini adalah:

- keseragaman bahan drainase adalah baik,
- kecepatan pelaksanaan adalah tinggi, dan
- kadang-kadang pemotongan drainase vertikal geotekstil, mungkin saja terjadi penyimpangan kapasitas drainase.

(Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, S. Sosrodarsono, K.Nakazawa, 1983)

BAB IV

METODA PENELITIAN

4.1 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan merupakan pekerjaan awal sebagai rangkaian pelaksanaan penelitian. Pekerjaan awal ini meliputi pembuatan proposal tugas akhir dan koordinasi untuk pekerjaan di lapangan dan pekerjaan di laboratorium.

4.2 Pekerjaan Lapangan

Pekerjaan lapangan yang dilakukan adalah pengambilan sampel tanah. Sampel tanah yang di ambil adalah tanah lempung (tanah kohesif) yang meliputi tanah tidak terganggu (“undisturb soil”).

Sampel tanah lempung diambil dari daerah Kasongan, Bantul, Yogyakarta. Pengambilan sampel tanah tidak terganggu bertujuan untuk mengetahui kadar air asli di lapangan. Pada tanah tidak terganggu, kadar air dan susunan tanah diusahakan tetap sama dengan kondisi di lapangan sehingga masih menunjukkan sifat-sifat aslinya.

Pengambilan tanah tidak terganggu atau yang benar-benar asli (“truly undisturbed samples”) harus dengan pelaksanaan dan pengamatan yang tetap. Pada penelitian ini pengambilan sampel tanah dilaksanakan dengan menggunakan

tabung yang mempunyai diameter 6,83 cm dan tinggi 45 cm. Adapun langkah-langkah pengambilan sampel tanah tidak terganggu adalah sebagai berikut ini.

1. Menentukan lokasi tanah yang akan diambil untuk sampel.
2. Mempersiapkan tabung yang akan dipakai.
3. Melakukan pengeboran sampai kedalaman 1 meter.
4. Mengambil sampel dengan cara menekan tabung kedalam tanah .
5. Memutar-memutar tabung kemudian mengangkat tabung tersebut.
6. Mulut tabung lapisi dengan plastik, kemudian ditutup rapat.

4.3 Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah

4.3.1 Pemeriksaan Kadar Air

Alat-alat yang digunakan dalam pemeriksaan kadar air antara lain:

1. Cawan
2. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
3. Oven
4. Desikator

Langkah kerja pemeriksaan kadar air adalah sebagai berikut ini.

1. Membersihkan permukaan cawan, diusahakan cawan dalam keadaan kering, kemudian ditimbang beratnya (W_1) gram
2. Meletakkan sampel tanah pada cawan kemudian ditimbang beratnya (W_2) gram.
3. Memasukkan cawan yang telah berisi tanah ke dalam oven selama \pm 24 jam

4. Setelah proses pendinginan di dalam desikator, cawan dan tanah kering ditimbang beratnya (W_3)
5. Menghitung kadar air (W) sesuai dengan rumus:

$$W = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100\% \quad (4.1)$$

4.3.2 Pemeriksaan Berat Volume

Alat-alat yang digunakan dalam pemeriksaan berat volume antara lain:

1. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
2. Ring
3. Pisau
4. Califer

Langkah kerja pemeriksaan berat volume adalah sebagai berikut ini.

1. Membersihkan ring dan ditimbang
2. Ukur diameter (d) dan tinggi ring (t) kemudian dihitung volumenya (V)
3. Oleskan oli pada sisi ring sebelah luar dan dalamnya kemudian ring dimasukkan kedalam sampel tanah dengan cara ditekan.
4. Ratakan permukaan tanah rata dengan permukaan ring, serta bersihkan sisi luarnya dengan kain, kemudian ditimbang (W_2).
5. Menghitung berat volume tanah (γ) sesuai dengan rumus:

$$\gamma = \frac{(W_1 - W_2)}{V} \quad (4.2)$$

4.3.3 Pemeriksaan Berat Jenis

Alat dan bahan yang digunakan dalam pemeriksaan berat jenis antara lain:

1. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
2. Mortar dan spatel
3. Picknometer
4. Oven
5. Desikator
6. Saringan no. 10
7. Thermometer
8. Kompor
9. Air destilasi (dalam wash bottle)

Langkah kerja pemeriksaan berat jenis adalah sebagai berikut ini.

1. Membersihkan dan mengeringkan seluruh permukaan picknometer, kemudian ditimbang beratnya (W_1) gram
2. Menghancurkan sampel tanah dalam mortar dengan menggunakan spatel, kemudian dikeringkan dalam oven selama ± 24 jam
3. Setelah itu ambil dan dinginkan sampel dalam desikator selama ± 10 menit, setelah dingin dimasukkan ke dalam picnometer sebanyak 10 gram, picknometer dan tutupnya ditimbang beratnya (W_2) gram
4. Menambahkan air destilasi ke dalam picknometer sampai dengan $\frac{1}{2}$ atau $\frac{2}{3}$ penuh, kemudian picknometer dipanaskan selama ± 10 menit

d = panjang lintasan drainasi vertikal (m)

U_v = $f(T_v)$, dapat berupa :

a. rumus pendekatan

▪ Untuk $U_v < 60\%$, maka $T_v = (\pi / 4) U_v^2$ (3.14)

▪ Untuk $U_v > 60\%$, maka $T_v = -0,085 - 0,933 \log (1 - U_v)$ (3.15)

b. rumus asli dari Terzaghi

c. tabel atau grafik

(Mekanika Tanah II, Daruslan, 1994).

b. Konsolidasi arah horisontal

$$U_r = f(T_r) \quad (3.16)$$

dimana :

$$T_r = (Ch/4R^2)t \quad (3.17)$$

dengan :

U_r = derajat konsolidasi arah horisontal/radial

t = waktu konsolidasi (hari)

T_r = faktor waktu konsolidasi arah horisontal (tak berdimensi)

Ch = koefisien konsolidasi arah horisontal (m^2 /hari)

R = panjang jari-jari pengaruh (m)

a. $R = 0,564 s$, untuk pola bujur sangkar

b. $R = 0,525 s$, untuk pola segitiga dengan, dimana:

s = jarak antara masing-masing drainasi vertikal (m)

(Mekanika Tanah 2, H.C. Hardiyatmo, 1994).

dengan sesekali picknometer dimiringkan untuk membantu keluarnya udara yang terperangkap di antara butir-butir tanah, kemudian didinginkan

5. Menambahkan air destilasi kedalam picknometer sampai penuh, diukur suhu air dan ditutup kemudian ditimbang beratnya (W_2) gram
6. Mengosongkan dan membersihkan picknometer, kemudian diisi air destilasi sampai penuh dan ditimbang beratnya (W_1) gram
7. Menghitung berat jenis tanah dengan rumus:

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{(W_2 - W_1)}{((W_2 - W_1) - (W_3 - W_1))} \quad (4.3)$$

Dimana γ_s adalah berat Volume butiran padat dan γ_w adalah berat volume air.

4.3.4 Pemeriksaan Batas Konsistensi

Alat dan bahan yang di gunakan dalam pemeriksaan batas cair dan batas plastis adalah sebagai berikut:

1. Cone penetrometer
2. Mortar dan spatel
3. Saringan no. 40
4. Pelat kaca
5. Satu set alat pemeriksaan kadar air
6. Air destilasi

Langkah kerja pemeriksaan batas cair adalah sebagai berikut ini.

1. Sampel tanah yang telah lolos asaringan no 40 dicampur dengan air dalam mortar, kemudian diaduk dengan spatel hingga homogen

2. Memasukkan sampel tanah ke dalam cawan uji dan meratakannya dengan spatel, diusahakan supaya tidak ada udara yang terperangkap. Menjaga agar ujung konus selalu dalam keadaan bersih. Meletakkan cawan dibawah konus.
3. Menurunkan konus hingga tepat menyentuh permukaan contoh tanah dan nolkan pembacaan. Jatuhkan konus dan dijaga jangan sampai menekan peralatan ketika konus jatuh bebas. Setelah 5 detik baca pembacaan akhir.
4. Mengambil sebagian sampel untuk dicari kadar airnya
5. Untuk menentukan batas cair dilakukan 4 kali percobaan untuk masing-masing sampel yang dibuat dengan dua variasi penetrasi 10 mm – 25 mm. Kadar air pada penetrasi sebesar 20 mm adalah batas cairnya.
6. Membuat kurva hubungan antara kadar air dan penetrasi.

Langkah kerja pemeriksaan batas plastis adalah sebagai berikut ini.

1. Mencampur tanah dengan air destilasi secara merata dalam mortar hingga tanah mudah di bentuk, kemudian membuat bulatan tanah sedemikian rupa sehingga tidak lengket bila ditekan dengan tangan dan tidak melekat pada pelat kaca
2. Mengglintir tanah plastis tersebut di atas pelat kaca hingga mencapai diameter 3,18 mm dan kelihatan retak-retak serta tidak dapat dibuat batangan tanah dengan diameter lebih kecil dari 3,18 mm
3. Menentukan kadar air dari pilinan/batangan tanah yang telah retak

Alat dan bahan yang digunakan untuk pemeriksaan batas susut adalah sebagai berikut ini.

1. Cawan porselin dan spatel
2. Cawan susut terbuat dari porselin atau monel yang berbentuk bulat dan beralas datar
3. Pisau perata
4. Pelat kaca berpaku
5. Air raksa
6. Gelas ukur 25 cc
7. Oven
8. Mangkuk kaca
9. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
10. Jangka sorong

Langkah kerja pemeriksaan batas susut adalah sebagai berikut ini.

1. Memasukkan sampel tanah ke dalam cawan, kemudian masukkan air sedikit demi sedikit sambil diaduk dengan spatel sampai merata, diusahakan agar tidak ada udara yang terperangkap di dalam pori tanah. Adukan dibuat agak encer
2. Membersihkan cawan susut, kemudian diukur diameter dalam dan tinggi dalamnya serta hitung volumenya, lalu ditimbang beratnya (W_1) gram
3. Mengoleskan oli ke dalam cawan susut hingga merata. Lalu masukkan sedikit demi sedikit adukan tanah ke dalam cawan susut, diusahakan

agar tidak ada udara yang terperangkap di dalam cawan sehingga seluruh volume cawan terisi oleh tanah kemudian ditimbang beratnya (W_2) gram

4. Mengeringkan tanah di dalam oven dengan suhu 60°C selama ± 12 jam, kemudian suhu dinaikkan menjadi 100°C selama ± 12 jam berikutnya
5. Mendinginkan cawan dan tanah kering, setelah dingin ditimbang beratnya (W_3) gram
6. Menentukan volume tanah kering dengan cara antara lain:
 - a) Mengeluarkan tanah kering dari cawan susut, jangan sampai pecah
 - b) Menempatkan mangkuk kaca dalam mangkuk porselin yang lebih besar
 - c) Menuangkan air raksa ke dalam mangkuk kaca sampai penuh
 - d) Meratakan permukaan air raksa dengan pelat kaca berpaku, dengan posisi paku ikut dicelupkan dalam air raksa
 - e) Memindahkan mangkuk kaca ke dalam cawan porselin kosong lainnya, kemudian memasukkan sampel tanah kering ke dalam mangkuk kaca, lalu tekan dengan pelat kaca berpaku sampai tenggelam
 - f) Mengangkat pelat kaca dan memindahkan mangkuk kaca ke mangkuk porselin pertama
 - g) Menimbang gelas ukur (W_5) gram.

- h) Menuangkan air raksa yang berada dalam mangkuk porselin kedua kedalam gelas ukur lalu ditimbang beratnya (W_4) gram.
- i) Volume tanah kering sama dengan berat air raksa yang tumpah karena terdesak tanah dibagi dengan berat jenis air raksa

7. Menghitung batas susut dengan rumus:

$$SL = \frac{V_o}{W_o} - \frac{1}{G_s} \times 100 (\%) \quad (4.4)$$

dengan :

SL = batas susut tanah

W_o = berat benda jenuh setelah kering

V_o = volume benda uji setelah kering

G_s = berat jenis tanah

Apabila nilai berat jenisnya belum diketahui, maka nilai SL dapat dihitung

dengan:

rumus:

$$SL = \left[w - \frac{V - V_o}{W_o} \right] \times 100 (\%) \quad (4.5)$$

dengan:

w = kadar air tanah basah yang diisikan pada kontainer

$$= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \quad (4.6)$$

W = berat benda uji mula-mula

W_o = berat benda uji setelah kering

V = Volume benda uji basah = volume cawan susut

V_o = volume benda uji setelah kering

4.3.5 Pemeriksaan Analisis Granuler

4.3.5.1 Analisis Hidrometer

Alat dan bahan yang digunakan untuk pemeriksaan analisis hidrometer adalah sebagai berikut:

1. Hidrometer dengan skala pembacaan antara $-0,995$ sampai $-1,030$ gr per cm^3 .
2. Hidrometer dengan skala pembacaan antara -5 sampai -60 gr per liter.
3. Timbangan dengan ketelitian $0,01$ gram
4. Gelas silinder kapasitas 1000 cc dengan diameter $6,35$ cm, tinggi $45,70$ cm dengan tanda volume 100 cc sebelah dalam pada ketinggian 36 ± 2 cm dari dasar.
5. Alat pengaduk suspensi
6. Mortar dan pastel
7. Termometer
8. Stopwatch
9. Air destilasi
10. Bahan reagen (water glass)
11. Oven

Langkah kerja pemeriksaan analisis hidrometer adalah sebagai berikut:

1. Membuat larutan standar
 - a. Ambil reagen (water glass) sebanyak 2 gram, kemudian larutkan dalam 300 cc air destilasi hingga larut, pada gelas ukur (A).
 - b. Larutan standar ini dibagi menjadi dua bagian, yang satu bagian dimasukkan dalam tabung kapasitas 1000 cc (B) sedangkan yang sebagian lagi tetap berada pada gelas ukur semula (A).
2. Membuat suspensi (campuran sampel tanah dengan larutan standar)
 - a. Ambil sampel tanah sebanyak kurang lebih 50-60 gram kering oven, kemudian masukkan dalam gelas ukur (A). Rendam sampai kurang lebih 30 menit, kemudian diaduk/dihancurkan dengan mixer selama \pm 10 menit, sehingga menjadi suspensi.
 - b. Masukkan suspensi ke dalam tabung pengendapan (C)
 - c. Suspensi di dalam tabung (C) dikocok sebanyak 60 kali
3. Pembacaan hidrometer
 - a. Melakukan pembacaan hidrometer setelah suspensi di kocok sebanyak 60 kali. Saat selesai mengocok suspensi tersebut, tabung (C) diletakkan di meja dan saat itu dihitung sebagai T_0 .
 - b. Cara melakukan pembacaan adalah sebagai berikut:
 - (a) Kira-kira 20 atau 25 detik sebelum pembacaan suspensi, ambil hidrometer dari tabung (B), celupkan secara hati-hati pada suspensi di tabung (C) dengan pelan-pelan sampai mencapai kedalaman taksiran yang akan terbaca, kemudian lepaskan (jangan sampai timbul

goncangan). Kemudian bacalah skala yang ditunjuk oleh puncak miniskus muka air = R_1 .

(b) Setelah tabung suspensi (C) dibaca, pindahkan secara pelan-pelan kedalam tabung (B). Dalam air tabung (B) bacalah skala hidrometer = R_2

- c. Setelah pembacaan hidrometer selesai, lalu mengukur suhu suspensi dengan termometer.
- d. Melakukan pembacaan pada setiap menit (T) ke: 2, 5, 30, 60, 250, dan 1440 menit, dari T_0 .
- e. Setelah pembacaan terakhir (menit ke 1440), tuangkan suspensi pada tabung (C) diatas saringan no 200. Kemudian mencuci sampel tanah yang tertahan di atas saringan ini dengan bantuan kuas sampai air yang keluar dari ayakan benar-benar bersih. Hasil pencucian ini digunakan sebagai sampel pada analisis saringan setelah dijemur sehingga kering.

4.3.5.2 Analisis Saringan

Alat dan bahan yang digunakan untuk pemeriksaan analisis saringan adalah sebagai berikut:

1. Satu set saringan no: 10, 20, 40, 60, 140, dan 200 serta pan saringan
2. Kuas
3. Timbangan ketelitian 0,01 gram
4. Mesin penggetar
5. Oven

Langkah kerja pemeriksaan analisis saringan adalah sebagai berikut:

1. Dari pengujian analisis hidrometer, sudah didapatkan butiran tanah yang tertinggal pada saringan no. 200 yang sudah dikeringkan.
2. Butiran tanah yang tertahan pada saringan no. 200 disaring dengan satu set saringan yang disusun dengan urutan dari atas mulai no 10, 20, 40, 60, 140, 200, dan pan.
3. Meletakkan susunan saringan tersebut pada mesin penggetar dan digetarkan selama 3-5 menit.
4. Menimbang butir-butir tanah yang tertahan pada masing-masing saringan ($d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$).
5. Memasukkan nilai $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$ dalam tabel analisis saringan.
6. Menghitung
 - a. Menghitung berat butir tanah yang lolos dari masing-masing saringan, berdasarkan berat butir yang tertahan.
 - b. Menggambarkan grafik distribusi granuler butir-butir tanah pada kertas grafik semi logaritma, dengan absis diameter butiran dan prosentase lolos (%) sebagai ordinat.
 - c. Dari kurva distribusi yang telah digambarkan dapat diperoleh persentase fraksi butiran lempung, lanau, dan pasir.

4.4 Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah

4.4.1 Uji Konsolidasi

Alat-alat yang digunakan dalam uji konsolidasi ini adalah:

1. Satu set alat konsolidasi (oedometer) yang terdiri dari alat pembebanan

2. Arloji pengukur dengan ketelitian 0,01 mm dan panjang gerak minimal 1 cm.
3. Beban-beban.
4. Alat pengeluar contoh tanah (ekstruder).
5. Pisau .
6. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
7. Oven.
8. Stop watch.
9. Pemegang cincin contoh.

Langkah kerja uji konsolidasi adalah sebagai berikut ini.

1. Cincin dibersihkan dan ditimbang, kemudian memasukkan tanah dalam cincin dengan cara menekan cincin kedalam sampel tanah yang telah dikeluarkan dari tabung. Meratakan tanah pada bagian atas dan bawah dari tanah dengan menggunakan pisau lalu ditimbang.
2. Menempatkan batu pori pada dibagian atas dan bawah dari cincin yang telah dilapisi oleh kertas saring pada kedua sisinya.
3. Meletakkan sel konsolidasi yang sudah berisi benda uji pada alat konsolidasi, sehingga bagian runcing dari lengan beban penumpu menyentuh tepat pada alat penata pembebanan pada sel konsolidasi.
4. Mengatur kedudukan arloji.
5. Memasang beban pertama, sehingga tekanan pada benda uji sebesar 0,25 kg, kemudian arloji dibaca pada waktu 5,4 detik, 15 detik, 29,4 detik, 1 menit, 2,25 menit, 4 menit, 6,25 menit, 9 menit, 12,25 menit,

- 16 menit, 25 menit, 36 menit, 49 menit, 64 menit, 81 menit, 100 menit, 121 menit, 145 menit, dan 1440 menit. Setelah satu menit pembacaan sel diisi air. Menjaga agar selama pengujian, benda uji selalu terendam air, dengan muka air setinggi permukaan atas benda uji.
6. Setelah pembacaan menunjukkan angka yang tetap atau setelah 24 jam diteruskan dengan mencatat pembacaan arloji yang terakhir kemudian memasang beban yang kedua sebesar dua kali beban pertama. Untuk beban selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama. Beban-beban tersebut harus menimbulkan tekanan normal terhadap benda uji masing-masing sebesar 0,25, 0,5, 1, 2, 4, dan 8 kg.
 7. Setelah pembebanan maksimum dan sudah menunjukkan pembebanan tetap, pembebanan dikurangi menjadi sebesar 2 kg dan terakhir 0,25 kg. Pada waktu beban dikurangi setiap pembebanan harus dibiarkan selama sekurang-kurangnya 5 jam
 8. Segera setelah pembacaan terakhir dicatat, benda uji dikeluarkan dari sel konsolidasi dan dikeringkan. Selanjutnya melakukan pengujian kadar air untuk kondisi setelah pengujian.

4.5 Analisis drainase vertikal

Dalam menganalisis penggunaan drainase vertikal geotekstil ini dibagi dalam dua tinjauan yaitu:

a. Kasus

Dalam menganalisis drainase vertikal geotekstil ini digunakan data-data dari Laboratorium Mekanika Tanah UNDIP (lampiran 2), dengan susunan segitiga

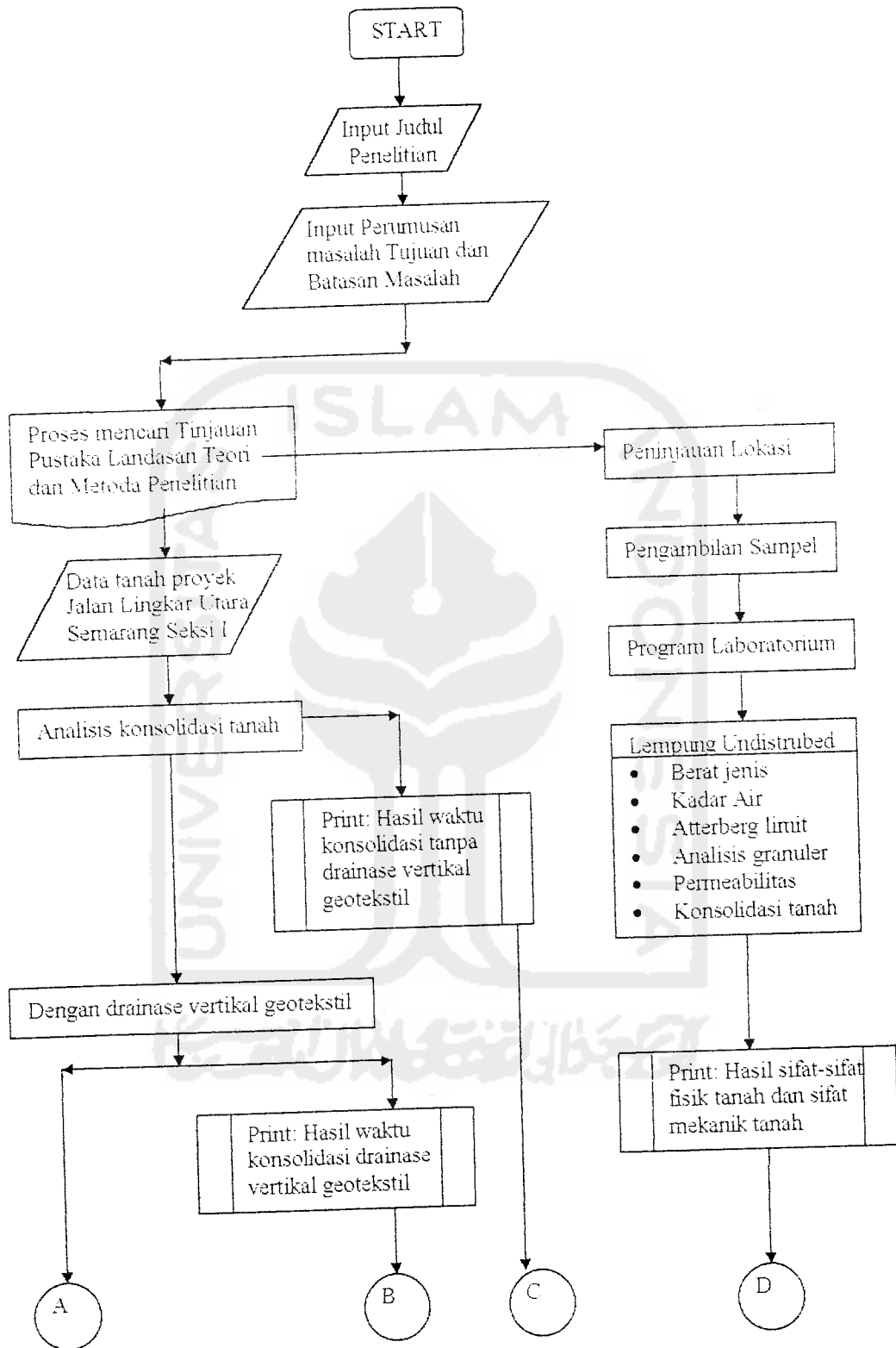
samasisi, jarak antar drainase 150 cm. Dalam kasus ini akan ditunjukkan bahwa penggunaan drainase vertikal geotekstil akan mempercepat proses konsolidasi dengan waktu konsolidasi lebih cepat dari pada tanpa penggunaan drainase vertikal geotekstil.

b. Komparasi

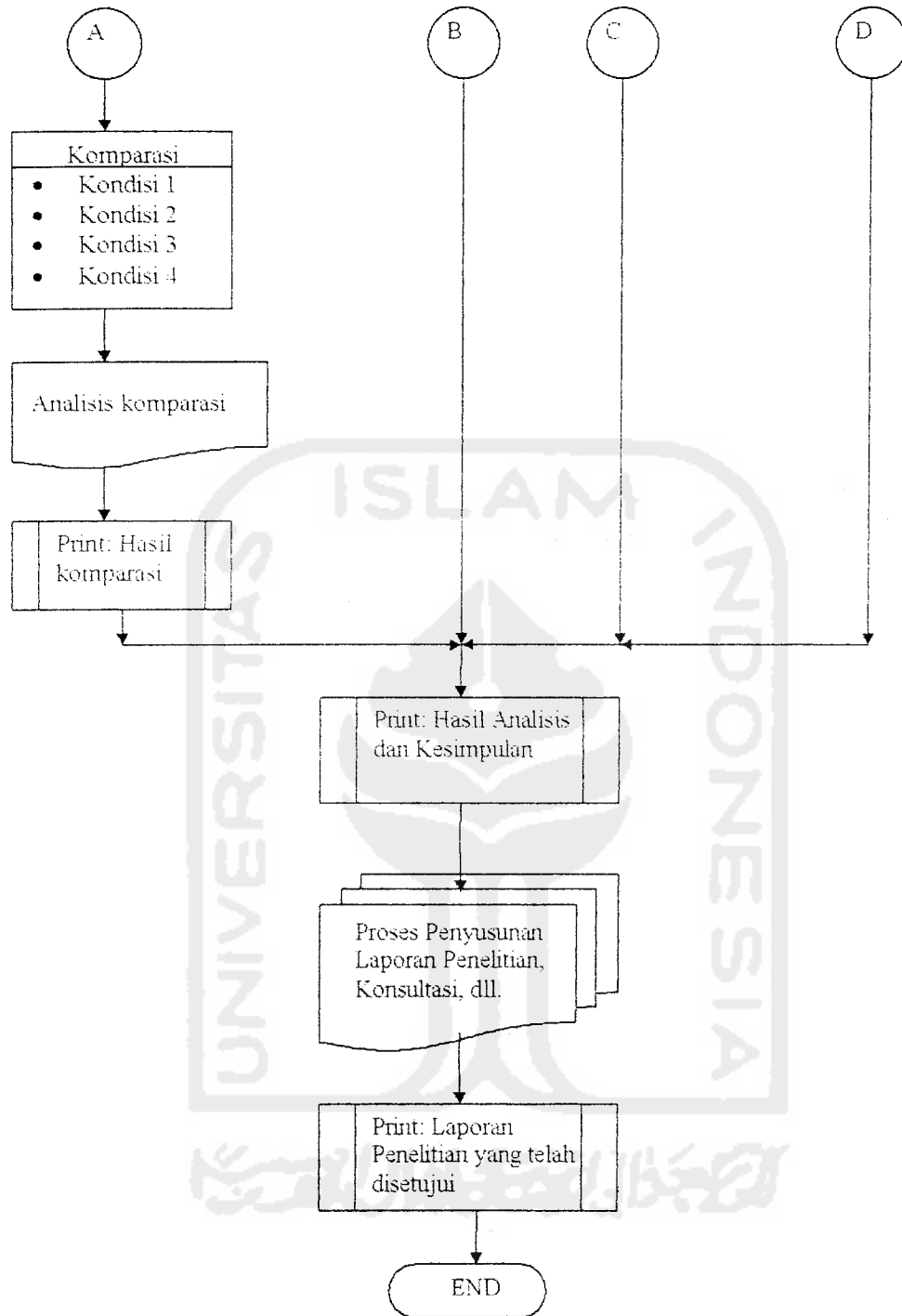
Dilakukan perbandingan antara susunan segitiga samasisi dengan susunan bujursangkar dan rasio $C_h/C_v = 1$ sampai 2 diambil nilai $C_h/C_v = 1.0, 1.5,$ dan 2.0 dengan jarak antara drainase $s = 100$ cm, 150 cm, dan 200 cm. Dengan perbandingan kondisi yang ada tersebut akan diperlihatkan hubungan antara susunan yang dipilih dengan kondisi tanah yang ada serta jarak yang ditentukan dengan hasil berupa waktu konsolidasi yang pendek dari penggunaan drainase vertikal geotekstil pada tanah kohesif dengan kondisi permukaan tanah lunak.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Penelitian tugas akhir ini direncanakan berdasarkan pada bagan alir penelitian seperti yang terdapat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1.a Bagan alir Penelitian



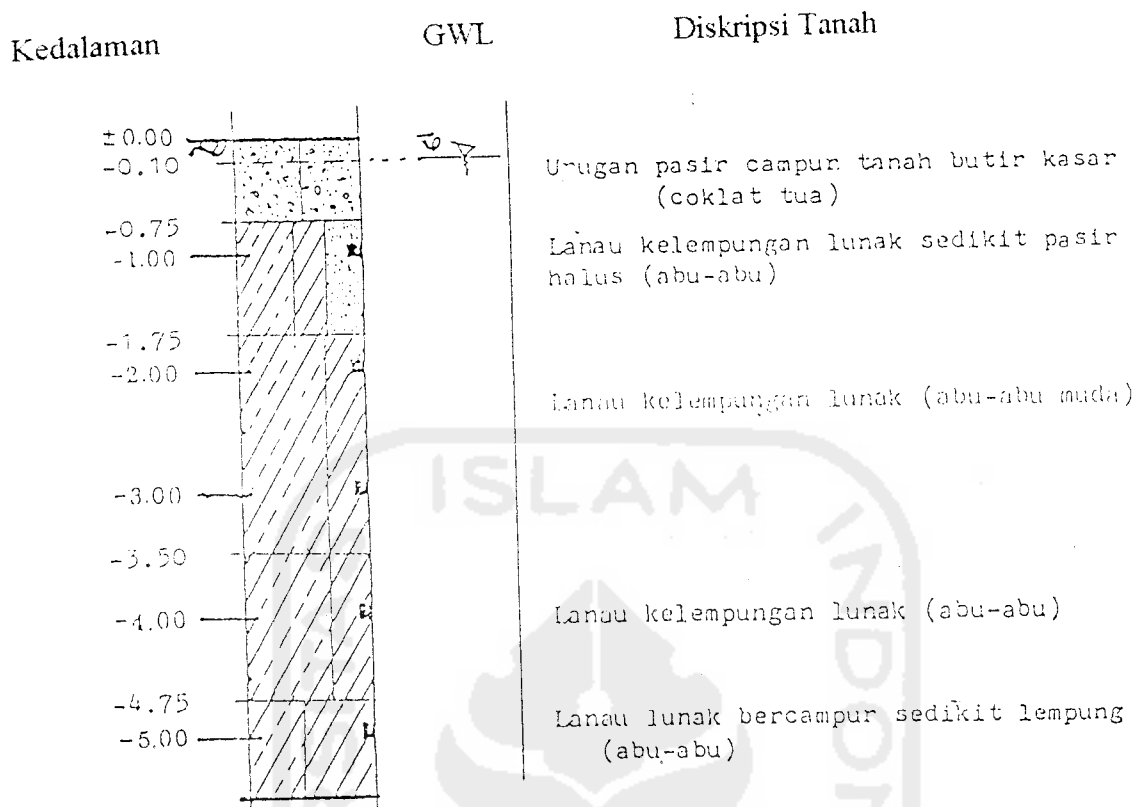
Gambar 4.1.b Bagan alir Penelitian

BAB V

ANALISIS PERHITUNGAN

5.1 Data Tanah

Data tanah yang digunakan diambil dari laporan penyelidikan tanah yang dilakukan oleh Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang untuk proyek Jalan Lingkar Utara Semarang Seksi I (lampiran 2). Dari data yang dipakai menunjukkan bahwa: muka air tanah terdapat pada -0.10 meter sampai -1.00 meter dari permukaan tanah setempat dan lapisan tanah pada kedalaman = 0.00 meter sampai -5.50 meter berupa jenis lempung kelanauan ("silty clay") lunak, lanau kelempungan ("clayed silt") lunak, pasir kelanauan ("silty sand") lepas atau lanau kelempungan campuran pasir halus dalam keadaan lunak. Data yang dipakai pada Sta. 2+500 dengan profil tanah dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Profil Tanah

Adapun data tanah dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 sebagai berikut ini.

Tabel 5.1. Hasil tes tanah pada Sta. 2+500

No	Kedalaman (m)	Kadar Air (w) %	Gs	γ (gr/cm ³)	γ_d (gr/cm ³)	γ' (gr/cm ³)	n (%)	e (%)
1	-1.00	96.01	2.5103	1.4429	0.7361	0.4429	70.68	2.4102
2	-2.00	95.47	2.4867	1.4406	0.7370	0.4406	70.36	2.3741
3	-3.00	87.41	2.4225	1.4563	0.7770	0.4563	67.92	2.1176
4	-4.00	102.93	2.4533	1.4123	0.6959	0.4123	71.63	2.5253
5	-5.00	103.43	2.4615	1.4122	0.6942	0.4122	71.80	2.5459

Sumber: Hasil penyelidikan tanah pada rencana Jalan Arteri Utara Semarang, Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 19 Juni 1997.

Tabel 5.2 Hasil tes konsolidasi Sta. 2+500.

No	Kedalaman (m)	Mv (cm ² /kg)	Cv (cm ² /min)	K (cm/min)	Cc
1	-4.00	0.4336	0.013025	5.65 10 ⁻⁰⁶	0.6490
2	-5.00	0.2542	0.028330	7.20 10 ⁻⁰⁶	0.3794

Sumber: Hasil penyelidikan tanah pada rencana Jalan Arteri Utara Semarang. Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 19 Juni 1997.

5.2 Data Bahan

Data bahan geotekstil yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.15 dan Tabel 2.16, antara lain:

- a. Lebar geotekstil = 9.6 cm
- b. Tebal geotekstil = 5.3 mm
- c. Permeabilitas (k) = 135 l m²/detik
- d. Kapasitas debit rata-rata = 97 x 10⁻⁰⁶ m³/s

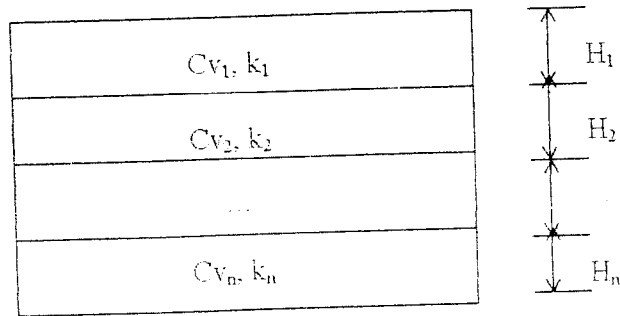
Sumber: Laporan Hasil Uji Geotextile, Departemen Perindustrian dan Perdagangan R.I. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Tekstil, 2 Mei 1997.

5.3 Konsolidasi Tanpa Drainase Vertikal

Langkah-langkah dalam analisis perhitungan untuk konsolidasi tanah tanpa drainase vertikal adalah sebagai berikut ini.

1. Mengekivalenkan parameter tanah.

Parameter tanah; koefisien konsolidasi (Cv) dan koefisien permeabilitas (k) diekivalenkan terhadap ketebalan lapisan tanah masing-masing dengan metoda perhitungan di bawah ini.

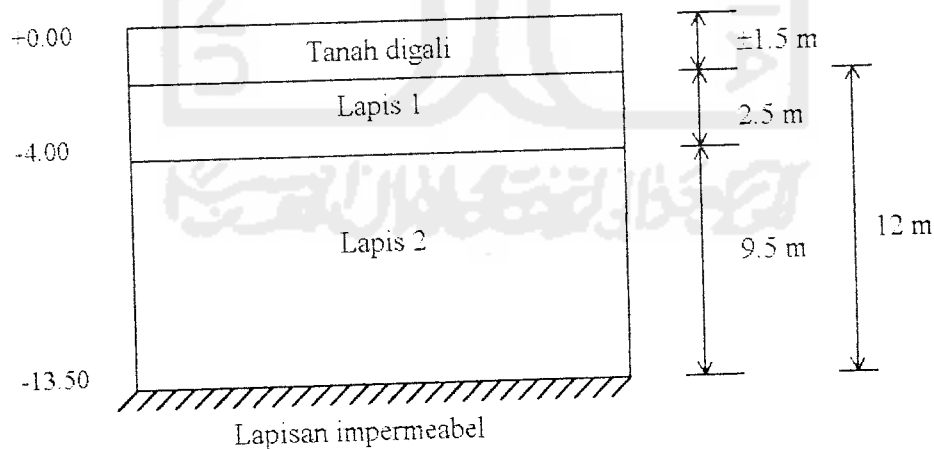


Gambar 5.2 Sketsa tebal lapis tanah dan parameternya.

$$Cv_{ekivalen} = \frac{(Cv_1 \times H_1) + (Cv_2 \times H_2) + \dots + (Cv_n \times H_n)}{H_1 + H_2 + \dots + H_n} \quad (5.1)$$

$$k_{ekivalen} = \frac{(k_1 \times H_1) + (k_2 \times H_2) + \dots + (k_n \times H_n)}{H_1 + H_2 + \dots + H_n} \quad (5.2)$$

Pada kasus ini tanah dibagi dalam dua lapis dengan ketebalan masing-masing lapisan terlihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Sketsa ketebalan lapisan tanah

Hasil perhitungan ekuivalen dari parameter tanah dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil perhitungan parameter tanah yang diekivalenkan

H (m)	Cv (cm ² /min)	Cv x H	Cv ekivalen (cm ² /min)
2.5	0.013025	0.032563	0.025141458
9.5	0.028330	0.269135	
12.0		0.301698	

H (m)	k (cm/min)	k x H	k ekivalen (cm/min)
2.5	5.65 10 ⁻⁰⁶	1.41 10 ⁻⁰⁵	6.88 10 ⁻⁰⁶
9.5	7.20 10 ⁻⁰⁶	6.84 10 ⁻⁰⁵	
12.0		8.25 10 ⁻⁰⁵	

2. Waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi tertentu

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menganalisis waktu konsolidasi adalah sebagai berikut ini.

$$T_v = (C_v t) / (H^2) \quad (5.3)$$

Untuk $U \leq 60\%$

$$T_v = (\pi U v^2) / 4 \quad (5.4)$$

Persamaan (5.3) disubstitusikan ke persamaan (5.4) sehingga menjadi persamaan (5.5).

$$t = \frac{\pi U v^2 H^2}{4 C_v} \quad (5.5)$$

Untuk $U > 60\%$ maka,

$$T_v = -0.085 - 0.933 \log (1-U) \quad (5.6)$$

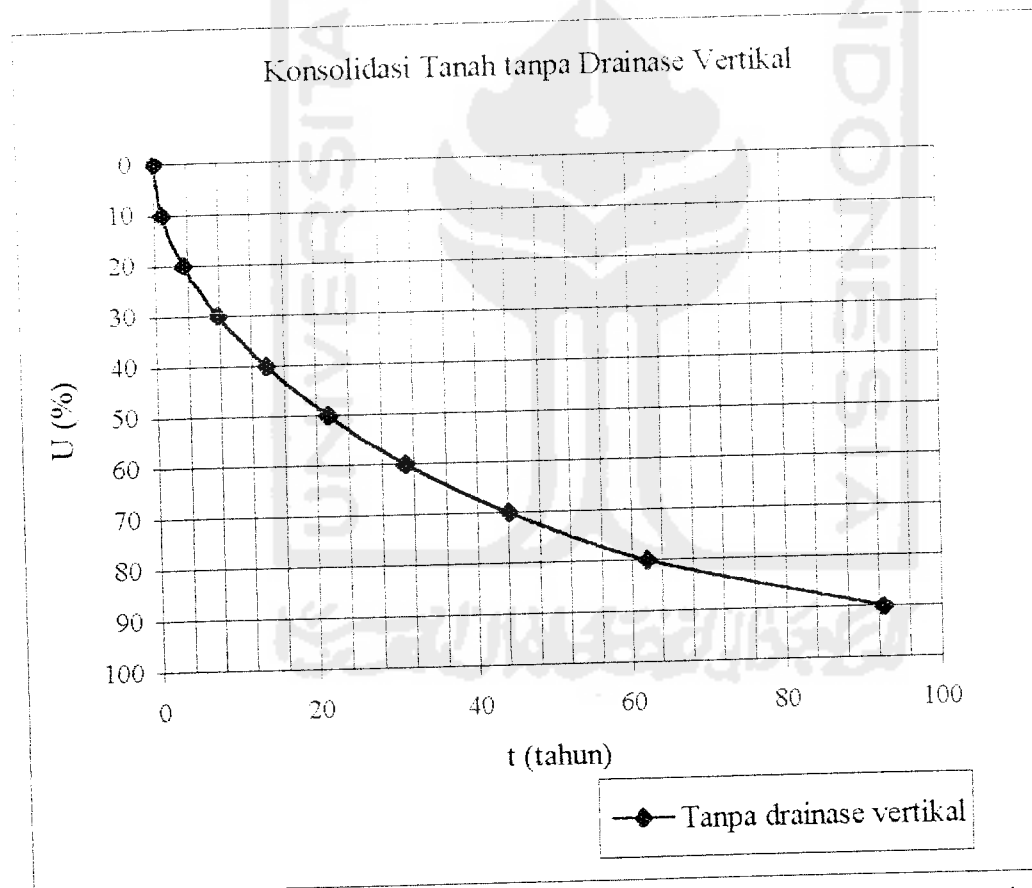
Dengan mensubstitusikan persamaan (5.3) dan persamaan (5.6) diperoleh persamaan (5.7)

$$t = \frac{(-0.085 - 0.933 \log (1-U)) H^2}{C_v} \quad (5.7)$$

Hasil analisis dengan persamaan (5.5) dan (5.7) diatas dapat dilihat pada Tabel 5.4, dan Grafik 5.1.

Tabel 5.4 Waktu konsolidasi pada derajat konsolidasi tertentu

U (%)	Cv (cm ² /min)	Tv	t (tahun)
90	2.51 10 ⁻⁰²	0.848000	92.6
80	2.51 10 ⁻⁰²	0.567139	61.9
70	2.51 10 ⁻⁰²	0.402846	44.0
60	2.51 10 ⁻⁰²	0.282857	30.9
50	2.51 10 ⁻⁰²	0.196429	21.4
40	2.51 10 ⁻⁰²	0.125714	13.7
30	2.51 10 ⁻⁰²	0.070714	7.72
20	2.51 10 ⁻⁰²	0.031429	3.43
10	2.51 10 ⁻⁰²	0.007857	0.858
0	2.51 10 ⁻⁰²	0.000000	0



Grafik 5.1 Hubungan antara U dan t pada kondisi tanah tanpa drainase vertikal geotekstil

3. Debit yang terjadi pada proses konsolidasi (Q)

Debit yang terjadi pada proses konsolidasi tanah tanpa drainase vertikal diperoleh dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut ini.

$$Q = A V \quad (\text{cm}^3 \cdot \text{min}) \quad (5.8)$$

dengan $V = k i$, maka

$$Q = A k i \quad (5.9)$$

Data yang dimasukkan:

$$A = \text{dihitung dalam dimensi } 100 \times 100 \text{ cm}^2 = 10000 \text{ cm}^2$$

$$k = 6.88 \cdot 10^{-06} \text{ cm} \cdot \text{min}$$

$$i = h/l = \text{tinggi tanah} / \text{selisih tinggi muka air} = 1200/1200 = 1$$

Debit yang dicari adalah:

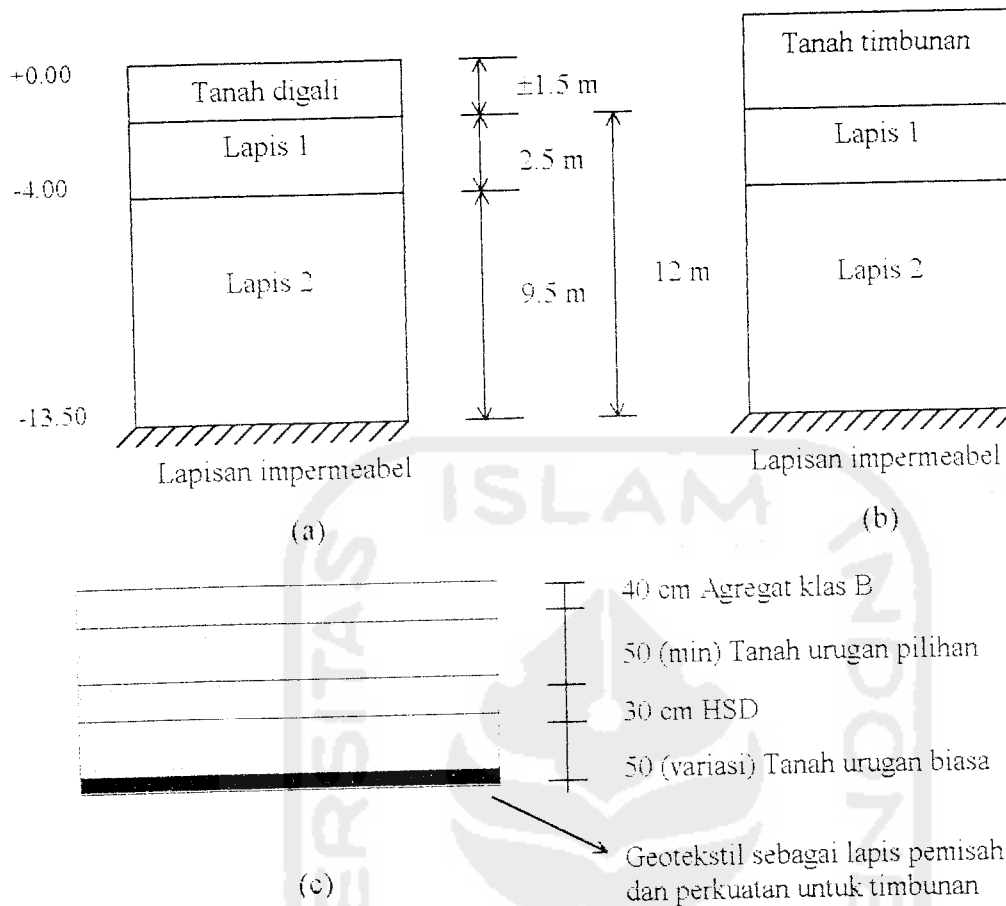
$$Q = 0.0688 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}$$

4. Menghitung besar penurunan konsolidasi (S_c)

Penurunan untuk lempung "normally consolidated" dengan tambahan tegangan efektif sebesar $p_1' = p_0' + \Delta p$, dapat dinyatakan oleh persamaan :

$$S_c = C_c \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{p_0' + \Delta p}{p_0'} \quad (5.10)$$

Sketsa profil tanah terlihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 (a). Kondisi tanah mula-mula (b). Kondisi tanah setelah penggalian dan dilakukan penimbunan. (c). Profil penimbunan yang dilakukan. (lampiran 4)

Data propertis tanah timbunan dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut:

Tabel 5.5 Data propertis tanah timbunan

No	Jenis Material	Ketebalan (cm)	γ (gr/cm ³)
1	Agregat Klas B	40	2.2961
2	Tanah Urugan Pilihan	50	1.9906
3	Pasir (HSD)	30	1.8000
4	Tanah Urugan Biasa	50	2.2212

Sumber: Balai Pengujian dan Peralatan Departemen Pekerjaan Umum, Kantor Wilayah Propinsi Jawa Tengah, Departemen Pekerjaan Umum, 1997.

Nilai-nilai γ pada Tabel 5.5 data yang ada¹(lampiran 3), kecuali untuk pasir diasumsikan nilai berat unitnya (γ) yaitu 1.89 g/cm^3 .²

a. Besar penurunan konsolidasi ± 0.00 meter sampai dengan -4.00 meter.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung beban-beban yang terjadi adalah sebagai berikut ini.

$$p = (h_1 \times \gamma_1) + (h_2 \times \gamma_2) + (h_3 \times \gamma_3) + \dots + (h_n \times \gamma_n) \quad (5.11)$$

Hasil perhitungan dipresentasikan pada Tabel 5.6; 5.7; 5.8; dan Tabel 5.9.

Tabel 5.6 Mencari p_0' pada kedalaman -4.00 m

h (meter)	γ (gr/cm^3)	p (t/m^2)
0.1	1.4429	0.14429
0.9	0.4429	0.39861
1	0.4406	0.44060
1	0.4563	0.45630
0.5	0.4123	0.20615
$p_0' =$		1.64595

$$p_0' = 0.164595 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 5.7 Beban tanah yang digali sedalam -1.50 m

h (meter)	γ (gr/cm^3)	p (t/m^2)
0.1	1.4429	0.14429
0.9	0.4429	0.39861
0.5	0.4406	0.22030
$p =$		0.76320

$$p = 0.07632 \text{ kg/cm}^2$$

¹ Sumber: Laporan Hasil Uji Material, Kantor Wilayah Propinsi Jawa Tengah, Balai Pengujian dan Peralatan Pekerjaan Umum, Departemen Pekerjaan Umum, 1997.

² Berat unit "Uniform Sand Loose (γ) adalah 1.89 g/cm^3 , Sumber: K.Terzaghi and R.B Peck. Soil Mechanics in Engineering Practise" 2d ed., J.Wiley and Sons, New York, 1968, mengacu pada Robert M. Koerner 1985, "Construction and Geotechnical Methods in Foundation Engineering", 1985, Hal.451

Tabel 5.8 Δp (akibat beban timbunan) pada kedalaman - 4.00 m

h (meter)	γ (gr/cm ³)	p (t/m ²)
0.5	2.2212	1.1106
0.3	1.8900	0.5670
0.5	1.9906	0.9953
0.4	2.2961	0.9184
		$\Delta p =$ 3.5913

$$\Delta p = 0.35913 \text{ kg/cm}^2$$

Karena tanah digali dan timbunan meliputi daerah yang luas, maka Δp yang bekerja adalah : $0.35913 - 0.07632 = 0.28281 \text{ kg/cm}^2$.

Dari perhitungan yang telah dilakukan di atas maka penurunan konsolidasi pada kedalaman =0.00 sampai -4.00 adalah:

$$\begin{aligned}
 S_{c1} &= 0.649 \frac{250}{1 - 2.5253} \log \frac{0.164595 - 0.28281}{0.164595} \\
 &= 19.9877 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

b. Besar penurunan pada kedalaman -4.00 meter sampai -12.00 meter

Tabel 5.9 po' (tekanan efektif) pada kedalaman -4.00 m sampai -13.50 m

h (meter)	γ (gr/cm ³)	p (t/m ²)
0.1	1.4429	0.14429
0.9	0.4429	0.39861
1	0.4406	0.44060
1	0.4563	0.45630
1	0.4123	0.41230
4.25	0.4122	1.75185
		$po' =$ 3.60395

$$po' = 0.360395 \text{ kg/cm}^2$$

Penurunan konsolidasi pada kedalaman -4.00 m sampai -13.50 m; dengan asumsi bahwa tanah pada lapis kedalaman tersebut mempunyai data propertis tanah sama dengan tanah pada kedalaman -4.00 m sampai -5.00 m, adalah:

$$S_{c_2} = 0.3794 \frac{950}{3.5459} \log \frac{0.360395 + 0.28281}{0.360395}$$

$$= 25.5714 \text{ cm}$$

$$\text{Penurunan konsolidasi total (} S_c \text{ total)} = S_{c_1} + S_{c_2}$$

$$= 45.5591 \text{ cm.}$$

5.4 Drainase Vertikal Geotekstil pada Proses Konsolidasi

Prinsip kerja drainase vertikal dengan menggunakan "vertical fibre drain" adalah mempercepat aliran air. Jika tanpa drainase vertikal, aliran air akan bergerak ke arah vertikal saja, tetapi dengan adanya drainase vertikal, aliran air selain bergerak ke arah vertikal juga ke arah horisontal.

Dengan adanya drainase vertikal, maka konsolidasi yang akan terjadi adalah konsolidasi tiga dimensi, yaitu arah x, y dan z.

Pada arah x – y atau arah horisontal, hitungan didasarkan pada satu silinder yang akan berpengaruh pada satu lingkaran tertentu tergantung bentuk susunan "vertical fibre drain"-nya. Jari-jari pengaruh untuk susunan tertentu dirumuskan sebagai berikut:

- a. susunan bujur sangkar, $R=0.564$ s, dan
- b. susunan segi-tiga samasisi, $R=0.525$ s.

Untuk menghitung persentase konsolidasi (derajat konsolidasi = U) pada arah horisontal, digunakan persamaan:

$$U_r = f(\text{Tr}) \quad (5.12)$$

$$\text{dengan: } \text{Tr} = (\text{Ch } t) / (2R)^2 \quad (5.13)$$

Hubungan antara U_r , n dan T_r

$$n = R/r \quad (5.14)$$

$$U_r = 1 - e^{-8T_r/y} \quad (5.15)$$

Persamaan T_r tanpa memperhatikan pengaruh gangguan tanah ("smear") (Barron, 1948,) mengacu pada "Consolidation of Fine-Grained Solis by Drain Wells," Trans. ASCE, Vol. 113, 1948.

$$T_r = \frac{-y}{8} \ln(1 - U_r), \quad (5.16)$$

$$y = - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} - \frac{n^2}{n^2 - 1} \ln(n) \quad (5.17)$$

Pada arah vertikal digunakan persamaan-persamaan berikut.

$$U_v = f(T_v) \quad (5.16)$$

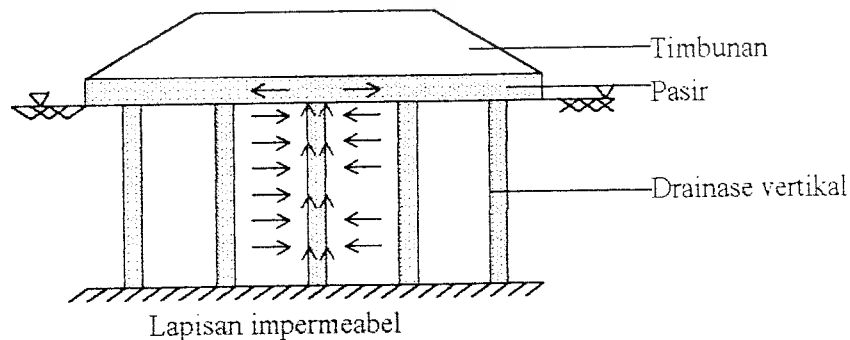
Digunakan juga persamaan-persamaan (5.3);(5.4) dan (5.6)

Untuk konsolidasi gabungan arah vertikal dan arah horisontal (radial), maka besarnya derajat konsolidasi adalah:

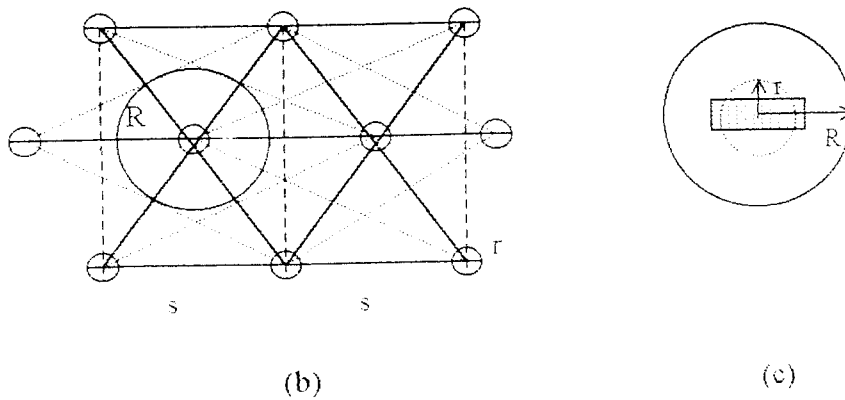
$$(1-U) = (1-U_r)(1-U_v) \quad (5.17)$$

5.4.1 Drainase Vertikal Geotekstil Susunan Segitiga samasisi

Drainase vertikal susunan segitiga samasisi ditunjukkan pada Gambar 5.5.



(a)



Gambar 5.5 Struktur drainase vertikal

- (a) Struktur drainase vertikal kondisi drainase tunggal
 (b) Susunan drainase vertikal dengan segitiga samasisi
 (c) Ekuivalensi nilai r dari bentuk "band drain" ke bentuk silinder

Analisis persamaan yang akan dipakai untuk menentukan t (waktu konsolidasinya) sebagai berikut ini.

- a. Persamaan (5.13) disubstitusikan dengan persamaan (5.15) sehingga diperoleh persamaan (5.18)

$$U_r = 1 - e^{(-8((Ch t)/(2R)^2))/y} \quad (5.18)$$

- b. Persamaan (5.3) disubstitusikan dengan persamaan (5.4), diperoleh persamaan (5.19)

$$U_v = \sqrt{((4 C_v t)/(\pi H^2))} \quad (5.19)$$

- c. Persamaan (5.18) dan persamaan (5.19) disubstitusikan ke persamaan (5.17) sehingga diperoleh persamaan (5.20)

$$(1-U) = \{1 - (1 - e^{(-8((Ch t)/(2R)^2))/y})\} \{1 - \sqrt{((4 C_v t)/(\pi H^2))}\} \quad (5.20)$$

Nilai rasio C_h/C_v adalah 1 sampai 2.³

Penyelesaian persamaan (5.20) digunakan cara "trial and error" dan hasil ditabelkan dengan kontrol hitungan adalah ruas kiri = ruas kanan. Langkah-langkah penyelesaiannya adalah sebagai berikut:

1. Data-data masukkan (Input)

Data-data yang akan dimasukkan ke dalam persamaan (5.20) untuk dihitung waktu penurunan konsolidasinya adalah sebagai berikut:

- a. Susunan drainase vertikal adalah segitiga samasisi

$$s = 150 \text{ cm}$$

$$R = 0.525 \times 150 = 78.75 \text{ cm}$$

- b. Jari-jari ekuivalen⁴ untuk geotekstil

$$= \text{Keliling} / 2\pi$$

$$= (2 \times 9.6 + 2 \times 0.53) / 2\pi = 3.2245 \text{ cm}$$

- c. $n = R/r = 24.4223$

- d. $C_v = 2.51 \cdot 10^{-02} \text{ cm}^2/\text{min}$,

dengan nilai C_h/C_v sebagai variabel yang berubah dari 1 sampai 2.

2. Hasil analisis (output)

Hasil "trial and error" nilai t pada persamaan (5.20) dengan U tertentu dan rasio C_h/C_v sebagai variabel dapat dilihat pada Tabel 5.10; 5.11 dan Tabel 5.12.

³ Rasio $C_h/C_v = 1$ sampai dengan 2. Mengacu pada buku Mekanika Tanah, R.F. Craig, 1991, Bab 07. Teori Konsolidasi, hal 253 dan buku Mekanika Tanah II, Daruslan, 1994 hal 113.

⁴ Mengacu pada buku Robert M. Koerner 1985, "Construction and Geotechnical Methods in Foundation Engineering", 1985.

Tabel 5.10 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.0$ dan jarak (s) = 150 cm.

U (%)	(1-U) K _i	t (bulan)	Tr	Tv	Ur	Uv	1-Ur	1-Uv	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	15.210	0.664853	$1.15 \cdot 10^{-02}$	0.885930	0.12073	0.114069	0.87927	0.1003	1.26750
80	0.2	10.530	0.460283	$7.93 \cdot 10^{-03}$	0.777530	0.10046	0.222470	0.89954	0.2001	0.87750
70	0.3	7.780	0.340076	$5.86 \cdot 10^{-03}$	0.670590	0.08635	0.329410	0.91365	0.3010	0.64833
60	0.4	5.860	0.256150	$4.41 \cdot 10^{-03}$	0.566735	0.07494	0.433264	0.92506	0.4008	0.48833
50	0.5	4.379	0.191413	$3.30 \cdot 10^{-03}$	0.464750	0.06478	0.535250	0.93522	0.5006	0.36492
40	0.6	3.180	0.139003	$2.39 \cdot 10^{-03}$	0.364845	0.05521	0.635155	0.94479	0.6001	0.26500
30	0.7	2.172	0.094942	$1.64 \cdot 10^{-03}$	0.266562	0.04562	0.733437	0.95438	0.7000	0.18100
20	0.8	1.310	0.057262	$9.86 \cdot 10^{-04}$	0.170538	0.03543	0.829462	0.96457	0.8001	0.10917
10	0.9	0.568	0.024828	$4.28 \cdot 10^{-04}$	0.077872	0.02333	0.922128	0.97667	0.9006	0.04733
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.000000	0.00000	1.000000	1.00000	1.0000	0.00000

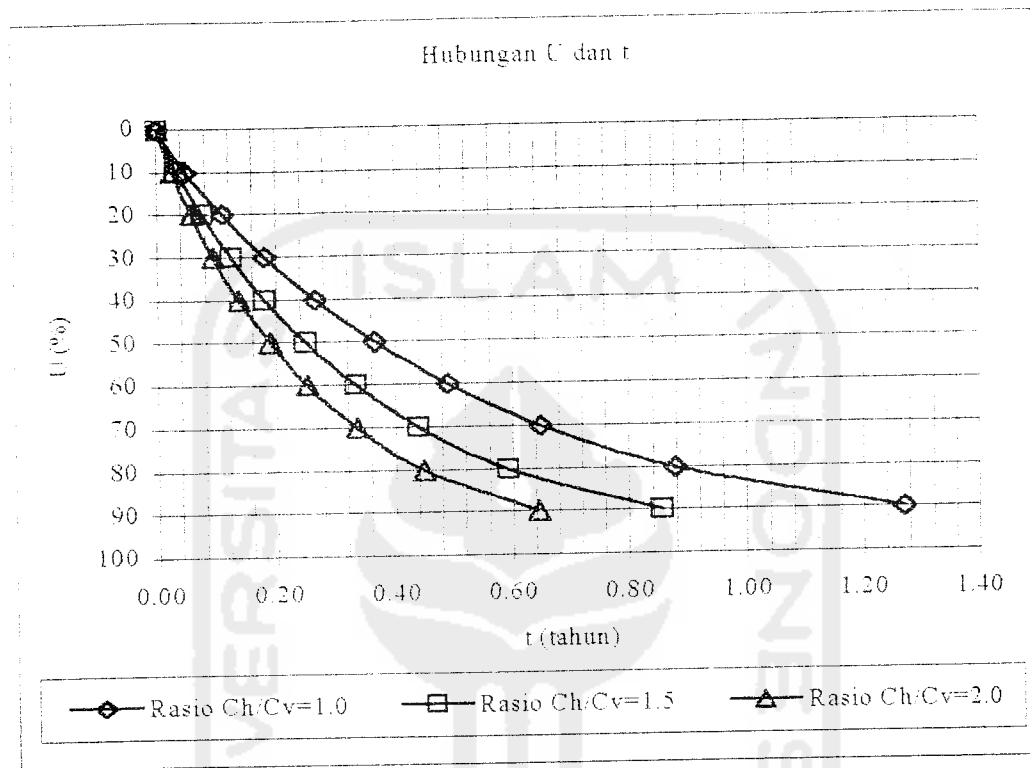
Tabel 5.11 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.5$ dan jarak (s) = 150 cm.

U (%)	(1-U) K _i	t (bulan)	Tr	Tv	Ur	Uv	1-Ur	1-Uv	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	10.250	0.672065	$7.72 \cdot 10^{-03}$	0.888585	0.09911	0.111414	0.90089	0.1004	0.85417
80	0.2	7.100	0.465528	$5.35 \cdot 10^{-03}$	0.781308	0.08249	0.218692	0.91751	0.2007	0.59167
70	0.3	5.270	0.345540	$3.97 \cdot 10^{-03}$	0.676415	0.07107	0.323585	0.92893	0.3006	0.43917
60	0.4	3.980	0.260958	$3.00 \cdot 10^{-03}$	0.573485	0.06176	0.426515	0.93824	0.4002	0.33167
50	0.5	2.980	0.195391	$2.24 \cdot 10^{-03}$	0.471657	0.05344	0.528343	0.94656	0.5001	0.24833
40	0.6	2.165	0.141953	$1.63 \cdot 10^{-03}$	0.370935	0.04555	0.629065	0.95445	0.6004	0.18042
30	0.7	1.485	0.097368	$1.12 \cdot 10^{-03}$	0.272349	0.03772	0.727650	0.96228	0.7002	0.12375
20	0.8	0.900	0.059011	$6.78 \cdot 10^{-04}$	0.175260	0.02937	0.824739	0.97063	0.8005	0.07500
10	0.9	0.400	0.026227	$3.01 \cdot 10^{-04}$	0.082074	0.01958	0.917926	0.98042	0.9000	0.03333
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.000000	0.00000	1.000000	1.00000	1.0000	0.00000

Tabel 5.12 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 2.0$ dan jarak (s) = 150 cm.

U (%)	(1-U) K _i	t (bulan)	T _r	T _v	U _r	U _v	1-U _r	1-U _v	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	7.730	0.675781	$5.82 \cdot 10^{-03}$	0.889929	0.08607	0.110071	0.91393	0.1006	0.64417
80	0.2	5.370	0.469462	$4.04 \cdot 10^{-03}$	0.784100	0.07174	0.215900	0.92826	0.2004	0.44750
70	0.3	3.990	0.348818	$3.00 \cdot 10^{-03}$	0.679861	0.06184	0.320139	0.93816	0.3003	0.33250
60	0.4	2.999	0.262182	$2.26 \cdot 10^{-03}$	0.575186	0.05361	0.424814	0.94639	0.4020	0.24992
50	0.5	2.258	0.197401	$1.70 \cdot 10^{-03}$	0.475115	0.04652	0.524885	0.95348	0.5005	0.18817
40	0.6	1.645	0.143811	$1.24 \cdot 10^{-03}$	0.374740	0.03971	0.625260	0.96029	0.6004	0.13708
30	0.7	1.130	0.098788	$8.51 \cdot 10^{-04}$	0.275717	0.03291	0.724283	0.96709	0.7004	0.09417
20	0.8	0.690	0.060322	$5.20 \cdot 10^{-04}$	0.178784	0.02572	0.821216	0.97428	0.8001	0.05750
10	0.9	0.305	0.026664	$2.30 \cdot 10^{-04}$	0.083384	0.01710	0.916616	0.98290	0.9009	0.02542
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.000000	0.000000	1.000000	1.00000	1.0000	0.00000

Grafik hubungan antara U (%) dengan t (tahun) pada susunan segitiga samasisi untuk konsolidasi tanah dengan drainase vertikal geotekstil pada $Ch/Cv = 1.0$; 1.5 ; dan 2.0 . Agar lebih jelas dapat dilihat pada Grafik 5.2.



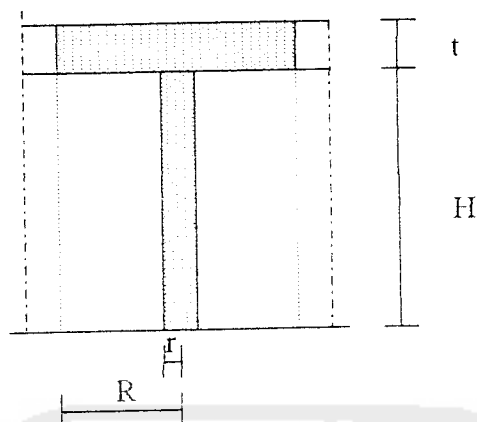
Grafik 5.2 Hubungan U dan t susunan segitiga samasisi, $s=150$ cm dengan Ch/Cv tertentu

1. Debit pada proses konsolidasi dengan drainase vertikal geotekstil (Q)

Debit yang ditinjau ada dua yaitu debit yang terjadi pada tanah (Q_1) dan yang terjadi pada drainase vertikal geotekstil (Q_2).

a. Debit yang terjadi pada tanah (Q_1)

Persamaan yang digunakan untuk mencari debit (Q) adalah persamaan (5.8) dan (5.9). Dari Gambar 5.6 dapat dilihat luasan (A) untuk tanah dengan jari-jari pengaruh ekuivalen (R).



Gambar 5.6 Blok silinder drainase vertikal

A = Luasan geotekstil dengan kedalaman tertentu

A = Keliling dari r ekuivalen drainase vertikal \times panjang drainase vertikal.

$$= (2 \times \pi \times 3.2245) \times 1200$$

$$= 24312.15723 \text{ cm}^2$$

Data yang dimasukkan:

$$A = 24312.15723 \text{ cm}^2$$

$$k = 6.88 \cdot 10^{-06} \text{ cm/min}$$

$$i = h/l = \text{tinggi tanah} / \text{selisih tinggi muka air} = 1200/1200 = 1$$

Debit yang dicari:

$$Q_1 = 24312.15723 \times 6.88 \cdot 10^{-06} \times 1$$

$$= 0.16727 \text{ cm}^3/\text{min}$$

b. Kapasitas debit drainase vertikal geotekstil (Q_2)

$$Q_2 = 97 \cdot 10^{-06} \text{ m}^3/\text{det}^5$$

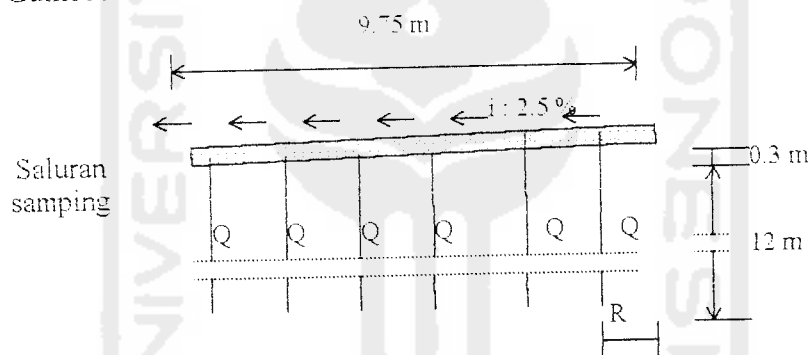
$$= 5820 \text{ cm}^3/\text{min}$$

⁵ Sumber: Laporan Hasil Uji Geotextile, Departemen Perindustrian dan Perdagangan R.I, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Tekstil, 2 Mei 1997.

$Q_2 > Q_1$, hal ini menunjukkan bahwa drainase vertikal geotekstil mampu mengalirkan air dari debit tanah yang terjadi sehingga air dapat keluar dengan baik melalui drainase vertikal geotekstil.

4. Ketebalan Lapisan pasir sebagai "Horizontal Sand Drain"

Air yang keluar melalui drainase vertikal dibuang ke saluran samping dengan menggunakan perantara pasir sebagai "horizontal sand drain. Ketebalan dari pasir selain sebagai beban timbunan juga dipengaruhi oleh debit yang keluar dari drainase vertikal geotekstil. Ketebalan pasir dicari dengan menggunakan persamaan-persamaan (5.8) dan (5.9). Profil dari pasir sebagai HSD dan drainase vertikal Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Debit-debit pada drainase vertikal yang dilewatkan pasir

Data pasir yang dimasukkan:

$$k^5 = 1 \cdot 10^{-04} \text{ cm/s}$$

$$= 6 \cdot 10^{-03} \text{ cm/min}$$

$$i = 2.5 \% \text{ (kemiringan jalan)}$$

$$V = k i$$

⁵ Permeabilitas "clean sands, clean sand and gravel mixtures" untuk drainase adalah 1 sampai $1 \cdot 10^{-04} \text{ cm/s}$, sumber: H.R. Cedergren, "Seepage, Drainage and Flow nets", J. Wiley and Sons, New York, 1967 diambil dari buku: "Construction and Geotechnical Methods in Foundation Engineering", Robert M. Koerner, 1985, hal 451.

$$= 6 \cdot 10^{-03} \times 0.025$$

$$= 1.5 \cdot 10^{-04} \text{ cm} \cdot \text{min}$$

A = Keliling R ekivalen x tebal pasir.

$$= 2\pi R t$$

$$= 2 \times \pi \times 78.75 \times t$$

$$= 494.8008 t$$

Tebal pasir yang dibutuhkan:

$$Q = 0.16727 \text{ cm}^3 \cdot \text{min} \text{ (tinjauan I drainase vertikal geotekstil)}$$

$$0.16727 = 1.5 \cdot 10^{-04} \times 494.8008 t$$

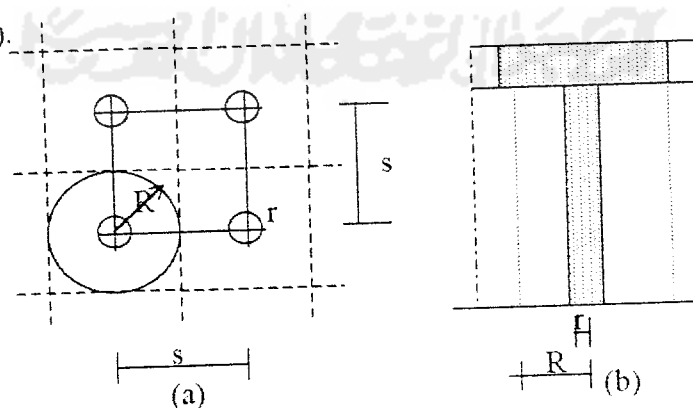
$$t = 2.2537 \text{ cm}$$

Dengan hasil $t = 2.2537 \text{ cm} < 30 \text{ cm}$ (tebal HSD), hal ini berarti HSD mampu mengalirkan air yang keluar dari drainase vertikal dan fungsi HSD untuk meratakan beban dan sebagai beban timbunan lebih berperan.

5.4.2 Drainase Vertikal Geotekstil dengan Susunan Bujursangkar

Perbedaan perhitungan untuk drainase vertikal geotekstil susuna bujursangkar dengan susunan segitiga samasisi terletak pada nilai R, yaitu 0.564 s

(Gambar 5.8).



Gambar 5.8 Drainase vertikal geotekstil
(a) Susunan Bujur sangkar (b) Blok – blok silinder

Dengan langkah-langkah penyelesaian sebagai berikut:

1. Data-data masukkan (Input)

Data-data yang akan dimasukkan ke dalam persamaan (5.20) untuk dihitung waktu penurunan konsolidasinya adalah sebagai berikut:

- a. Susunan bujursangkar

$$s = 150 \text{ cm}$$

$$R = 0.564 \times 150 = 84.6 \text{ cm}$$

- b. Jari-jari ekuivalen untuk geotekstil

$$= \text{Keliling } 2\pi$$

$$= 3.2245 \text{ cm}$$

- c. $n = R/r = 26.2366$

- d. $C_v = 2.51 \cdot 10^{-02} \text{ cm}^2 \cdot \text{min.}$

2. Hasil analisis (output)

Hasil "trial and error" nilai t pada persamaan (5.20) dengan U tertentu dan rasio C_h/C_v sebagai variabel dapat dilihat pada Tabel 5.13; 5.14 dan Tabel 5.15.

Tabel 5.13 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.0$ dan jarak (s) = 150 cm

U (%)	(1-U) K _i	t (bulan)	T _r	T _v	U _r	U _v	1-U _r	1-U _v	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	17.96	0.680241	$1.35 \cdot 10^{-02}$	0.8846168	0.13120	0.1153832	0.8688047	0.1002	1.4967
80	0.2	12.42	0.470412	$9.35 \cdot 10^{-03}$	0.7753859	0.10910	0.2246141	0.8908997	0.2001	1.0350
70	0.3	9.19	0.348075	$6.92 \cdot 10^{-03}$	0.6687886	0.09385	0.3312114	0.9061525	0.3001	0.7658
60	0.4	6.91	0.261719	$5.20 \cdot 10^{-03}$	0.5643225	0.08138	0.4356775	0.9186225	0.4002	0.5758
50	0.5	5.155	0.195247	$3.88 \cdot 10^{-03}$	0.4619659	0.07029	0.5380341	0.9297123	0.5002	0.4296
40	0.6	3.733	0.141389	$2.81 \cdot 10^{-03}$	0.3616401	0.05981	0.6383599	0.9401872	0.6002	0.3111
30	0.7	2.54	0.096203	$1.91 \cdot 10^{-03}$	0.2631771	0.04934	0.7368229	0.9506619	0.7005	0.2117
20	0.8	1.53	0.057949	$1.15 \cdot 10^{-03}$	0.1680359	0.03829	0.8319641	0.9617078	0.8001	0.1275
10	0.9	0.66	0.024998	$4.97 \cdot 10^{-04}$	0.0762907	0.02515	0.9237093	0.9748500	0.9005	0.0550
0	1.0	0	0.000000	0	0.0000000	0.000000	1.0000000	1.0000000	1.0000	0.0000

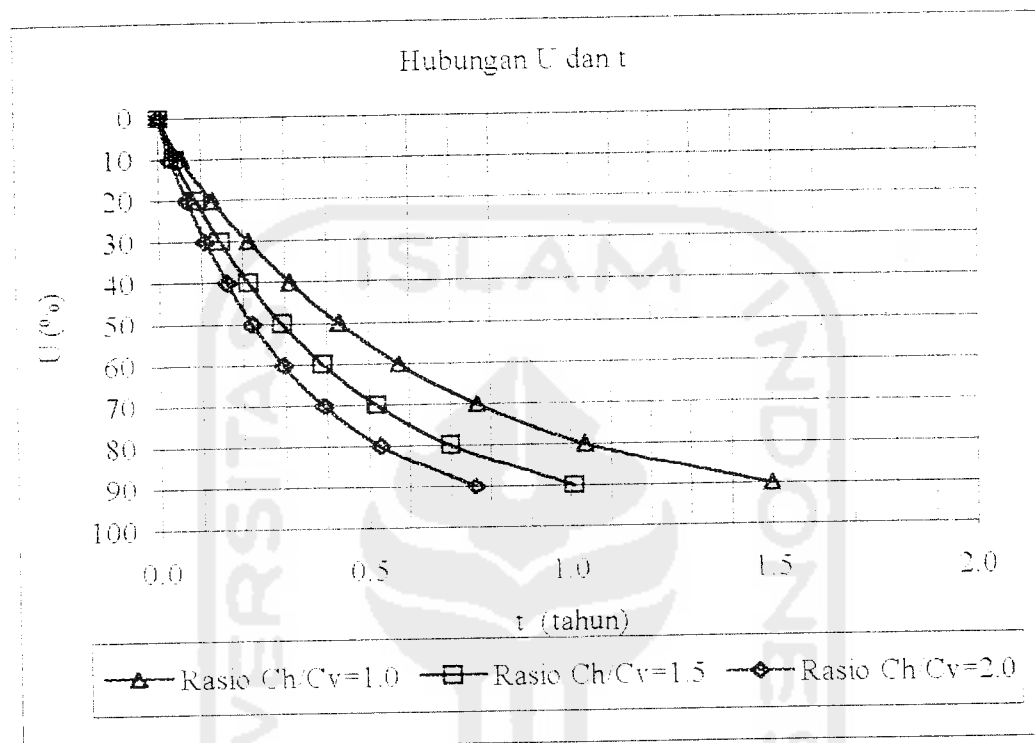
Tabel 5.14 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.5$ dan jarak (s) = 150 cm.

U (%)	(1-U) K _i	t (bulan)	T _r	T _v	U _r	U _v	1-U _r	1-U _v	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	12.120	0.688574	$9.13 \cdot 10^{-03}$	0.8876290	0.10777	0.1123710	0.8922254	0.1003	1.0100
80	0.2	8.400	0.477230	$6.33 \cdot 10^{-03}$	0.7801950	0.08972	0.2198050	0.9102768	0.2001	0.7000
70	0.3	6.228	0.353832	$4.69 \cdot 10^{-03}$	0.6747870	0.07726	0.3252130	0.9227427	0.3001	0.5190
60	0.4	4.695	0.266737	$3.54 \cdot 10^{-03}$	0.5712086	0.06708	0.4287914	0.9329216	0.4000	0.3913
50	0.5	3.510	0.199414	$2.64 \cdot 10^{-03}$	0.4690352	0.05800	0.5309648	0.9420012	0.5002	0.2925
40	0.6	2.551	0.144930	$1.92 \cdot 10^{-03}$	0.3687766	0.04944	0.6312234	0.9505552	0.6000	0.2126
30	0.7	1.741	0.098911	$1.31 \cdot 10^{-03}$	0.2694844	0.04085	0.7305156	0.9591526	0.7007	0.1451
20	0.8	1.052	0.059767	$7.92 \cdot 10^{-04}$	0.1728238	0.03175	0.8271762	0.9682479	0.8009	0.0877
10	0.9	0.465	0.026418	$3.50 \cdot 10^{-04}$	0.0804463	0.02111	0.9195537	0.9788898	0.9001	0.0388
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.0000000	0.000000	1.0000000	1.0000000	1.0000	0.0000

Tabel 5.15 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 2.0$ dan jarak (s) = 150 cm.

U (%)	(1-U) K ₁	t (bulan)	T _r	T _v	U _r	U _v	1-U _r	1-U _v	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	9.150	0.693119	$6.89 \cdot 10^{-03}$	0.8892387	0.09364	0.1107613	0.9063569	0.1004	0.7625
80	0.2	6.350	0.481017	$4.78 \cdot 10^{-03}$	0.7828221	0.07801	0.2171779	0.9219897	0.2002	0.5292
70	0.3	4.712	0.356937	$3.55 \cdot 10^{-03}$	0.6779777	0.06720	0.3220223	0.9328002	0.3004	0.3927
60	0.4	3.553	0.269142	$2.68 \cdot 10^{-03}$	0.5744701	0.05835	0.4255299	0.9416471	0.4007	0.2961
50	0.5	2.660	0.201497	$2.00 \cdot 10^{-03}$	0.4725350	0.05049	0.5274650	0.9495099	0.5008	0.2217
40	0.6	1.940	0.146956	$1.46 \cdot 10^{-03}$	0.3728241	0.04312	0.6271759	0.9568813	0.6001	0.1617
30	0.7	1.330	0.100748	$1.00 \cdot 10^{-03}$	0.2737321	0.03570	0.7262679	0.9642981	0.7003	0.1108
20	0.8	0.810	0.061358	$6.10 \cdot 10^{-04}$	0.1769905	0.02786	0.8230095	0.9721383	0.8001	0.0675
10	0.9	0.360	0.027270	$2.71 \cdot 10^{-04}$	0.0829307	0.01857	0.9170693	0.9814255	0.9000	0.0300
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.0000000	0.00000	1.0000000	1.0000000	1.0000	0.0000

Grafik hubungan antara U (%) dengan t (tahun) pada bujursangkar untuk konsolidasi tanah dengan drainase vertikal geotekstil pada $Ch/Cv = 1.0$; 1.5 ; dan 2.0 . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Grafik 5.3.



Grafik 5.3 Hubungan U dan t susunan bujursangkar, $s = 150$ cm dengan Ch/Cv tertentu

2. Debit pada proses konsolidasi dengan drainase vertikal geotekstil (Q)

Debit yang terjadi sama dengan pada susunan segitiga samasisi yaitu:

a. Debit yang terjadi pada tanah (Q_1)

$$Q_1 = 0.16727 \text{ cm}^3/\text{min}$$

c. Kapasitas debit drainase vertikal geotekstil (Q_2)

$$Q_2 = 5820 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$Q_2 > Q_1$, drainase vertikal geotekstil bekerja dengan baik.

4. Ketebalan Lapisan pasir sebagai “Horizontal Sand Drain”

Ketebalan pasir dicari dengan menggunakan persamaan-persamaan (5.8) dan (5.9).

Data pasir yang dimasukkan:

$$k = 1 \cdot 10^{-04} \text{ cm s}$$

$$= 6 \cdot 10^{-03} \text{ cm min}$$

$$i = 2.5 \% \text{ (kemiringan jalan)}$$

$$Q = 0.16727 \text{ cm}^3 \text{ min}$$

$$V = 1.5 \cdot 10^{-04} \text{ cm min}$$

$$A = \text{Keliling R ekivalen} \times \text{tebal pasir.}$$

$$= 2 \times \pi \times 84.6 \times t$$

$$= 531.5575 t$$

Tebal pasir yang dibutuhkan:

$$Q = 0.16727 \text{ cm}^3 \text{ min}$$

$$0.16727 = 1.5 \cdot 10^{-04} \times 531.5575 t$$

$$t = 2.0978 \text{ cm}$$

Dengan hasil $t = 2.0978 \text{ cm} < 30 \text{ cm}$ (tebal “Horizontal Sand Drain”)

5.5 Komparasi

Dalam perbandingan ini yang dilakukan adalah dengan mengambil susunan, jarak antara drainase vertikal geotekstil dan rasio Ch/Cv tanah yang berbeda.

1. Kondisi 1

- a. Susunan segitiga samasisi

- b. Jarak antara drainase vertikal geotekstil 100 cm
- c. $C_h/C_v = 1,0; 1,5; \text{ dan } 2,0.$
- d. $R = 0.525 \text{ s} = 52.50 \text{ cm}$
- e. $R = 3.2232 \text{ cm}$
- f. $n = R/r = 16.2883$

Dari perhitungan dengan persamaan (5.20) hasil dipresentasikan dalam Tabel 5.16; 5.17 dan Tabel 5.18.

Tabel 5.16 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1,0$ dan jarak (s) 100 cm.

U (%)	(1-U) K _i	t (bulan)	T _r	T _v	U _r	U _v	1-U _r	1-U _v	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	5.780	0.568469	$4.35 \cdot 10^{-03}$	0.8912186	0.07443	0.108781	0.92557	0.1007	0.48167
80	0.2	4.020	0.395371	$3.03 \cdot 10^{-03}$	0.7862422	0.06207	0.213758	0.93793	0.2005	0.33500
70	0.3	2.989	0.293971	$2.25 \cdot 10^{-03}$	0.6824769	0.05352	0.317523	0.94648	0.3005	0.24908
60	0.4	2.260	0.222273	$1.70 \cdot 10^{-03}$	0.5799611	0.04654	0.420039	0.95346	0.4005	0.18833
50	0.5	1.694	0.166607	$1.28 \cdot 10^{-03}$	0.4780441	0.04029	0.521956	0.95971	0.5009	0.14117
40	0.6	1.238	0.121759	$9.32 \cdot 10^{-04}$	0.3782116	0.03444	0.621788	0.96556	0.6004	0.10317
30	0.7	0.853	0.083893	$6.42 \cdot 10^{-04}$	0.2791967	0.02859	0.720803	0.97141	0.7002	0.07108
20	0.8	0.521	0.051241	$3.92 \cdot 10^{-04}$	0.1812401	0.02235	0.818760	0.97765	0.8005	0.04342
10	0.9	0.234	0.023014	$1.76 \cdot 10^{-04}$	0.0858963	0.01498	0.914104	0.98502	0.9004	0.01950
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.0000000	0.00000	1.000000	1.00000	1.0000	0.00000

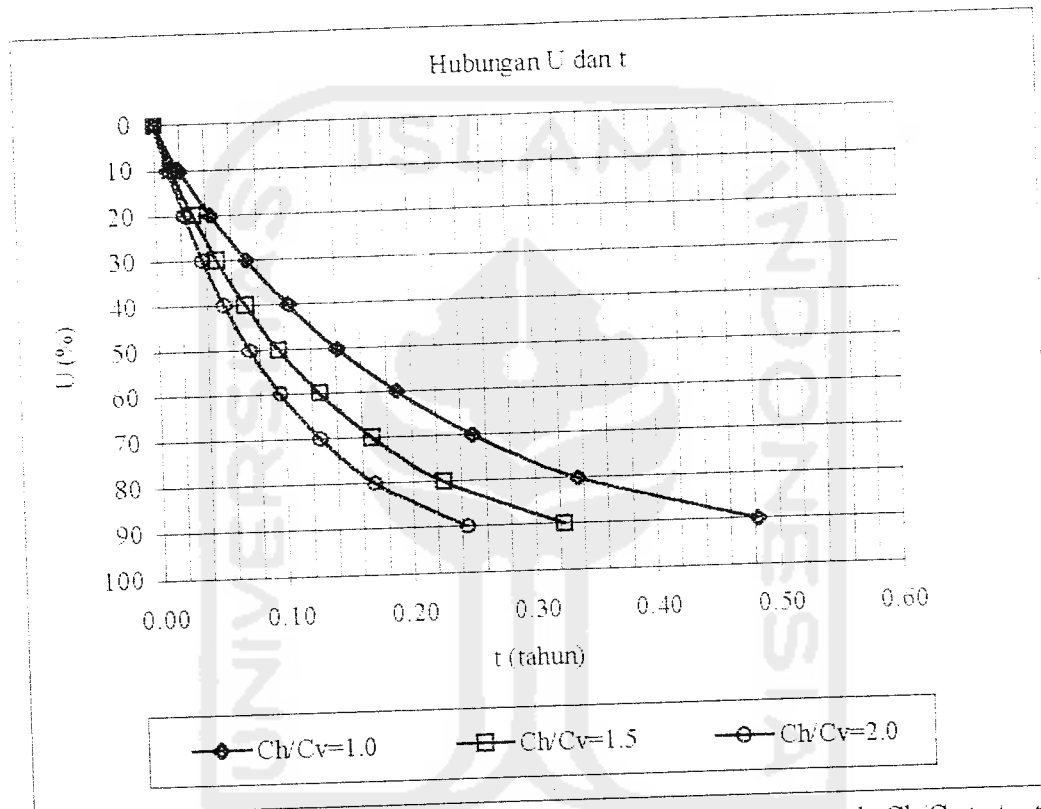
Tabel 5.17 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.5$ dan jarak (s) = 100 cm.

U (%)	(1-U) K _i	t (bulan)	Tr	T _v	U _r	U _v	1-U _r	1-U _v	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	3.880	0.572403	$2.92 \cdot 10^{-03}$	0.8928759	0.06098	0.107124	0.93902	0.1006	0.32333
80	0.2	2.698	0.398027	$2.03 \cdot 10^{-03}$	0.7884459	0.05085	0.211554	0.94915	0.2008	0.22483
70	0.3	2.010	0.296528	$1.51 \cdot 10^{-03}$	0.6856297	0.04389	0.314370	0.95611	0.3006	0.16750
60	0.4	1.520	0.224240	$1.14 \cdot 10^{-03}$	0.5831731	0.03817	0.416827	0.96183	0.4009	0.12667
50	0.5	1.143	0.168623	$8.61 \cdot 10^{-04}$	0.4821348	0.03310	0.517865	0.96690	0.5007	0.09525
40	0.6	0.835	0.123185	$6.29 \cdot 10^{-04}$	0.3816623	0.02829	0.618338	0.97171	0.6008	0.06958
30	0.7	0.576	0.084975	$4.34 \cdot 10^{-04}$	0.2822334	0.02350	0.717767	0.97650	0.7009	0.04800
20	0.8	0.354	0.052224	$2.67 \cdot 10^{-04}$	0.1843766	0.01842	0.815623	0.98158	0.8006	0.02950
10	0.9	0.160	0.023604	$1.20 \cdot 10^{-04}$	0.0879989	0.01238	0.912001	0.98762	0.9007	0.01333
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.0000000	0.00000	1.000000	1.00000	1.0000	0.00000

Tabel 5.18 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 2.0$ dan jarak (s) = 100 cm.

U (%)	(1-U) K _i	t (bulan)	Tr	T _v	U _r	U _v	1-U _r	1-U _v	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	2.925	0.575353	$2.20 \cdot 10^{-03}$	0.894102	0.05295	0.105898	0.94705	0.1003	0.24375
80	0.2	2.034	0.400092	$1.53 \cdot 10^{-03}$	0.790144	0.04415	0.209856	0.95585	0.2006	0.16950
70	0.3	1.514	0.297807	$1.14 \cdot 10^{-03}$	0.687194	0.03809	0.312806	0.96191	0.3009	0.12617
60	0.4	1.148	0.225814	$8.64 \cdot 10^{-04}$	0.585725	0.03317	0.414275	0.96683	0.4005	0.09567
50	0.5	0.865	0.170147	$6.51 \cdot 10^{-04}$	0.485206	0.02879	0.514794	0.97121	0.5000	0.07208
40	0.6	0.632	0.124316	$4.76 \cdot 10^{-04}$	0.384386	0.02461	0.615614	0.97539	0.6005	0.05267
30	0.7	0.437	0.085959	$3.29 \cdot 10^{-04}$	0.284983	0.02046	0.715017	0.97954	0.7004	0.03642
20	0.8	0.269	0.052913	$2.03 \cdot 10^{-04}$	0.186565	0.01606	0.813435	0.98394	0.8004	0.02242
10	0.9	0.123	0.024194	$9.26 \cdot 10^{-05}$	0.090097	0.01086	0.909903	0.98914	0.9000	0.01025
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.0000000	0.00000	1.000000	1.00000	1.0000	0.00000

Grafik hubungan antara U (%) dengan t (tahun) pada susunan segitiga samasisi untuk konsolidasi tanah dengan drainase vertikal geotekstil pada $Ch/Cv = 1.0$; 1.5 ; dan 2.0 serta jarak antara drainase vertikal geotekstil 100 cm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Grafik 5.4.



Grafik 5.4 Hubungan U dan t susunan segitigasamasisi, $s= 100$ cm pada Ch/Cv tertentu

2. Kondisi 2

- a. Susunan bujursangkar
- b. Jarak antara drainase vertikal geotekstil 100 cm
- c. $Ch/Cv= 1,0$; $1,5$; dan $2,0$.

d. $R = 0.564 \text{ s} = 56.40 \text{ cm}$

e. $r = 3.2232 \text{ cm}$

f. $n = R/r = 17.4982$

Dari perhitungan dengan persamaan (5.20) hasil dipresentasikan dalam Tabel 5.19; 5.20 dan Tabel 5.21.

Tabel 5.19 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.0$ dan jarak (s) = 100 cm.

U (%)	(1-U) K _i	t (bulan)	T _r	T _v	U _r	U _v	1-U _r	1-U _v	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	6.890	0.587163	$5.19 \cdot 10^{-03}$	0.8909238	0.08126	0.1090762	0.9187404	0.1002	0.5742
80	0.2	4.780	0.407349	$3.60 \cdot 10^{-03}$	0.7850109	0.06768	0.2149891	0.9323171	0.2004	0.3983
70	0.3	3.550	0.302529	$2.67 \cdot 10^{-03}$	0.6806988	0.05833	0.3193012	0.9416717	0.3007	0.2958
60	0.4	2.685	0.228815	$2.02 \cdot 10^{-03}$	0.5782957	0.05073	0.4217043	0.9492732	0.4003	0.2238
50	0.5	2.010	0.171291	$1.51 \cdot 10^{-03}$	0.4760622	0.04389	0.5239378	0.9561102	0.5009	0.1675
40	0.6	1.465	0.124847	$1.10 \cdot 10^{-03}$	0.3756970	0.03747	0.6243030	0.9625300	0.6009	0.1221
30	0.7	1.010	0.086072	$7.61 \cdot 10^{-04}$	0.2773274	0.03111	0.7226726	0.9688881	0.7002	0.0842
20	0.8	0.617	0.052555	$4.64 \cdot 10^{-04}$	0.1798929	0.02431	0.8201071	0.9756890	0.8002	0.0514
10	0.9	0.275	0.023435	$2.07 \cdot 10^{-04}$	0.0846377	0.01623	0.9153623	0.9837658	0.9005	0.0229
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.0000000	0.00000	1.0000000	1.0000000	1.0000	0.0000

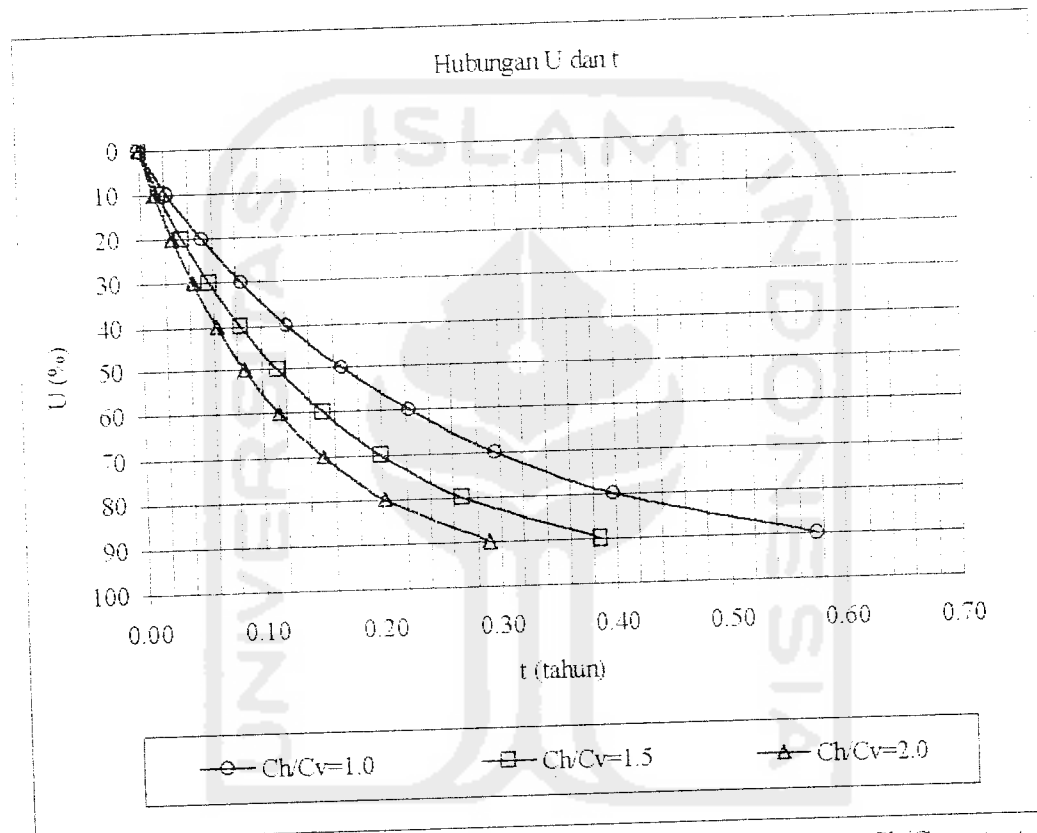
Tabel 5.20 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio Ch/Cv = 1.5 dan jarak (s) = 100 cm.

U (%)	(1-U) Ki	t (bulan)	Tr	Tv	Ur	Uv	1-Ur	1-Uv	(1-U) Ka	t (tahun)
90	0.1	4.630	0.591850	$3.49 \cdot 10^{-03}$	0.8928361	0.06601	0.1071639	0.9333875	0.1000	0.3858
80	0.2	3.210	0.410332	$2.42 \cdot 10^{-03}$	0.7874171	0.05546	0.2125829	0.9445352	0.2008	0.2675
70	0.3	2.390	0.305448	$1.80 \cdot 10^{-03}$	0.6841964	0.04785	0.3158036	0.9521460	0.3007	0.1991
60	0.4	1.811	0.231499	$1.36 \cdot 10^{-03}$	0.5825460	0.04166	0.4174540	0.9583395	0.4001	0.1509
50	0.5	1.360	0.173848	$1.02 \cdot 10^{-03}$	0.4810926	0.03610	0.5189074	0.9638977	0.5002	0.1133
40	0.6	0.993	0.126935	$7.48 \cdot 10^{-04}$	0.3805964	0.03085	0.6194036	0.9691511	0.6003	0.0828
30	0.7	0.684	0.087435	$5.15 \cdot 10^{-04}$	0.2810363	0.02560	0.7189637	0.9743969	0.7006	0.0570
20	0.8	0.420	0.053688	$3.16 \cdot 10^{-04}$	0.1833931	0.02006	0.8166069	0.9799373	0.8002	0.0350
10	0.9	0.189	0.024160	$1.42 \cdot 10^{-04}$	0.0871364	0.01346	0.9128636	0.9865415	0.9006	0.0158
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.0000000	0.00000	1.0000000	1.0000000	1.0000	0.0000

Tabel 5.21 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio Ch/Cv = 2.0 dan jarak (s) = 100 cm.

U (%)	(1-U) Ki	t (bulan)	Tr	Tv	Ur	Uv	1-Ur	1-Uv	(1-U) Ka	t (tahun)
90	0.1	3.475	0.592276	$2.62 \cdot 10^{-03}$	0.8930082	0.05771	0.1069918	0.9422911	0.1008	0.2896
80	0.2	2.420	0.412463	$1.82 \cdot 10^{-03}$	0.7891193	0.04816	0.2108807	0.9518415	0.2007	0.2017
70	0.3	1.805	0.307643	$1.36 \cdot 10^{-03}$	0.6868007	0.04159	0.3131993	0.9584086	0.3002	0.1504
60	0.4	1.364	0.232479	$1.03 \cdot 10^{-03}$	0.5840870	0.03616	0.4159130	0.9638447	0.4009	0.1137
50	0.5	1.028	0.175211	$7.74 \cdot 10^{-04}$	0.4837557	0.03139	0.5162443	0.9686121	0.5000	0.0857
40	0.6	0.750	0.127829	$5.65 \cdot 10^{-04}$	0.3826844	0.02681	0.6173156	0.9731901	0.6008	0.0625
30	0.7	0.518	0.088287	$3.90 \cdot 10^{-04}$	0.2833446	0.02228	0.7166554	0.9777192	0.7007	0.0432
20	0.8	0.318	0.054200	$2.39 \cdot 10^{-04}$	0.1849672	0.01746	0.8150328	0.9825426	0.8008	0.0265
10	0.9	0.145	0.024714	$1.09 \cdot 10^{-04}$	0.0890426	0.01179	0.9109574	0.9882118	0.9002	0.0121
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.0000000	0.00000	1.0000000	1.0000000	1.0000	0.0000

Grafik hubungan antara U (%) dengan t (tahun) pada susunan bujursangkar untuk konsolidasi tanah dengan drainase vertikal geotekstil pada $Ch/Cv = 1,0; 1,5; \text{ dan } 2,0$ serta jarak antara drainase vertikal geotekstil 100 cm . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Grafik 5.5.



Grafik 5.5 Hubungan U dan t susunan bujursangkar, $s=100 \text{ cm}$ dengan Ch/Cv tertentu.

3. Kondisi 3

- a. Susunan segitigasamasisi
- b. Jarak antara drainase vertikal geotekstil (s) 200 cm
- c. $Ch/Cv = 1,0; 1,5; \text{ dan } 2,0$
- d. $R = 0.525 s = 105 \text{ cm}$

e. $r = 3.2232 \text{ cm}$

f. $n = R/r = 32.5763$

Dari perhitungan dengan persamaan (5.20) hasil dipresentasikan dalam Tabel 5.22; 5.23 dan Tabel 5.24.

Tabel 5.22 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.0$ dan jarak (s) = 200 cm

U (%)	(1-U) K _i	t (bulan)	Tr	Tv	Ur	Uv	1-Ur	1-Uv	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	29.450	0.724109	$2.22 \cdot 10^{-02}$	0.8792687	0.168000	0.120731	0.83200	0.1004	2.45417
80	0.2	20.290	0.498886	$1.53 \cdot 10^{-02}$	0.7669728	0.13945	0.233027	0.86055	0.2005	1.69083
70	0.3	14.990	0.368570	$1.13 \cdot 10^{-02}$	0.6590836	0.11986	0.340916	0.88014	0.3001	1.24917
60	0.4	11.230	0.276120	$8.46 \cdot 10^{-03}$	0.5534443	0.10374	0.446556	0.89626	0.4002	0.93583
50	0.5	8.345	0.205185	$6.28 \cdot 10^{-03}$	0.4506831	0.08943	0.549317	0.91057	0.5002	0.69542
40	0.6	6.000	0.147527	$4.52 \cdot 10^{-03}$	0.3499685	0.07583	0.650032	0.92417	0.6007	0.50000
30	0.7	4.060	0.099826	$3.06 \cdot 10^{-03}$	0.2528308	0.06238	0.747169	0.93762	0.7006	0.33833
20	0.8	2.420	0.059502	$1.82 \cdot 10^{-03}$	0.1594758	0.04816	0.840524	0.95184	0.8000	0.20167
10	0.9	1.015	0.024957	$7.64 \cdot 10^{-04}$	0.0702745	0.03119	0.929725	0.96881	0.9007	0.08458
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.0000000	0.000000	1.000000	1.00000	1.0000	0.00000

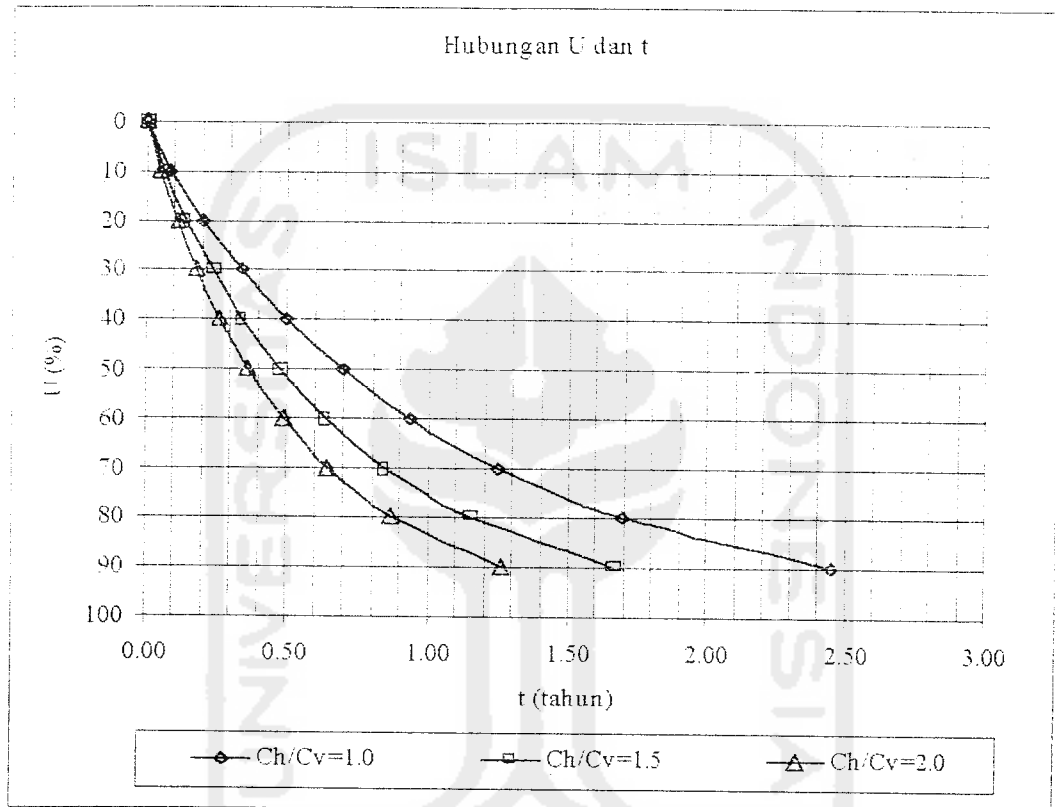
Tabel 5.23 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio Ch/Cv = 1.5 dan jarak (s) = 200 cm.

U (%)	(1-U) K _u	t (bulan)	Tr	Tv	Ur	Uv	1-Ur	1-Uv	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	20.000	0.737633	1.51 10 ⁻⁰²	0.8839428	0.13845	0.116057	0.86155	0.1000	1.66667
80	0.2	13.800	0.508967	1.04 10 ⁻⁰²	0.7737317	0.11500	0.226268	0.88500	0.2002	1.15000
70	0.3	10.200	0.376193	7.68 10 ⁻⁰³	0.6665868	0.09887	0.333413	0.90113	0.3004	0.85000
60	0.4	7.660	0.282513	5.77 10 ⁻⁰³	0.5617021	0.08568	0.438298	0.91432	0.4007	0.63833
50	0.5	5.710	0.210594	4.30 10 ⁻⁰³	0.4592906	0.07397	0.540709	0.92603	0.5007	0.47583
40	0.6	4.140	0.152690	3.12 10 ⁻⁰³	0.3596946	0.06299	0.640305	0.93701	0.6000	0.34500
30	0.7	2.810	0.103637	2.12 10 ⁻⁰³	0.2610987	0.05189	0.738901	0.94811	0.7006	0.23417
20	0.8	1.690	0.062330	1.27 10 ⁻⁰³	0.1663864	0.04024	0.833614	0.95976	0.8001	0.14083
10	0.9	0.730	0.026924	5.50 10 ⁻⁰⁴	0.0755987	0.02645	0.924401	0.97355	0.9000	0.06083
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.0000000	0.000000	1.0000000	1.000000	1.0000	0.00000

Tabel 5.24 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio Ch/Cv = 2.0 dan jarak (s) = 200 cm.

U (%)	(1-U) K _u	t (bulan)	Tr	Tv	Ur	Uv	1-Ur	1-Uv	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	15.130	0.744025	1.14 10 ⁻⁰²	0.886089	0.12042	0.113911	0.87958	0.1002	1.26083
80	0.2	10.460	0.514376	7.88 10 ⁻⁰³	0.777277	0.10012	0.222723	0.89988	0.2004	0.87167
70	0.3	7.745	0.380864	5.83 10 ⁻⁰³	0.671104	0.08615	0.328896	0.91385	0.3006	0.64542
60	0.4	5.840	0.287185	4.40 10 ⁻⁰³	0.567640	0.07481	0.432360	0.92519	0.4000	0.48667
50	0.5	4.360	0.214405	3.28 10 ⁻⁰³	0.465274	0.06464	0.534726	0.93536	0.5002	0.36333
40	0.6	3.160	0.155395	2.38 10 ⁻⁰³	0.364731	0.05503	0.635269	0.94497	0.6003	0.26333
30	0.7	2.160	0.106219	1.63 10 ⁻⁰³	0.266647	0.04550	0.733353	0.95450	0.7000	0.18000
20	0.8	1.300	0.063928	9.79 10 ⁻⁰⁴	0.170267	0.03530	0.829733	0.96470	0.8004	0.10833
10	0.9	0.568	0.027932	4.28 10 ⁻⁰⁴	0.078316	0.02333	0.921684	0.97667	0.9002	0.04733
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.0000000	0.000000	1.0000000	1.000000	1.0000	0.00000

Grafik hubungan antara U (%) dengan t (tahun) pada susunan segitigamasisi untuk konsolidasi tanah dengan drainase vertikal geotekstil pada $Ch/Cv = 1,0; 1,5; \text{ dan } 2,0$ serta jarak antara drainase vertikal geotekstil 200 cm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Grafik 5.6.



Grafik 5.6 Hubungan U dan t susunan segitigamasisi, $s=200$ cm dengan Ch/Cv tertentu.

4. Kondisi 4

- a. Susunan bujursangkar
- b. Jarak antara drainase vertikal geotekstil 200 cm
- c. $Ch/Cv = 1,0, 1,5 \text{ dan } 2,0$
- d. $R = 0.564s = 112.80$ cm

e. $r = 3.2232 \text{ cm}$

f. $n = R/r = 34.9965$

Dari perhitungan dengan persamaan (5.20) hasil dipresentasikan dalam Tabel 5.25; 5.26 dan Tabel 5.27.

Tabel 5.25 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio $C_h/C_v = 1.0$ dan jarak (s) = 200 cm.

U (%)	(1-U) K _i	t (bulan)	T _r	T _v	U _r	U _v	1-U _r	1-U _v	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	34.600	0.737149	$2.61 \cdot 10^{-02}$	0.8773776	0.18210	0.1226224	0.8179028	0.1003	2.8833
80	0.2	23.790	0.506843	$1.79 \cdot 10^{-02}$	0.7637749	0.15099	0.2362251	0.8490051	0.2006	1.9825
70	0.3	17.530	0.373475	$1.32 \cdot 10^{-02}$	0.6546763	0.12962	0.3453237	0.8703847	0.3006	1.4608
60	0.4	13.130	0.279733	$9.89 \cdot 10^{-03}$	0.5490476	0.11218	0.4509524	0.8878246	0.4004	1.0942
50	0.5	9.750	0.207723	$7.34 \cdot 10^{-03}$	0.4464379	0.09666	0.5535621	0.9033354	0.5001	0.8125
40	0.6	7.011	0.149369	$5.28 \cdot 10^{-03}$	0.3463927	0.08197	0.6536073	0.9180300	0.6000	0.5843
30	0.7	4.732	0.100815	$3.56 \cdot 10^{-03}$	0.2495011	0.06734	0.7504989	0.9326578	0.7000	0.3943
20	0.8	2.790	0.059441	$2.10 \cdot 10^{-03}$	0.1556820	0.05171	0.8443180	0.9482909	0.8007	0.2325
10	0.9	1.167	0.024863	$8.79 \cdot 10^{-04}$	0.0683367	0.03344	0.9316633	0.9665574	0.9005	0.0973
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.0000000	0.00000	1.0000000	1.0000000	1.0000	0.0000



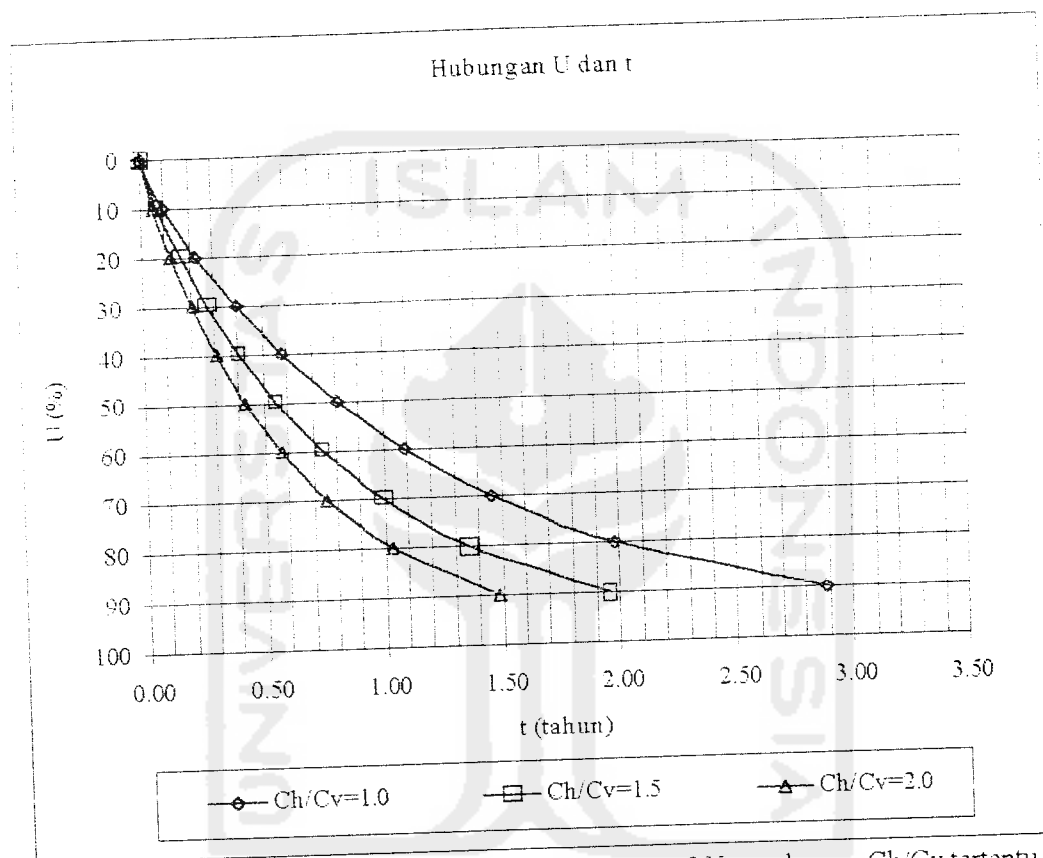
Tabel 5.26 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio C_h/C_v = 1.5 dan jarak (s) = 200 cm.

U (%)	(1-U) K _i	t (bulan)	T _r	T _v	U _r	U _v	1-U _r	1-U _v	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	23.500	0.750997	$1.77 \cdot 10^{-02}$	0.8821179	0.15007	0.1178821	0.8499282	0.1002	1.9583
80	0.2	16.200	0.517709	$1.22 \cdot 10^{-02}$	0.7709704	0.12460	0.2290296	0.8753987	0.2005	1.3500
70	0.3	11.970	0.382529	$9.01 \cdot 10^{-03}$	0.6634644	0.10711	0.3365356	0.8928944	0.3005	0.9975
60	0.4	9.000	0.287616	$6.78 \cdot 10^{-03}$	0.5590552	0.09287	0.4409448	0.9071277	0.4000	0.7500
50	0.5	6.700	0.214114	$5.05 \cdot 10^{-03}$	0.4564196	0.08013	0.5435804	0.9198686	0.5000	0.5583
40	0.6	4.830	0.154354	$3.64 \cdot 10^{-03}$	0.3556040	0.06804	0.6443960	0.9319640	0.6006	0.4025
30	0.7	3.280	0.104820	$2.47 \cdot 10^{-03}$	0.2580104	0.05607	0.7419896	0.9439337	0.7004	0.2733
20	0.8	1.965	0.062796	$1.48 \cdot 10^{-03}$	0.1637094	0.04340	0.8362906	0.9566043	0.8000	0.1638
10	0.9	0.836	0.026716	$6.30 \cdot 10^{-04}$	0.0732401	0.02831	0.9267599	0.9716947	0.9005	0.0697
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.0000000	0.00000	1.0000000	1.0000000	1.0000	0.0000

Tabel 5.27 Waktu konsolidasi (t) dan derajat konsolidasi (U) dengan rasio C_h/C_v = 2.0 dan jarak (s) = 200 cm.

U (%)	(1-U) K _i	t (bulan)	T _r	T _v	U _r	U _v	1-U _r	1-U _v	(1-U) K _a	t (tahun)
90	0.1	17.820	0.759306	$1.34 \cdot 10^{-02}$	0.8848738	0.13068	0.1151262	0.8693170	0.1001	1.4850
80	0.2	12.300	0.524100	$9.26 \cdot 10^{-03}$	0.7751002	0.10857	0.2248998	0.8914280	0.2005	1.0250
70	0.3	9.100	0.387749	$6.85 \cdot 10^{-03}$	0.6684285	0.09339	0.3315715	0.9066131	0.3006	0.7583
60	0.4	6.850	0.291877	$5.16 \cdot 10^{-03}$	0.5643719	0.08102	0.4356281	0.9189766	0.4003	0.5708
50	0.5	5.110	0.217736	$3.85 \cdot 10^{-03}$	0.4619958	0.06998	0.5380042	0.9300197	0.5004	0.4258
40	0.6	3.700	0.157656	$2.79 \cdot 10^{-03}$	0.3616338	0.05955	0.6383662	0.9404522	0.6004	0.3083
30	0.7	2.520	0.107377	$1.90 \cdot 10^{-03}$	0.2633914	0.04914	0.7366086	0.9508566	0.7004	0.2100
20	0.8	1.515	0.064554	$1.14 \cdot 10^{-03}$	0.1678837	0.03810	0.8321163	0.9618959	0.8004	0.1263
10	0.9	0.658	0.028037	$4.95 \cdot 10^{-04}$	0.0767187	0.02511	0.9232813	0.9748882	0.9001	0.0548
0	1.0	0.000	0.000000	0	0.0000000	0.00000	1.0000000	1.0000000	1.0000	0.0000

Grafik hubungan antara U (%) dengan t (tahun) pada susunan bujursangkar untuk konsolidasi tanah dengan drainase vertikal geotekstil pada $Ch/Cv = 1.0$; 1.5 ; dan 2.0 serta jarak antara drainase vertikal geotekstil 200 cm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Grafik 5.7.



Grafik 5.7 Hubungan U dan t susunan bujursangkar, $s=200$ cm dengan Ch/Cv tertentu.

5.6 Data pendukung

Data pendukung diambil tanah asal Kasongan, Bantul, Yogyakarta. Dari penelitian yang telah dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia, diperoleh hasil yang meliputi sifat-sifat fisik dan sifat-sifat mekanik dari tanah. Sifat fisik tanah yang diuji meliputi kadar air (w), berat jenis (G_s), berat volume tanah (γ), permeabilitas tanah (k), batas cair (LL),

batas plastis (PL), indeks plastis (IP) batas susut (SL) dan analisis butiran tanah; sedangkan sifat mekanik tanah yang diuji adalah konsolidasi tanah dengan uji konsolidasi.

5.6.1 Sifat Fisik Tanah

Hasil dari penelitian sifat fisik tanah asal Kasongan, Bantul, Yogyakarta diperoleh hasil pada Tabel 5.28 dan Tabel 5.29.

Tabel 5.28 Data sifat fisik Tanah Kasongan

No	Item	Notasi	Satuan	Nilai
1.	Kadar air	w	%	62,9078
2.	Berat jenis	Gs		2,49
3.	Berat volume	γ	Gr/cm ³	1,6146
4.	Permeabilitas tanah	kv	Cm/dt	3,118 10 ⁻⁰⁸
		kh	Cm/dt	3,459 10 ⁻⁰⁸
5.	Batas Cair	LL	%	111,5260
6.	Batas Plastis	PL	%	37,1138
7.	Indeks Plastis	IP	%	74,4123
8.	Batas Susut	SL	%	12,5258

Tabel 5.29 Analisis butiran tanah Kasongan

No	Jenis material	Persentase (%)
1.	Pasir	10,4755
2.	Lumpur	39,4805
3.	Lempung	50,0379

5.6.2 Sifat Mekanik Tanah

Hasil uji konsolidasi dengan hasil dipresentasikan pada Tabel 5.30, sebagai berikut ini.

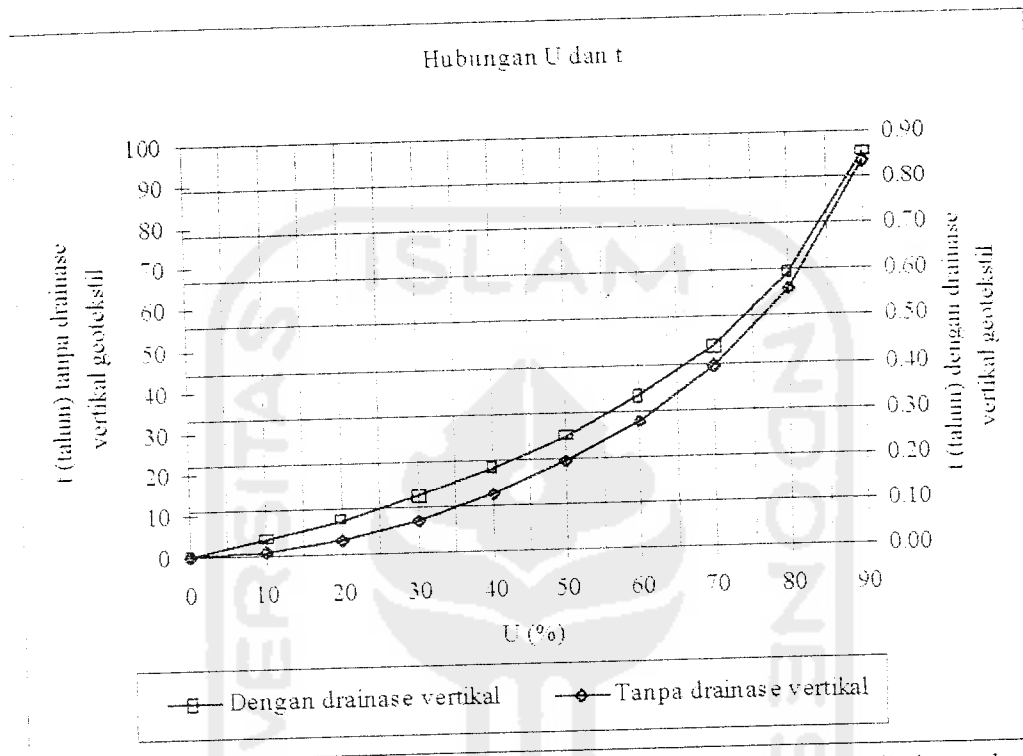
Tabel 5.30 Hasil uji konsolidasi tanah Kasongan

Beban (P) kg/cm ²	ΔP (kg/cm ²)	C_v (cm ² /dtk)	k (cm/dtk)
0,00			
0,25	0,25	$17.0527 \cdot 10^{-04}$	$0.7741 \cdot 10^{-07}$
0,50	0,25	$9.9525 \cdot 10^{-04}$	$0.3182 \cdot 10^{-07}$
1,00	0,50	$5.7509 \cdot 10^{-04}$	$0.1825 \cdot 10^{-07}$
2,00	1,00	$2.3337 \cdot 10^{-04}$	$0.0774 \cdot 10^{-07}$
4,00	2,00	$1.1230 \cdot 10^{-04}$	$0.0327 \cdot 10^{-07}$
8,00	4,00	$0.4701 \cdot 10^{-04}$	$0.0084 \cdot 10^{-07}$

Data yang lebih terperinci dapat dilihat pada lampiran 5 dan 6



yang ditunjukkan oleh Tabel 5.4 untuk tanah tanpa drainase vertikal geotekstil dan Tabel 5.12 untuk drainase vertikal geotekstil dengan susunan segitigasamasisi $s=150$ cm $C_h/C_v=1.5$ sebagai perwakilan untuk perbandingan.

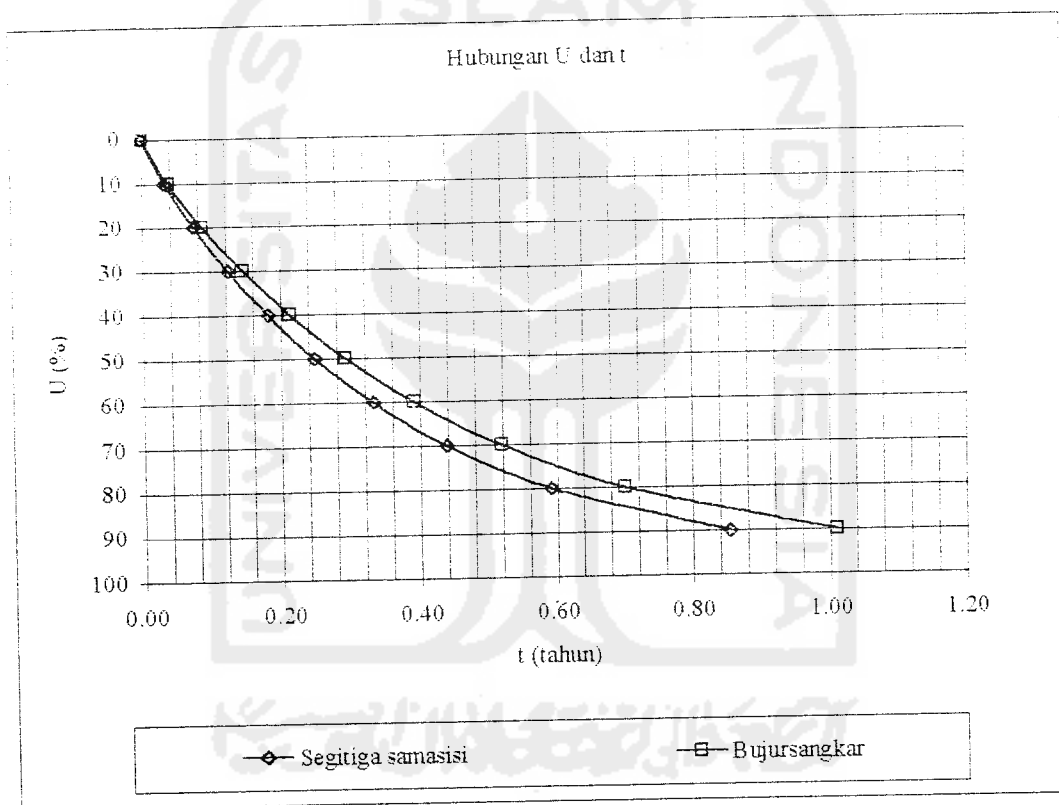


Grafik 6.1 Hubungan U dan t pada konsolidasi tanah tanpa drainase vertikal geotekstil dan tanah dengan drainase vertikal geotekstil.

Grafik 6.1 menunjukkan bahwa penggunaan drainase vertikal geotekstil memberikan waktu yang relatif lebih pendek dari waktu konsolidasi yang terjadi jika tanpa penggunaan drainase vertikal geotekstil, karena jarak yang dipakai untuk konsolidasi tanah tanpa drainase vertikal jarak alirannya adalah H tebal tanah dengan adanya drainase vertikal geotekstil maka jarak aliran sebesar R yang lebih pendek dari H . Waktu yang dibutuhkan untuk konsolidasi mempunyai perilaku yang sama untuk drainase vertikal dengan geotekstil dan tanpa geotekstil. Semakin besar derajat konsolidasi diperlukan waktu konsolidasi yang semakin besar pula.

b. Susunan segitigamasisi dan bujursangkar.

Pemakaian susunan yang berbeda akan memberikan waktu konsolidasi yang berbeda seperti yang diperlihatkan pada analisis perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 5.10; 5.11; 5.12 untuk susunan segitigamasisi dan Tabel 5.13; 5.14; 5.15 untuk susunan bujursangkar pada $s=150$ cm. Untuk penggambaran Grafik 6.2 diambil data Tabel 5.11 dan Tabel 5.14 dengan $s=150$ cm dan $C_h/C_v=1.5$.

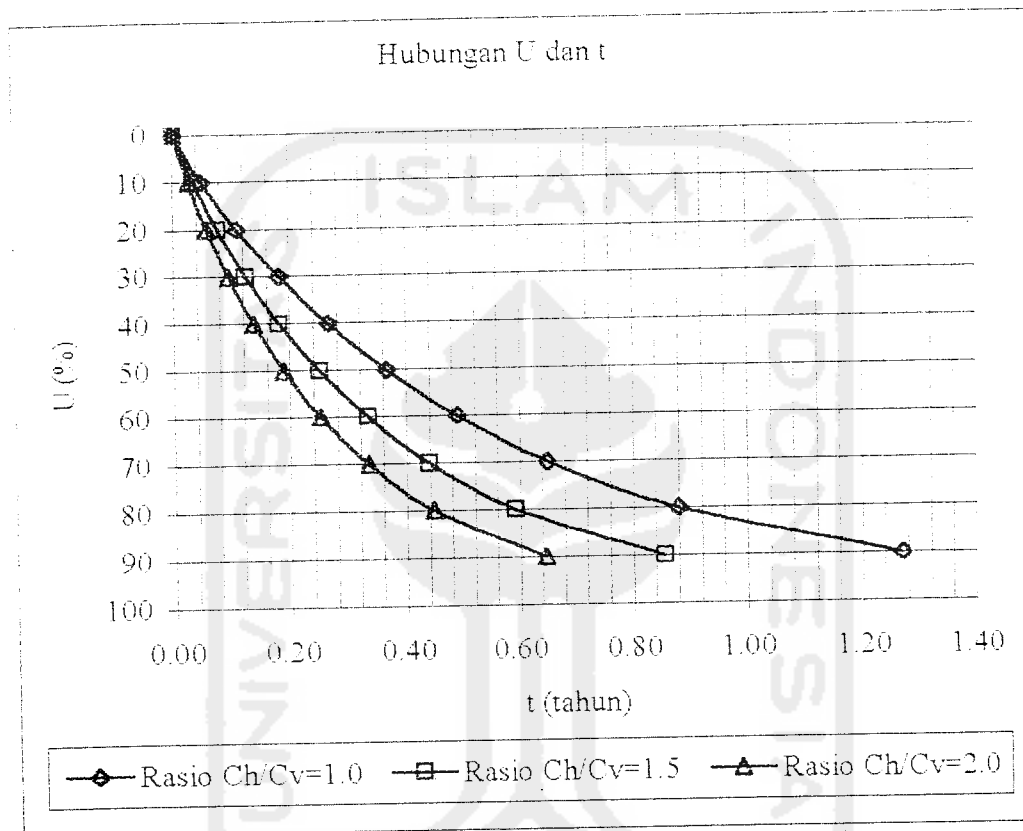


Grafik 6.2 Hubungan U dan t dengan susunan drainase vertikal yang berbeda $s=150$ cm dan $C_h/C_v=1.5$

Grafik 6.2 menunjukkan bahwa susunan drainase vertikal segitiga samasisi memberikan waktu konsolidasi yang relatif lebih pendek dari susunan bujursangkar, hal ini karena jarak alir susunan R segitigasama $<$ R bujursangkar.

c. Rasio Ch/C_v

Analisis drainase vertikal geotekstil rasio $Ch/C_v = 1.0, 1.5$ dan 2.0 antara lain ditunjukkan pada Tabel 5.10; 5.11 dan Tabel 5.12 dengan $s = 150$ cm susunan segitiga samasisi ditunjukkan Gambar 6.3.

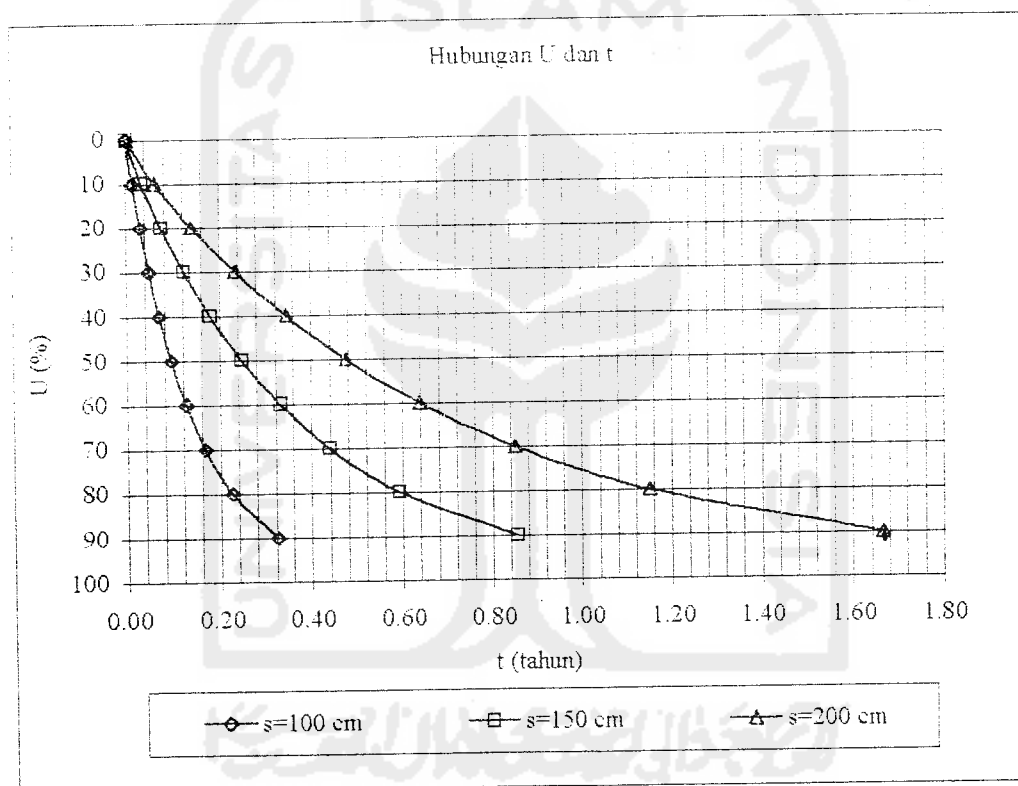


Grafik 6.3 Hubungan U dan t dengan Ch/C_v tertentu.

Grafik 6.3 menunjukkan semakin besar nilai Ch/C_v maka waktu konsolidasi tanah akan berlangsung lebih cepat karena dengan Ch yang besar maka konsolidasi dalam arah horisontal akan berlangsung cepat didukung dengan jarak pengaliran horisontal (R) yang pendek.

d. Jarak antara drainase vertikal geotekstil

Waktu konsolidasi yang terjadi dengan jarak antara drainase vertikal geotekstil (s) yang berbeda yaitu $s = 100$ cm, 150 cm dan 200 cm seperti ditunjukkan antara lain pada Tabel 5.11; 5.17 dan Tabel 5.23 susunan segitigasamasisi dengan $C_h/C_v=1.5$. Grafik 6.4 akan menunjukkan hubungan U dan t dengan jarak tertentu pada susunan segitigasamasisi sebagai perwakilan untuk penggunaan drainase vertikal geotekstil.

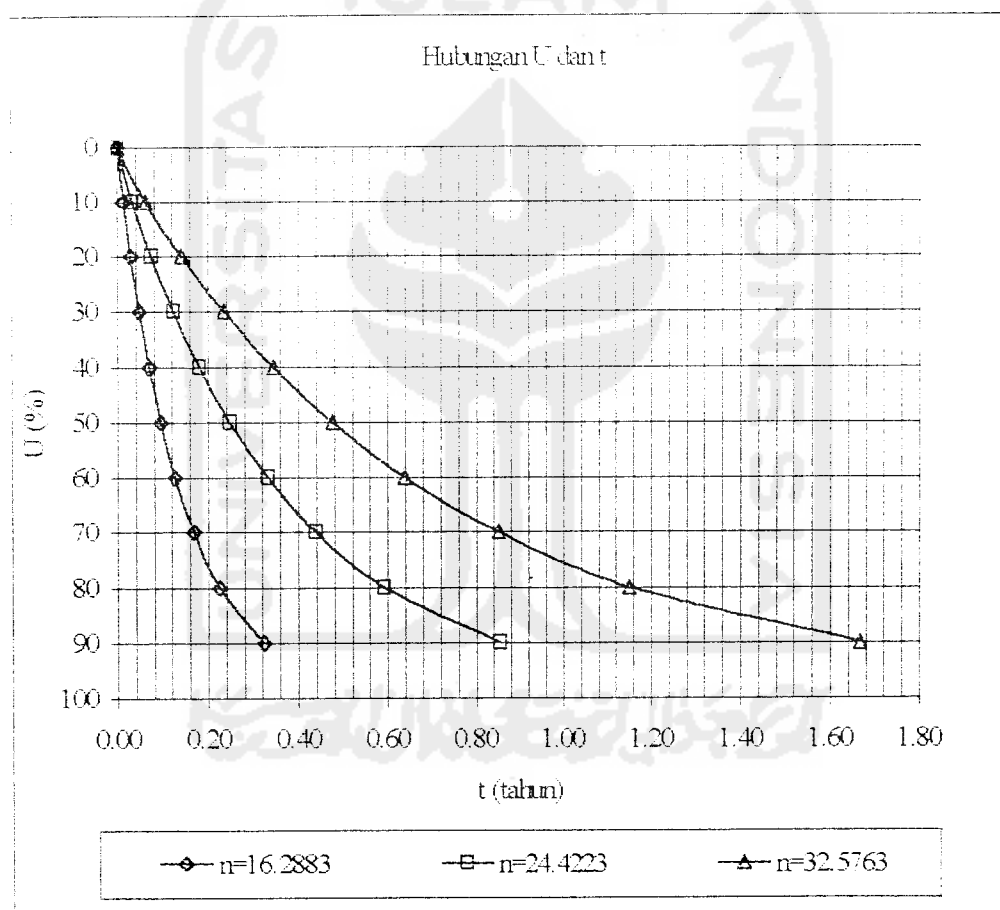


Grafik 6.4 Hubungan U dan t pada s tertentu

Grafik 6.4 memperlihatkan bahwa semakin pendek jarak antara drainase vertikal geotekstil akan memberikan waktu konsolidasi yang lebih cepat. Hal ini karena dengan jarak antara drainase vertikal geotekstil pendek maka jarak aliran pendek sehingga waktu konsolidasi lebih cepat.

e. Nilai $n=R/r$

Karena pada penelitian ini r tetap maka yang akan berubah adalah nilai R berdasarkan s yaitu jarak antara drainase vertikal geotekstil. Jadi semakin kecil nilai n yang berarti semakin pendek nilai R akan memberikan waktu konsolidasi yang lebih pendek. Agar lebih jelas dapat dilihat pada Grafik 6.5. dengan data diambil dari Tabel 5.11; 5.17 dan Tabel 5.23 pada susunan segitigasamasisi $Ch Cv=1.5$.



Grafik 6.5 menunjukkan nilai n yang kecil akan memberikan waktu konsolidasi yang relatif lebih pendek untuk mencapai derajat konsolidasi tertentu.

6.2 Faktor Waktu Konsolidasi

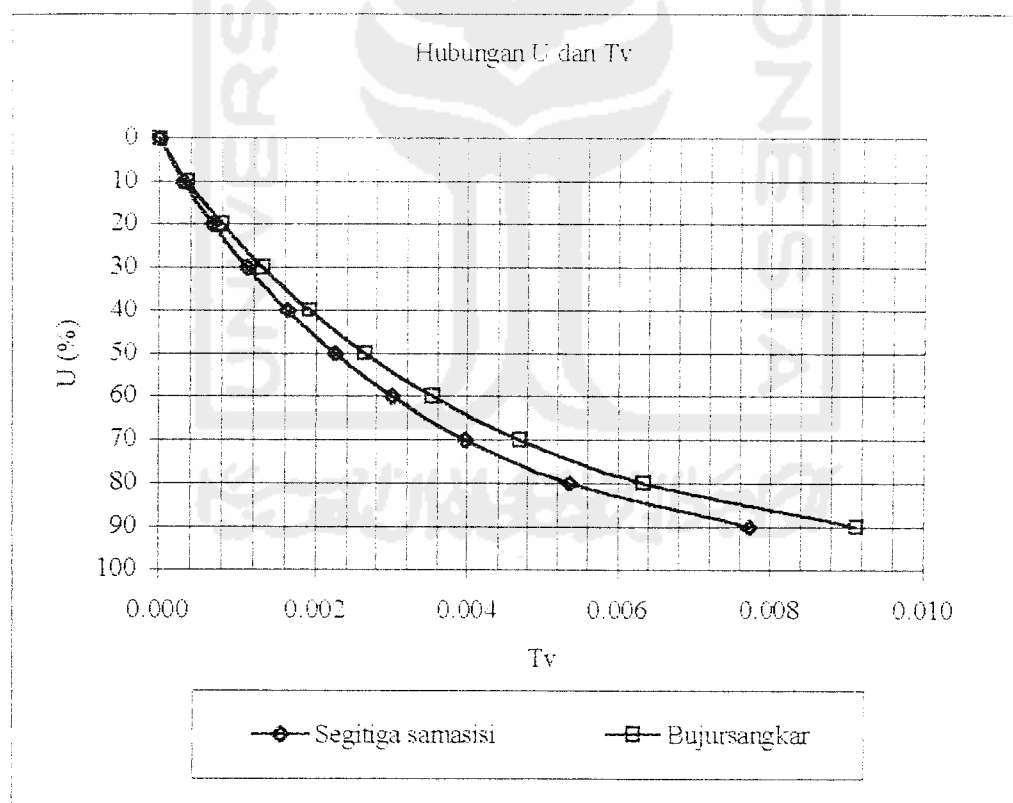
Dalam penggunaan drainase vertikal geotekstil ini dikenal dua faktor waktu konsolidasi yaitu:

1. Faktor waktu konsolidasi arah horisontal (T_r)
2. Faktor waktu konsolidasi arah vertikal (T_v)

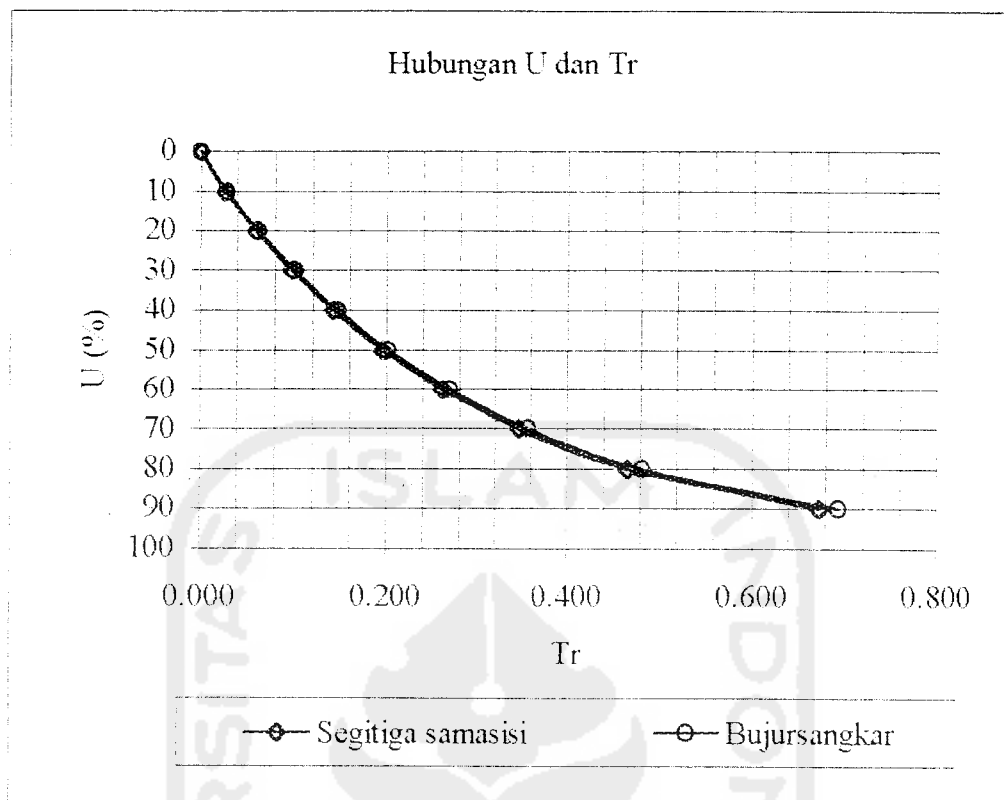
Untuk melihat gambaran dari T_r dan T_v yang terjadi pada penggunaan geotekstil ditunjukkan sebagai berikut ini.

a. Susunan Segitigasamasisi dan Bujur sangkar.

Grafik 6.6 dan 6.7 diperoleh dengan memplotkan data Tabel 5.11 dan Tabel 5.14 dengan $s=150$ cm dan $Ch/Cv=1.5$.

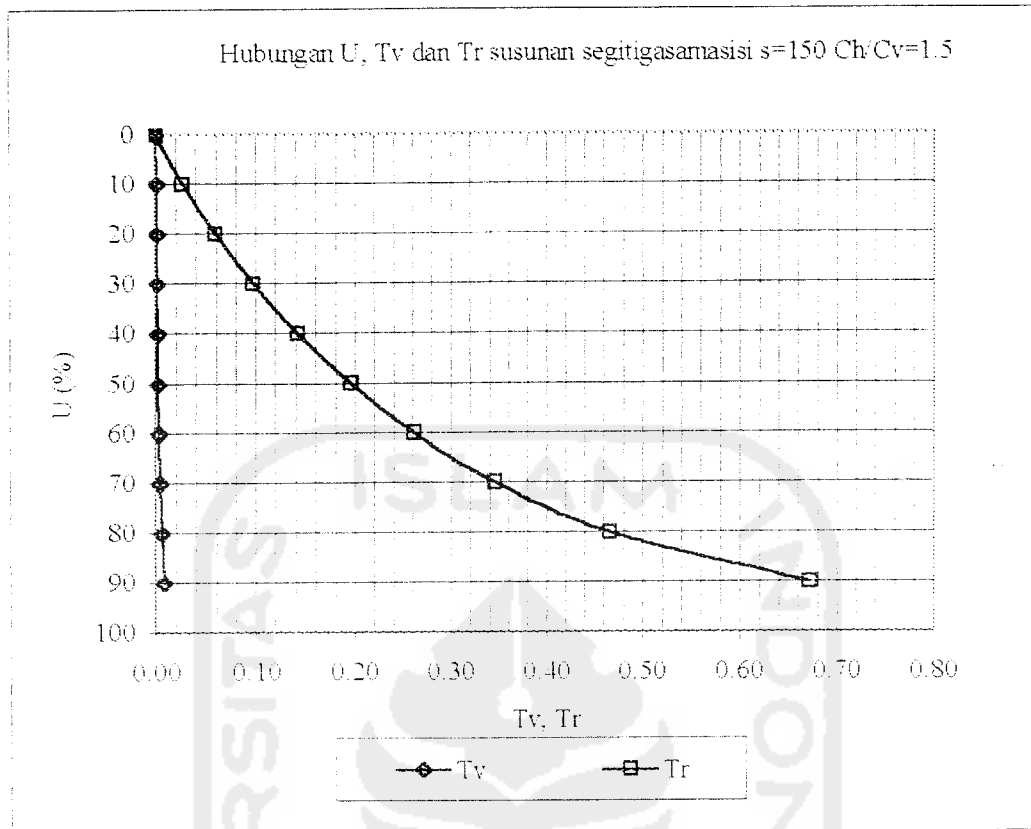


Grafik 6.6 Hubungan U dan T_v dengan susunan drainase vertikal berbeda



Grafik 6.7 Hubungan U dan Tr dengan susunan drainase vertikal berbeda

Dari kedua Grafik 6.6 dan Grafik 6.7, memperlihatkan bahwa faktor waktu dari susunan bujursangkar mempunyai nilai yang besar sehingga waktu konsolidasi lebih lama daripada susunan segitigasamasisi dalam mencapai derajat konsolidasi yang sama. Grafik Hubungan U, T_v dan Tr ditunjukkan Grafik 6.7 dengan data Tabel 5.10.



Grafik 6.8 Hubungan U, Tv dan Tr

Grafik 6.8 menunjukkan faktor waktu arah horisontal (T_r) lebih besar daripada faktor waktu arah vertikal (T_v) dalam mencapai proses konsolidasi dengan derajat konsolidasi tertentu dengan U_v dan U_r terjadi bersamaan (akibat adanya drainase vertikal geotekstil). T_r lebih besar dibandingkan T_v , tetapi karena jarak pengaliran arah horisontal (R) lebih pendek dibanding arah vertikal (H) U_r tetap lebih besar dari U_v .

6.3 Persentase Kecepatan Waktu Konsolidasi yang terjadi dengan Penggunaan Drainase Vertikal Geotekstil

Persentase yang diberikan ini erat berhubungan dengan susunan drainase vertikal ; rasio C_h/C_v tanah dan jarak antara drainase vertikal geotekstil. Dalam pembahasan ini digunakan data Tabel 5.4 untuk keadaan tanpa drainase vertikal, Tabel 5.10;5.11;5.12 untuk C_h/C_v yang berbeda, data Tabel 5.14 untuk susunan bujursangkar, Tabel 5.17 untuk susunan segitiga samasisi $s=100\text{cm}$ dan tabel 5.23 untuk susunan segitigasamasisi $s=200\text{cm}$. Pemilihan data tersebut diusahakan mendekati kondisi di lapangan. Data dari tabel-tabel tersebut menjadi tabel 6.1:6.2 dan Tabel 6.3 sebagai berikut ini.

Tabel 6.1 Persentase waktu konsolidasi dengan drainase vertikal geotekstil dan tanpa drainase vertikal geotekstil

U	Tanpa Geo t (tahun) (1)	Dengan Geo Δ t (tahun) (2)	Dengan Geo \square t (tahun) (3)	Persentase: $((2)/(1))*100\%$	Persentase: $((3)/(1))*100\%$
90	$9.26 \cdot 10^{-01}$	0.85417	1.0100	$9.23 \cdot 10^{-01}$	1.09
80	$6.19 \cdot 10^{-01}$	0.59167	0.7000	$9.56 \cdot 10^{-01}$	1.13
70	$4.40 \cdot 10^{-01}$	0.43917	0.5190	$9.99 \cdot 10^{-01}$	1.18
60	$3.09 \cdot 10^{-01}$	0.33167	0.3913	1.07	1.27
50	$2.14 \cdot 10^{-01}$	0.24833	0.2925	1.16	1.36
40	$1.37 \cdot 10^{-01}$	0.18042	0.2126	1.31	1.55
30	7.72	0.12375	0.1451	1.60	1.88
20	3.43	0.07500	0.0877	2.19	2.56
10	$8.58 \cdot 10^{-01}$	0.03333	0.0388	3.89	4.52
0	0	0.00000	0.0000	0.00	0.00

Tabel 6.1 menunjukkan bahwa untuk mencapai derajat konsolidasi tertentu, susunan segitigasamasisi membutuhkan waktu 0.923 % - 3.89 % dari waktu konsolidasi jika tanpa drainase vertikal geotekstil, dan 1.09% - 4.52% untuk susunan bujursangkar.

Tabel 6.2 Persentase waktu konsolidasi dengan Ch/Cv tertentu

U	t (tahun) Ch/Cv=1.0 (1)	t (tahun) Ch/Cv=1.5 (2)	t (tahun) Ch/Cv=2.0 (3)	Persentase: ((2)/(1))*100%	Persentase: ((3)/(1))*100%
90	1.26750	0.85417	0.64417	67.38988	50.82183
80	0.87750	0.59167	0.44750	67.42640	50.99715
70	0.64833	0.43917	0.33250	67.73779	51.28535
60	0.48833	0.33167	0.24992	67.91809	51.17747
50	0.36492	0.24833	0.18817	68.05207	51.56428
40	0.26500	0.18042	0.13708	68.08176	51.72956
30	0.18100	0.12375	0.09417	68.37017	52.02578
20	0.10917	0.07500	0.05750	68.70229	52.67176
10	0.04733	0.03333	0.02542	70.42254	53.69718
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Tabel 6.2 menunjukkan bahwa waktu konsolidasi pada Ch/Cv=1.5 membutuhkan waktu 67% - 70% dari Ch/Cv=1.0, sedangkan pada Ch/Cv=2.0 membutuhkan waktu 50% - 53% dari Ch/Cv=1.0 pada derajat konsolidasi masing-masing.

Tabel 6.3 Persentase waktu konsolidasi dengan susunan tertentu

U	t (tahun) (1)	t (tahun) (2)	Persentase: ((1)/(2))*100%
90	0.85417	1.0100	84.57096
80	0.59167	0.7000	84.52381
70	0.43917	0.5190	84.61785
60	0.33167	0.3913	84.77103
50	0.24833	0.2925	84.90028
40	0.18042	0.2126	84.86868
30	0.12375	0.1451	85.29581
20	0.07500	0.0877	85.55133
10	0.03333	0.0388	86.02151
0	0.00000	0.0000	0.0000

Tabel 6.3 menunjukkan bahwa susunan segitigasamasisi hanya membutuhkan waktu 84% - 86 % waktu yang dibutuhkan susunan bujursangkar pada derajat konsolidasi tertentu.

Tabel 6.4 Persentase waktu konsolidasi dengan jarak tertentu.

U	$\Delta s=100$ cm t (tahun) (1)	$\Delta s=150$ cm t (tahun) (2)	$\Delta s=200$ cm t (tahun) (3)	Persentase: $((2)/(1))*100\%$	Persentase: $((3)/(1))*100\%$
90	0.32333	0.85417	1.66667	264.1753	515.4639
80	0.22483	0.59167	1.15000	263.1579	511.4900
70	0.16750	0.43917	0.85000	262.1891	507.4627
60	0.12667	0.33167	0.63833	261.8421	503.9474
50	0.09525	0.24833	0.47583	260.7174	499.5626
40	0.06958	0.18042	0.34500	259.2814	495.8084
30	0.04800	0.12375	0.23417	257.8125	487.8472
20	0.02950	0.07500	0.14083	254.2373	477.4011
10	0.01333	0.03333	0.06083	250.0000	456.2500
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000

Tabel 6.4 menunjukkan bahwa drainase vertikal geotekstil berjarak $s=200$ waktu konsolidasi akan lebih lambat 456 % - 515 % terhadap drainase vertikal geotekstil berjarak $s=100$ cm demikian juga pada $s=150$ cm lebih lambat 250 %- 264 % pada derajat konsolidasi tertentu.

6.3 Data Pendukung

6.3.1 Sifat Fisik Tanah Asli

Dari hasil penelitian terhadap sifat fisik tanah asal Kasongan dapat disimpulkan beberapa karakteristik tanah Kasongan sebagai berikut ini:

Berdasarkan plastisitasnya, dengan $IP = 74,412\%$, maka tanah Kasongan menurut kriteria Atterberg tergolong tanah yang sangat plastis. Batas cair tanah mencapai $110,626\%$, dari hasil analisa butiran lebih dari $50,0379\%$ tanah lolos saringan no. 200, maka menurut AASHTO lempung Kasongan termasuk klasifikasi tanah lempung kelompok A-7-5. Menurut klasifikasi Sistem Unified tanah Kasongan termasuk kelompok CH, yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi. Tanah kelompok ini tidak baik digunakan sebagai tanah dasar ("sub grade") atau pondasi.

BAB VI

PEMBAHASAN

Pokok pembahasan meliputi pembahasan konsolidasi tanah dengan menggunakan drainase vertikal geotekstil. Pada penggunaan drainase vertikal geotekstil ini ditinjau dalam susunan yang berbeda yaitu susunan segitiga samasisi dan bujursangkar dengan perbandingan rasio $C_h/C_v = 1,0; 1,5; \text{ dan } 2,0$ serta jarak antara drainase vertikal geotekstil (s) = 100, 150 dan 200 cm. Untuk data pendukung diambil tanah yang berasal dari Kasongan, Bantul, Yogyakarta, dengan pembahasan meliputi sifat fisik dan mekanik tanah dengan penelitian dititik beratkan pada konsolidasi tanah tersebut.

6.1 Waktu Konsolidasi

Hal-hal yang berpengaruh terhadap waktu konsolidasi dalam proses konsolidasi tanah yang berkaitan dengan penggunaan drainase vertikal geotekstil ditunjukkan oleh pembahasan berikut ini.

a. Dengan drainase vertikal geotekstil dan tanpa drainase vertikal geotekstil

Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa konsolidasi tanah lempung tanpa menggunakan drainase vertikal geotekstil, akan berlangsung sangat lama dengan derajat konsolidasi tertentu. Hal tersebut dapat dilihat Grafik 6.1 dari hasil

Berdasarkan tekstur tanah, dari gambar kurva distribusi butiran, diketahui lempung Kasongan terdiri dari 10,475% pasir, 39,4805% lumpur, dan 50,0379% lempung. Klasifikasi tanah menurut USDA pada Gambar 2.2 menunjukkan tanah Kasongan adalah tanah lempung.

Indeks plastisitas merupakan interval kadar air di mana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastis menunjukkan sifat keplastisan tanahnya. Tanah pada daerah Kasongan memiliki indeks plastis sebesar 74,412 %, menunjukkan tanah pada daerah Kasongan memiliki sifat plastisitas tinggi, jenis tanahnya lempung dan merupakan tanah kohesif. Batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah, dan kohesinya diberikan oleh Atterberg terdapat dalam Tabel 2.6. Berdasarkan pengujian laboratorium tanah pada daerah Kasongan memiliki aktivitas (A) sebesar:

$$A = \frac{PI}{C}$$

$$A = \frac{74,412}{50,0379}$$

$$A = 1,4871$$

Dari Tabel 2.5 diketahui mineral lempung tanah Kasongan adalah jenis montmorillonite.

Dari harga batas Atterberg untuk mineral lempung dengan karakteristik tanah, yaitu batas cair = 111,526%, batas plastis = 37,11375 %, dan batas susut = 12,526%, diketahui dari Tabel 2.7 mineral lempungnya adalah montmorillonite.

3. Dari susunan drainase vertikal geotekstil yang berbeda menunjukkan bahwa susunan segitigasamasisi hanya membutuhkan waktu 84% - 86% waktu yang dibutuhkan susunan bujursangkar pada derajat konsolidasi tertentu.
4. Dari variasi jarak antara drainase vertikal geotekstil dengan $s = 200$ cm waktu konsolidasi akan lebih lambat 456 % - 515 % terhadap drainase vertikal geotekstil berjarak $s = 100$ cm demikian juga pada $s = 150$ cm lebih lambat 250 % - 264 % pada derajat konsolidasi tertentu.
5. Nilai $n=R/r$ dapat menunjukkan bahwa suatu drainase vertikal memberikan waktu konsolidasi lebih cepat dari diameter drainase vertikal yang berbeda-beda. Nilai n semakin kecil maka konsolidasi berlangsung dalam waktu yang cepat. Apabila nilai n diambil suatu harga yang ekstrim, yaitu nilai R kecil berarti jarak aliran pendek dan nilai r besar yang berarti penampang untuk masuknya air pori besar maka akan memberikan waktu konsolidasi yang lebih cepat dengan didukung oleh kemampuan mengalirkan air (kapasitas debit) yang besar dari drainase vertikal.
6. Penggunaan "sand blanket" untuk susunan segitiga lebih tebal dari susunan bujursangkar. Secara umum jika waktu konsolidasi berlangsung cepat maka air pori yang keluar dalam jumlah yang banyak sehingga memerlukan media untuk mengalirkannya yaitu "sand blanket" yang menjadi semakin tebal pula. Fungsi dari "sand blanket" pada Proyek Jalan Lingkar Utara Semarang dapat disimpulkan lebih dominan sebagai beban timbunan.

7.2 Saran-saran

Dari hasil analisis ini, disampaikan saran-saran untuk kesinambungan penelitian. Saran-saran tersebut sebagai berikut ini.

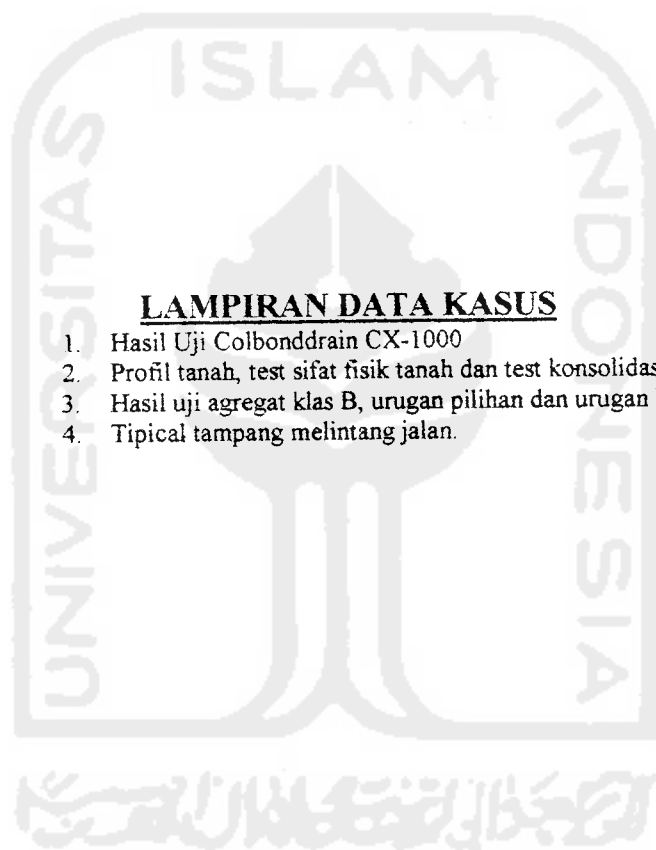
1. Penyelesaian persamaan untuk mencari waktu konsolidasi dengan metode "trial and error" dengan menggunakan "Microsoft Excel 97" akan memerlukan waktu yang relatif lama sehingga perlu dibuat suatu program komputer, dengan program tersebut untuk menghitung waktu konsolidasi yang memiliki berbagai variasi parameter menjadi lebih cepat dan akurat.
2. Perlunya perbandingan antara penggunaan drainase vertikal pasir dengan drainase vertikal geotekstil baik dalam hal waktu konsolidasinya, kemungkinan penerapan di lapangan dan kemampuan menahan gaya lateral dari tanah.
3. Penentuan nilai C_h yang akurat perlu diteliti lebih lanjut karena untuk jenis tanah tertentu dengan kedalaman tertentu sangat mungkin berbeda.
4. Penggunaan sistem prabeban "preloading" dengan penggabungan penggunaan drainase vertikal geotekstil atau drainase vertikal yang lain dapat diteliti karena waktu konsolidasi yang akan dicapai menjadi relatif lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 1995. **PANDUAN PRAKTIKUM MEKANIKA TANAH I**, Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
2. Bowles, J.E. 1986. **SIFAT-SIFAT FISIS DAN GEOTEKNIS TANAH (Mekanika Tanah)**, Penerbit Erlangga, Jakarta.
3. Braja M. Das, 1988. **MEKANIKA TANAH (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1**, Penerbit Erlangga, Jakarta.
4. Craig R. F, 1991. **MEKANIKA TANAH**, Penerbit Erlangga, Jakarta.
5. Dunn I.S. Anderson L.R. dan Kiefer F.W. 1992. **DASAR-DASAR ANALISIS GEOTEKNIK**, Terjemahan dicetak IKIP Semarang press, Semarang.
6. G.Djatmiko Soedarmo dan S.J. Edy Purnomo, 1993. **MEKANIKA TANAH 2**, Penerbit Kanisius, Malang.
7. Hary Cristady Hardiyatmo, 1994. **MEKANIKA TANAH 1 dan 2**, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
8. Koerner R. M., 1985, "CONSTRUCTION AND GEOTECHNICAL METHODS IN FOUNDATION ENGINEERING", Penerbit McGraw Hill Book Co., Singapore.
9. Nakazawa K., 1983, **MEKANIKA TANAH DAN TEKNIK PONDASI**, Penerbit PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.
10. Nurtjahjo S.P. dan Sutejo I.S, 1997, **MEKANISME GESEKAN ANTARA GEOSINTETIK DENGAN TANAH KOHESIF BERDASAR UJI TRIAKSIAL**, Tugas Akhir.
11. Pranoto Aji S. dan Mulyana S, 1994, **GEOTEKSTIL SEBAGAI ELEMEN STRUKTURAL PADA KONSTRUKSI JALAN**, Tugas akhir.
12. Wesley L. D., **MEKANIKA TANAH**, 1977, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

13. _____, 1996, **BROSUR GEOSINTETIK DAN HAND OUT GEOSINTETIK**, PT. Trisigma Indonusa, Jakarta.
14. _____, 1989, **BROSUR COLBONDDRAIN**, PT. Tetrasa Geosinindo, Ungaran.
15. _____, 1984, **SOAL PENYELESAIAN MEKANIKA TANAH**, Tim Penerbitan Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.





LAMPIRAN DATA KASUS

1. Hasil Uji Colbondrain CX-1000
2. Profil tanah, test sifat fisik tanah dan test konsolidasi tanah 2+500
3. Hasil uji agregat klas B, urugan pilihan dan urugan biasa
4. Typical tampang melintang jalan.



DEPARTEMEN PERINDUSTRIAN DAN PERDAGANGAN R.I
 INSTITUT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI DAN PERDAGANGAN
 BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI TEKSTIL
 Jalan Jendral A. Yani 390 Telp. 706214 (Hunting) Fax. 022 - 771288 Bandung 40272

ASLI
 LAPORAN UJI
 No. 421/EV/IV/97

KEPADA :
 DEP. PU. KANWIL PROPINSI JATENG
 PROYEK PENINGKATAN JALAN DAN PENGGANTIAN
 JEMBATAN PROP. JATENG
 JL. MURBEI SRONDOL WETAN
 SEMARANG 50235
 FAX. 471723

1 No. 1605/BPPIP/BBT/V/97 Type : Pon/Kr
 : 421/EV/IV/97 Contoh : 1(satu) contoh vertical
 : Surat fibre drain
 : PW.03.01-PJJ/Jateng Kondisi : Normal
 : IV/97/16 Diterima tanggal : 28-4-1997
 : 26-4-1997

Jenis uji	Hasil uji	Cara Uji
anda contoh	Colbon drain CX 1000	Contoh diserahkan oleh rekanan
ebal, mm	5,3	ASTM D.5199-91
erat kain/m ² , g	76,7	Pada tek.: 4,9 kPa ASTM D.3776-90
ebat kain, cm	9,6	ASTM D.3774-89
ater permeability (filter jacket), /m ² /dt.		Cara ICI dengan beban 10 kg
Pada tekanan kolom air 10 cm	135	
CV	4,4 %	
ffective opening size (filter jacket)*		ASTM D.4751-95
Q ₅₇ , mikron	106	
CV	3,3 %	
Q ₉₅ , mikron	125	
CV	29,8 %	
verage quantity of water discharge fter being compressed under 350 kPa (Q), m ³ /sec.*	97 x 10 ⁻⁶	ASTM D.4716-87
enis serat (filter jacket)	Poliester 100 % (non woven)	ASTM D.276-93

C O N T O H :

tidak termasuk ruang lingkup yang diakreditasi NATA.

san :
 sip

BANDUNG, 2 MEI 1997

PENGUJIAN TEKSTIL
 BESAR TEKSTIL
 AJER TEKNIK

OKAY HUKAESIH
 IP.09N006552



SOIL PROFIL

Project : JALAN ARTERI
 Location : STA 2 + 500
 Sample Code :
 Elevasi : 1,714

Date: 11-06-19 97

Depth (m)	GWL	Soil Description
±0.00		
-0.10		Urugan pasir campur tanah butir kasar (coklat tua)
-0.75		
-1.00		Lanau kelepungan lunak sedikit pasir halus (abu-abu)
-1.75		
-2.00		Lanau kelepungan lunak (abu-abu muda)
-3.00		
-3.50		
-4.00		Lanau kelepungan lunak (abu-abu)
-4.75		
-5.00		Lanau lunak bercampur sedikit lempung (abu-abu)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO

SOIL TEST

Project : JALAN ARTERI II
Location : Kalibanteng - Pelabuhan
Semarang

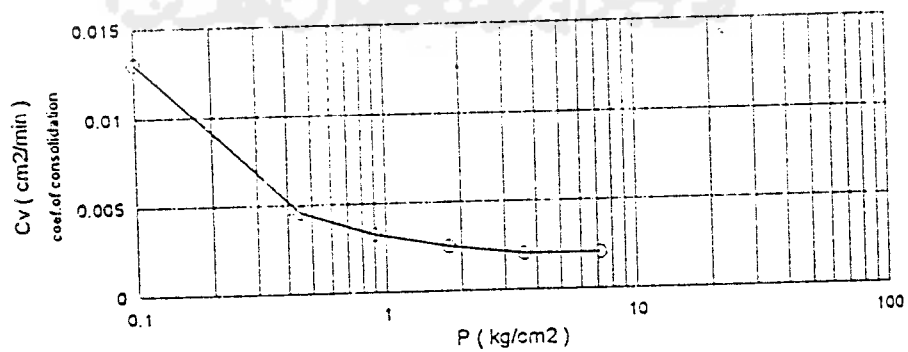
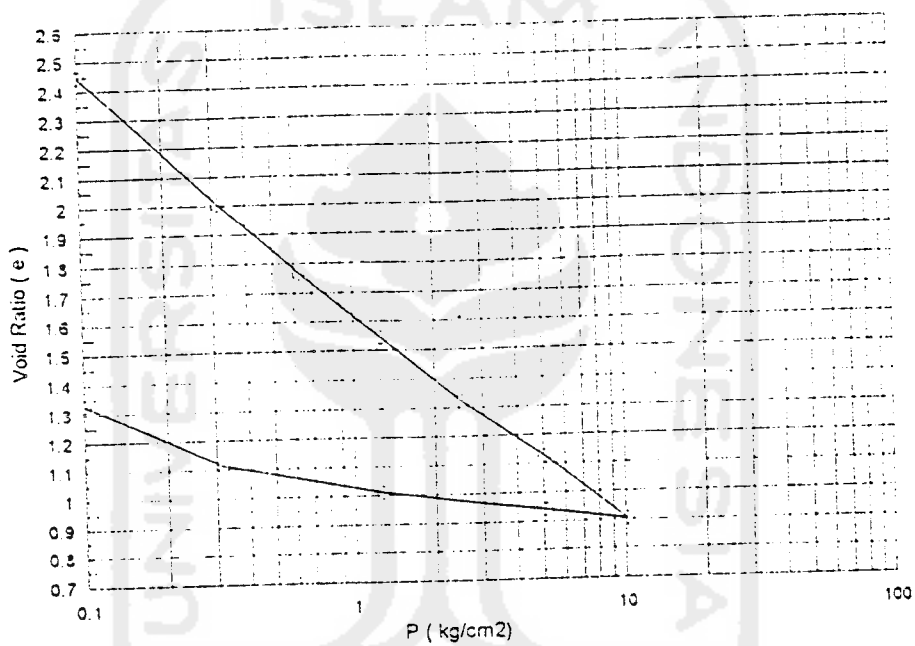
NO	Boring No	Sample Code	Depth (m)	Water Content (sw) %	Spreads Capacity of Soil (Gs)	Unit weight γ g/cm ³	Unit Weight		Void Ratio (n)
							By Unit Weight γ g/cm ³	Sub Unit Weight γ_{sub} g/cm ³	
1	STA. 1 + 450		-1.50	64.00	2.4419	1.5626	0.9528	0.5626	00.00
2			-2.00	61.32	2.5245	1.5983	0.9900	0.5983	60.75
3			-3.00	51.87	2.5506	1.6675	1.0980	0.6075	50.05
4			-4.00	59.78	2.5065	1.6030	1.0032	0.6030	59.98
5			-5.00	43.21	2.4628	1.7086	1.1931	0.7086	51.56
6	STA. 2 + 500		-1.00	96.01	2.5103	1.4429	0.7361	0.4429	70.68
7			-2.00	95.47	2.4867	1.4406	0.7370	0.4406	70.36
8			-3.00	87.41	2.4225	1.4563	0.7770	0.4563	67.92
9			-4.00	102.93	2.4533	1.4123	0.6959	0.4123	71.63
10			-5.00	103.43	2.4615	1.4122	0.6942	0.4122	71.80



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

CONSOLIDATION TEST

PROYEK : JALAN ARTERI UTARA TEAM : LMT - FT - UNDIP
LOKASI : Kalibanteng-Banjir Kanal Barat Semarang
BORING NO : STA. 2 + 500 depth : - 4,00 meter



$$C_c = 0.6490$$



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

PROYEK JALAN ARTERI UTARA
Kalibanteng-Sarjiti Kanal Barat Semarang
BORING NO STA. 2 + 500 depth : -4,00 meter

CONSOLIDATION TEST

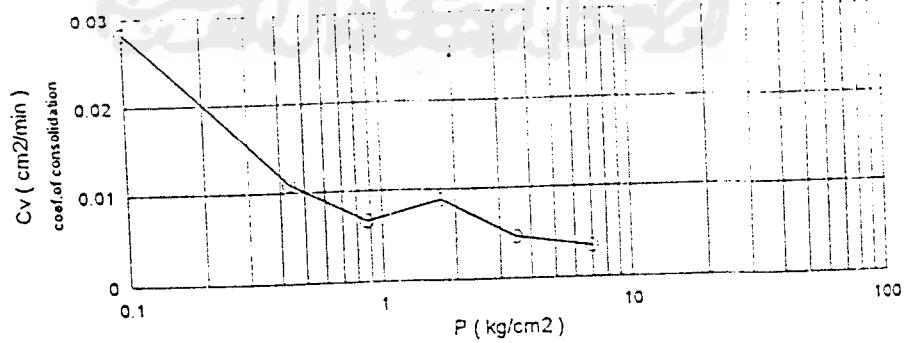
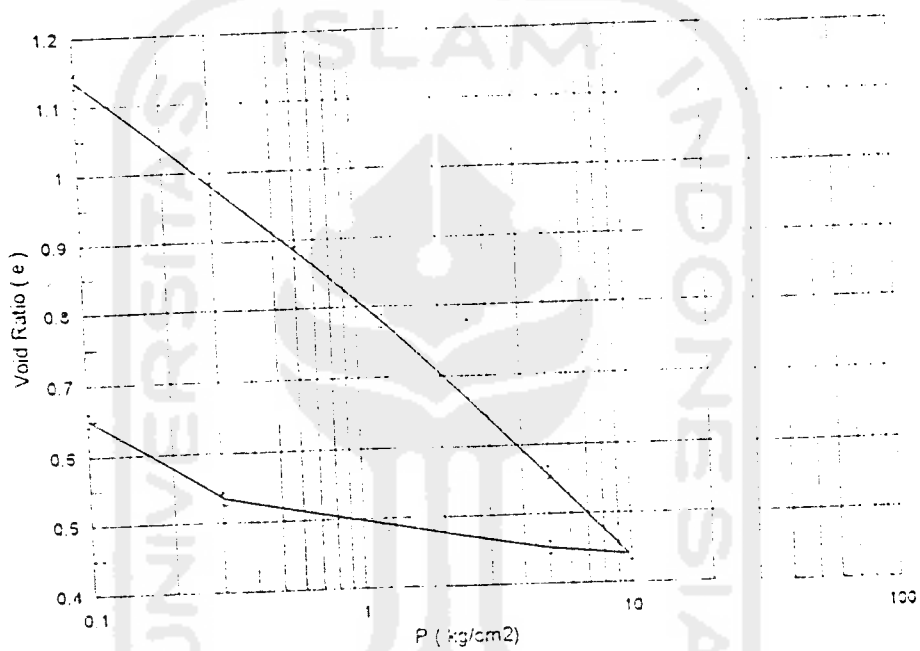
P (kg/cm ²)	p (kg/cm ²)	df (10 ⁻³)cm	d (10 ⁻³)cm	h (cm)	h' (cm)	i %	Mv (cm ² /kg)	A (cm ²)	Wd (gram)	hc (cm)	f	e
0	0	0	256.3	2	1.87185	13.6523	0.4336	31.67	45.10	0.5805	3.4455	2.4455
0.3158	0.3158	256.3	137.5	1.6052	1.5417	8.3674	0.2600		3.0040		3.0040	2.3040
0.6315	0.3157	393.8	129	1.4772	1.4122	9.2055	0.0729		2.7671		2.7671	1.7671
1.2631	1.263	522.8	130	1.3472	1.2905	6.7373	0.0348		2.5448		2.5448	1.5448
2.5261	2.5261	652.6	113.4	1.2338	1.1691	11.0683	0.0219		2.3209		2.3209	1.3209
5.0522	5.0522	766.2	129.4	1.1044	1.1152	-1.93657231	0.0038		2.1255		2.1255	1.1255
10.1044	-5.0522	855.6	-21.6	1.128	1.1467	-3.61036016	0.0095		1.9026		1.9026	0.9026
5.0522	-3.7891	374	-41.4	1.1874	1.1937	-4.85579953	0.0517		1.9398		2.0111	1.0111
1.2631	-0.9473	832.6	-56.6	1.226	1.28845	-9.69361815	0.3070		2.1121		2.1121	1.1121
0.3158	-0.3158	774	-124.9	1.3509					2.3273		2.3273	1.3273
P (kg/cm ²)	p' (kg/cm ²)	0.348(H _v) ^{1/2}	t min	cv	cs	α0	d'	d'	df	d'/df	Cv	k
0	0.0000	0.7428	6.25	39.0525	0.0190	1.78	0.2	1.7556	2.563	0.6850	0.013025	5.647E-06
0.3158	0.4466	0.5948	5.8	33.64	0.0177	3.51	2.59	1.0222	3.938	0.2596	0.004589	1.193E-06
0.6315	0.8931	0.5039	5.1	26.01	0.0194	4.765	3.97	0.8333	5.228	0.1690	0.003273	4.336E-07
1.2631	1.7863	0.4228	4.8	23.04	0.0184	6.09	5.28	0.9000	6.528	0.1379	0.002530	1.844E-07
2.5261	3.5724	0.3531	4.3	18.49	0.0191	7.3	6.56	0.8222	7.662	0.1073	0.002049	7.128E-08
5.0522	7.1449	0.2898	3.4	11.56	0.0251	8.36	7.7	0.7333	8.956	0.0819	0.002052	4.496E-08
10.1044								0.51				2.4533

$$C_v = \frac{0.848 d^2}{t_{90}} \quad (\text{Mekton RF CRAIG VOL 243})$$



CONSOLIDATION TEST

PROYEK : JALAN ARTERI UTARA TEAM : LMT - FT - UNDIP
LOKASI : Kalibanteng-Banjir Kanal Barat Semarang
BORING NO : STA. 2 + 500 depth : - 5,00 meter



$C_c = 0.3794$



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

PROYEK JALAN ARTERI UTARA
LOKASI Kalibanteng-Banjir Kanal Barat Semarang
SCRING NO STA. 2 + 500 depth : - 5,00 meter

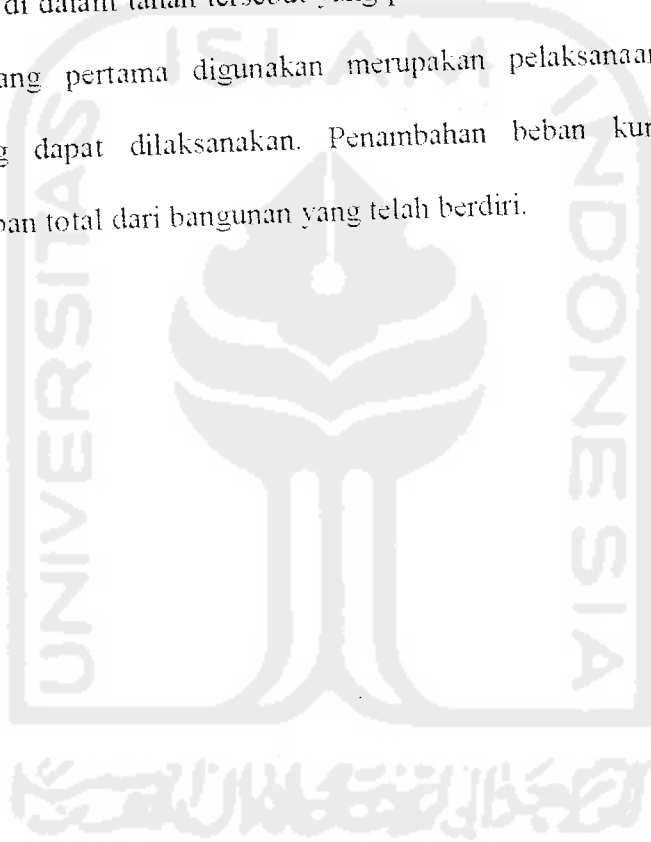
CONSOLIDATION TEST

P (kg/cm ²)	p (kg/cm ²)	df (10 ⁻³)cm	d (10 ⁻³)cm	h (cm)	h' (cm)	t %	Mv (CM ² /KG)	A (cm ²)	Wd (gram)	hs (cm)	f (cm ² /min)	e
0	0	0	150.2	1.8498	1.9249	7.8030	0.2542	32.57	75.90	0.9359	2.1370	1.1370
0.307	0.307	150.2	89.4	1.7604	1.8051	4.9526	0.1613		1.9765			0.9765
0.614	0.614	239.6	95	1.6654	1.7129	5.5461	0.0903		1.8810			0.8810
1.228	1.228	334.6	99.1	1.5663	1.6156	6.1330	0.0499		1.7795			0.7795
2.456	2.456	433.7	105.9	1.4594	1.5128	7.0661	0.0288		1.6736			0.6736
4.912	4.912	543.6	110.8	1.4594	1.404	7.8917	0.0161		1.5594			0.5594
9.824	9.824	651.4	-9.6	1.3486	1.3534	-0.70932466	0.0014		1.4410			0.4410
4.912	4.912	641.8	-37.6	1.3582	1.377	-2.73057371	0.0074		1.4512			0.4512
1.228	1.228	604.2	-40.2	1.3958	1.4159	-2.83918356	0.0308		1.4914			0.4914
0.307	0.307	564	-109.5	1.436	1.49075	-7.34529599	0.2393		1.5344			0.5344
0	0	451.5	154.55	1.5455	1.49075	-7.34529599	0.2393		1.6514			0.6514
P (kg/cm ²)	p' (kg/cm ²)	0.848/(v/2) ²	t min	1.93	cv	dv0	d0	d'	df	d/df	Cv	k (cm/min)
0	0	0.7855	4.2	17.64	0.0415	1.04	0.18	0.9555	1.502	0.6362	0.028330	7.201E-06
0.307	0.4342	0.6908	3.8	14.44	0.0478	2.04	1.55	0.5414	2.386	0.2272	0.010870	1.754E-06
0.614	0.8683	0.6220	4.2	17.64	0.0353	3.02	2.45	0.6333	3.346	0.1893	0.006674	6.029E-07
1.228	1.7367	0.5535	2.8	7.84	0.0705	3.9	3.41	0.5414	4.337	0.1255	0.008863	4.426E-07
2.456	3.4733	0.4852	3.75	14.0625	0.0345	5.05	4.4	0.7222	5.405	0.1306	0.004610	1.326E-07
4.912	6.9466	0.4179	3.7	13.69	0.0305	6.115	5.455	0.7333	6.514	0.1126	0.003437	5.521E-08
9.824												

Gs = 2.4967

6.3.2 Sifat Mekanik Tanah

Dari Tabel 5.30 dapat dilihat bahwa nilai koefisien konsolidasi (C_v) akan turun demikian juga koefisien permeabilitas (k) tanah juga akan turun sesuai dengan bertambahnya beban (ΔP). Hal tersebut terjadi karena tanah telah menjadi lebih padat oleh karena beban yang pertama bekerja sehingga terjadi pengurangan rongga pori/air di dalam tanah tersebut yang proses ini disebut konsolidasi tanah. Jadi beban yang pertama digunakan merupakan pelaksanaan pekerjaan di lapangan yang dapat dilaksanakan. Penambahan beban kumulatif terakhir merupakan beban total dari bangunan yang telah berdiri.



BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis penggunaan drainase vertikal geotekstil pada tanah kohesif dengan beberapa variasi susunan, rasio Ch/Cv dan jarak antara drainase vertikal dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran yang akan disampaikan untuk kesinambungan penelitian Tugas akhir ini.

7.1 Kesimpulan

Dari analisis perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan drainase vertikal geotekstil memberikan waktu yang relatif lebih pendek pada derajat konsolidasi tertentu dengan hasil adalah 0.923 % - 3.89 % (susunan segitigasamasisi) dari waktu konsolidasi jika tanpa drainase vertikal geotekstil, dan 1.09% - 4.52% (susunan bujursangkar).
2. Rasio Ch/Cv semakin besar maka waktu konsolidasi semakin cepat. Pada $Ch/Cv=1.5$ membutuhkan waktu 67% - 70% dari $Ch/Cv=1.0$, sedangkan pada $Ch/Cv=2.0$ membutuhkan waktu 50% - 53% dari $Ch/Cv=1.0$ pada derajat konsolidasi masing-masing.

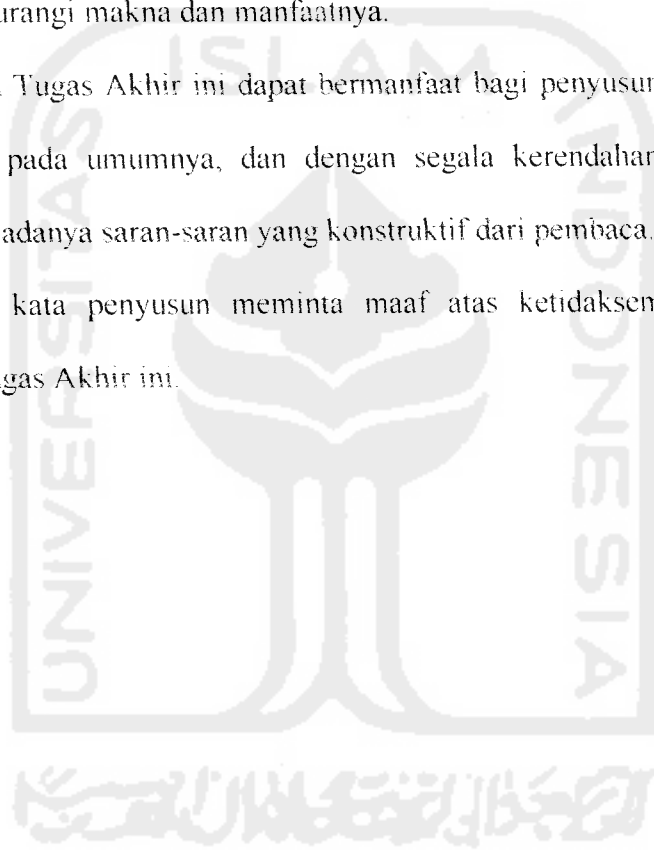
PENUTUP

Syukur Alhamdulillah penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT, karena hanya dengan rahmat-Nyalah penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, namun demikian penyusun berusaha menyelesaikan Tugas Akhir ini tanpa mengurangi makna dan manfaatnya.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan bagi pembaca pada umumnya, dan dengan segala kerendahan hati penyusun mengharapkan adanya saran-saran yang konstruktif dari pembaca.

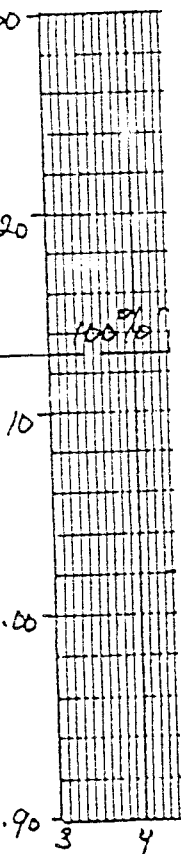
Akhir kata penyusun meminta maaf atas ketidaksempurnaan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.





Lampiran 3

Pekerja
Jenis m
Sumber
Konstr

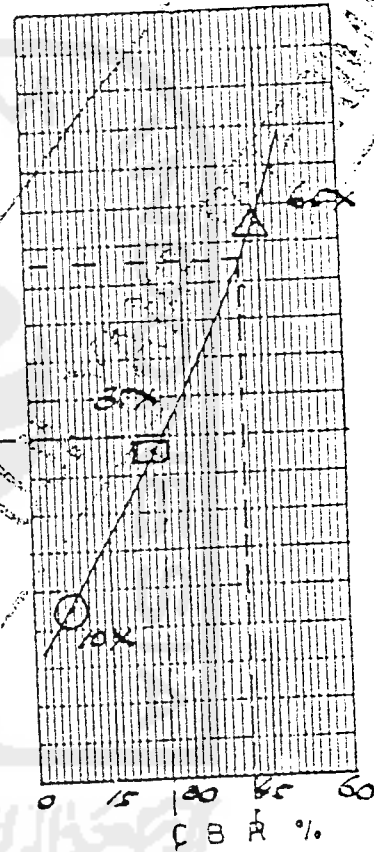
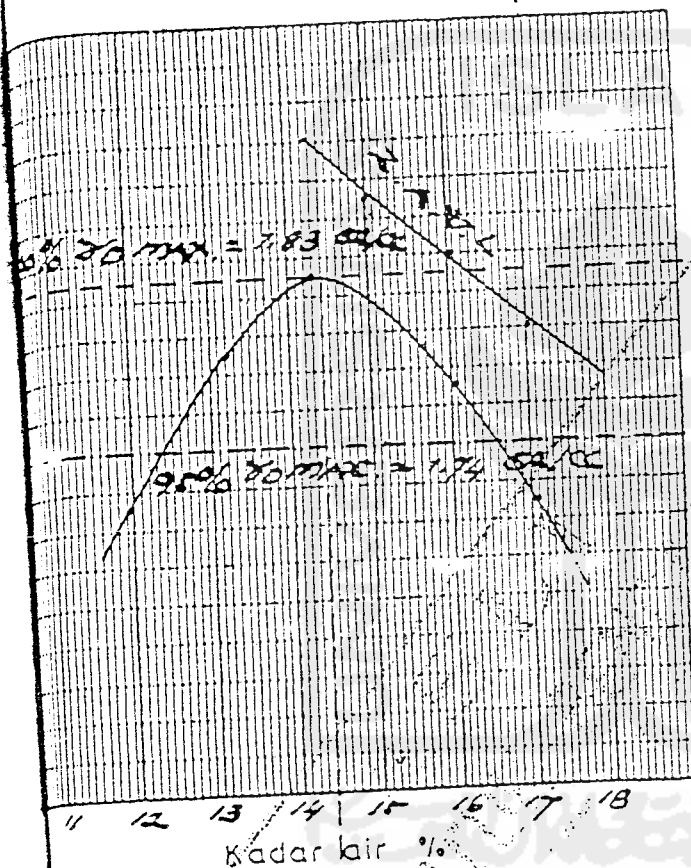


Cara
Berat
Kadar
 γ_D max
95% γ_D
CBR
CBR 1

Pekerjaan : ...
 Jenis material : ...
 Sumber material : ...
 Instruksi : ...

Dikerjakan : ...
 Diperiksa : ...

PENENTUAN NILAI KEPADATAN DAN CBR
 (PB.0111-0112-0113 - 75)



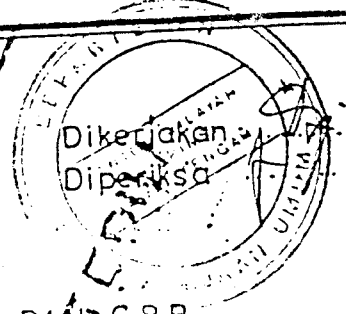
γ pemadatan	MODIFIED	
γ jenis	2.60	t/m ³
Kadar air optimum	14.40	%
γ Dmax	1.83	t/m ³
γ Dmax	1.74	t/m ³
R 95% γ Dmax	25.50	%
R 100% γ Dmax	55.00	%

KLASIFIKASI TANAH - A24
 (RAGI DAN REKIL JANG -
 RELAPALAN DRY KELETT -
 PUNGGY)

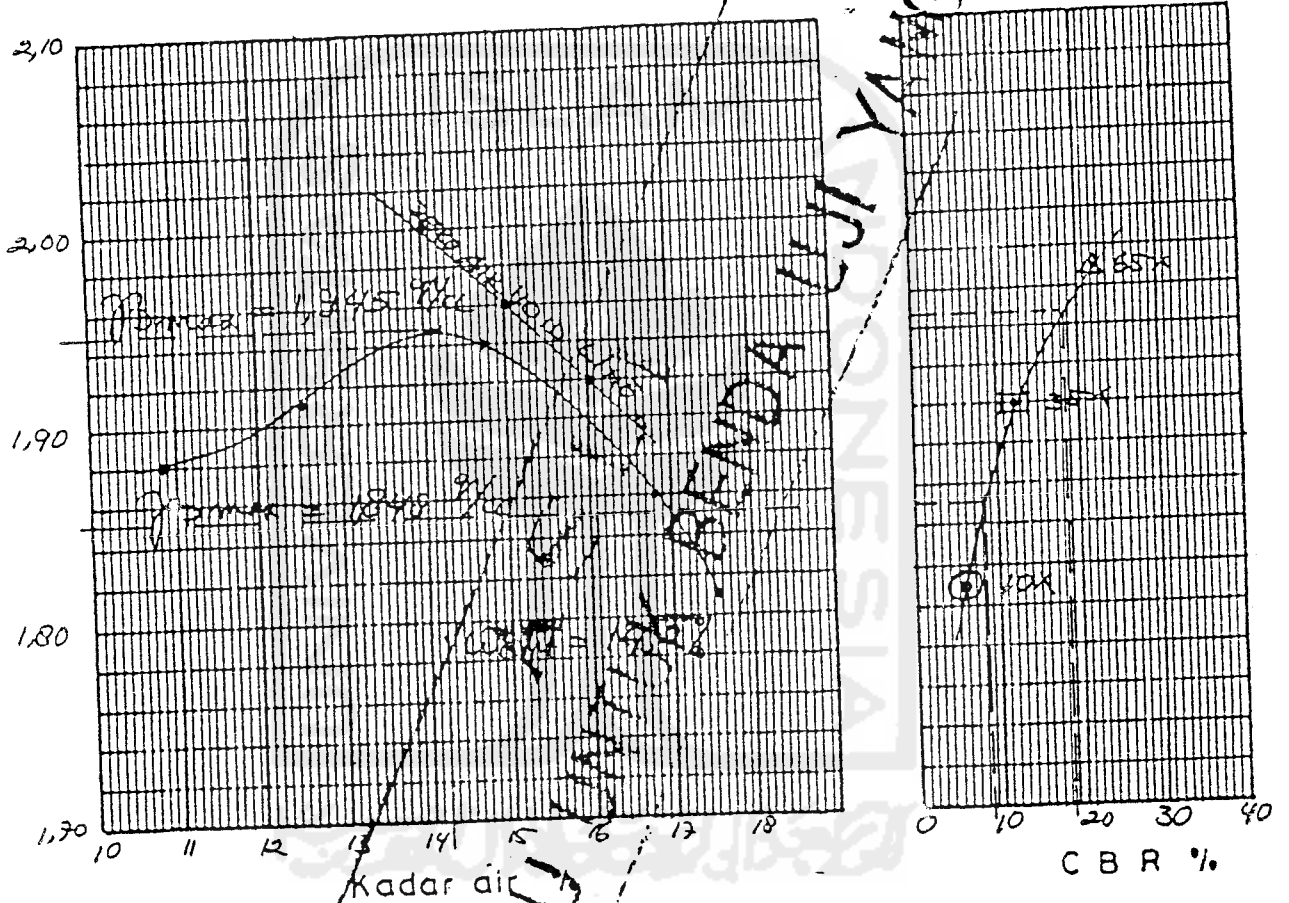


DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
KANTOR WILAYAH PROPINSI JAWA TENGAH
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN PEKERJAAN UMUM
JL. MURBEI I TIMUR SRONDOL WETAN SEMARANG 50255 Telp 471705

Pekerjaan : LINGKAR UTARA SMS SEKSI I
Jenis material : TANAH.....
Sumber material: EX. NEALIAN..
Konstruksi : URUGAN.....



PENENTUAN NILAI KEPADATAN DAN CBR
(PB.0111-0112-0113 - 76)



Kadar air :

Cara pemadatan : .. MODIFIED

Berat jenis : 2,78 t/m³

Kadar air optimum : 14,2 %

γD_{max} : 1,945 t/m³

95% γD_{max} : 1,848 t/m³

CBR 95% γD_{max} : 8,50 %

CBR 100% γD_{max} : 18,50 %

HANYA BERLAKU

LIJI YANG DITELUSUR



LAMPIRAN DATA LABORATORIUM

5. Sifat-sifat fisik Tanah
6. Hasil uji konsolidasi tanah

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BATAS SUSUT TANAH BERAT JENIS SUDAH DIKETAHUI

Proyek : Tugas Akhir Dikerjakan : Romb. Ariet & Candia
 Lokasi : Kasongan Nama No. Mhs.
 No. Titik : 1
 Kedalaman : 1,0 m
 Tanggal : 13 Juni 1998
 1.
 2.
 3.
 4.

$G_s = 2,49$

1.	No. percobaan		I	II
2.	Berat cawan + tanah kering	W3 gram	50,21	50,3
3.	Berat cawan susut	W1 gram	38,78	38,83
4.	Berat cawan + tanah basah	W2 gram	61,59	61,55
5.	Berat tanah kering	W3 - W1 gram	11,43	11,47
6.	Berat air raksa yang terdesak oleh tanah kering + gelas ukur	W4 gram	113,515	112,62
7.	Berat gelas ukur	W5 gram	33,08	33,08
8.	Berat air raksa	W4 - W5 gram	80,435	79,54
9.	Volume tanah kering	$V^o = \frac{W4 - W5}{13,60} \text{ Cm}^3$	5,958	5,848
10.	Batas susut tanah $SL = \left(\frac{V^o}{W^o} - \frac{1}{G} \right) 100 \%$		11,965	10,825

SL rata-rata : 11,3950

Yogyakarta, _____



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BATAS SUSUT TANAH BERAT JENIS SUDAH DIKETAHUI

Proyek : Tugas Akhir Dikerjakan : Romb. Arlet & Candra .
Lokasi : Kasongan Nama No. Mhs.
No. Titik : 1 1.
Kedalaman : 1,0 m 2.
Tanggal : 12 Juni 1998 3.
..... 4.

$G_s = 2,149$

1.	No. percobaan		I	II
2.	Berat cawan + tanah kering	W3 gram	48,84	49,285
3.	Berat cawan susut	W1 gram	38,86	38,83
4.	Berat cawan + tanah basah	W2 gram	60,34	61,470
5.	Berat tanah kering	W3 - W1 gram	9,98	10,425
6.	Berat air raksa yang terdesak oleh tanah kering + gelas ukur	W4 gram	104,6	108,9
7.	Berat gelas ukur	W5 gram	33,71	33,71
8.	Berat air raksa	W4 - W5 gram	70,89	75,19
9.	Volume tanah kering	$V^o = \frac{W4 - W5}{13,60} \text{ Cm}^3$	5,2125	5,53
10.	Batas susut tanah $SL = \left(\frac{V^o}{W^o} - \frac{1}{G} \right) 100 \%$		12,068	12,885

SL rata-rata : 12,4765

Yogyakarta, _____



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BATAS SUSUT TANAH BERAT JENIS SUDAH DIKETAHUI

Proyek : Tugas Akhir Dikerjakan : Romb. Arref & Cahiz
 Lokasi : Kasongan Nama :
 No. Titik : 1 1.
 Kedalaman : 1,0 m 2.
 Tanggal : 07 Juni 1998 3.
 4.

$$G = 2,49$$

1.	No. percobaan		I	II
2.	Berat cawan + tanah kering	W3 gram	49,585	48,92
3.	Berat cawan susut	W1 gram	38,860	38,780
4.	Berat cawan + tanah basah	W2 gram	61,28	60,83
5.	Berat tanah kering	$W_0 = W3 - W1$ gram	10,725	10,14
6.	Berat air raksa yang terdesak oleh tanah kering + gelas ukur	W4 gram	113,05	13,212
7.	Berat gelas ukur	W5 gram	33,745	33,71
8.	Berat air raksa	$W4 - W5$ gram	79,305	73,60
9.	Volume tanah kering	$V = \frac{W_0 - W5}{13,60}$ Cm ³	5,8313	5,412
10.	Batas susut tanah	$SL = \left(\frac{V_0}{W_0} - \frac{1}{G} \right) 100 \%$	14,120	13,212

SL Rata-rata : 13,706

Yogyakarta, _____

$$SL \text{ Rata-rata TOTAL} = \left(\frac{12,4765 + 11,3950 + 13,706}{3} \right) \%$$

$$= 12,5258 \%$$

PEMERIKSAAN KOEFISIEN PERMEABILITAS TANAH

Proyek : Tugas Akhir Tanggal : 03 Juni 1998
 Lokasi : Kasongan Dikerjakan oleh : Arief & Candra
 No. Contoh : 1 (arah vertikal) Diperiksa oleh :
 Jenis Tanah : Asli / Pemasatan

Data Contoh Tanah

		I	II
Diameter pipa gelas	d cm	0,5	0,5
Diameter contoh tanah	D cm	2,8	2,8
Tinggi contoh tanah	h cm	3,2	3,2
Volume contoh tanah	V cm ³	19,694	19,694
Berat contoh tanah	W gram	31,325	32,15
Berat Volume tanah $\frac{W}{V}$	γ Gr/Cm ³	1,5905	1,6325
Kadar air tanah	W %	59,205 %	59,205 %
Berat jenis tanah	G	2,49	2,49
Angka pori $\frac{G(1+W)-\gamma}{\gamma}$	e	1,4924	1,4283
Suhu air	T	25,50°	25,50°

PENGAMATAN

	t ₀		t ₁		t ₂		t ₃	
- Waktu pengamatan			24 Jam		48 Jam		72 Jam	
- Tinggi muka air	H ₀		H _{t1}		H _{t2}		H _{t3}	
	20	20	19,5	19,5	19	19	18,25	18,5
$K = \frac{d^2 \cdot h}{D^2 \cdot t} \ln \frac{H_0}{H_t}$			$2,99 \cdot 10^{-8}$	$2,99 \cdot 10^{-8}$	$3,028 \cdot 10^{-8}$	$3,028 \cdot 10^{-8}$	$3,1047 \cdot 10^{-8}$	$3,1069 \cdot 10^{-8}$
Koefisien permeabilitas rata-rata =			$2,99 \cdot 10^{-8}$		$3,028 \cdot 10^{-8}$		$3,336 \cdot 10^{-8}$	
Koefisien permeabilitas pada 15° = $k \frac{V_t}{V_{15}} = \dots$			K rata-rata: $3,118 \cdot 10^{-8}$					

V_t = Viskositas air pada suhu t
 V_{15} = Viskositas air pada suhu 15° = 0,01149

Yogyakarta, Juni 1998

PEMERIKSAAN KOEFISIEN PERMEABILITAS TANAH

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kasongan
 No. Contoh : 2 (Carah Horizontal)
 Jenis Tanah : Asli / Pemasatan

Tanggal : 03 Juni 1998
 Dikerjakan oleh : Arref & Candra
 Diperiksa oleh :

Data Contoh Tanah

		I	II
Diameter pipa gelas	d cm	0,5	0,5
Diameter contoh tanah	D cm	2,8	2,8
Tinggi contoh tanah	h cm	2,8	3
Volume contoh tanah	V cm ³	17,241	18,4726
Berat contoh tanah	W gram	27,7	30,09
Berat Volume tanah $\frac{W}{V}$	γ Gr/Cm ³	1,6066	1,6288
Kadar air tanah	W %	59,205 %	59,205
Berat jenis tanah	G	2,49	2,49
Angka pori $\frac{G(1+W) - \gamma}{\gamma}$	e	1,4674	1,4338
Suhu air	T	25,5°	25,5°

PENGAMATAN

	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃
- Waktu pengamatan		24 Jam	48 Jam	72 Jam
- Tinggi muka air	H ₀	H _{t1}	H _{t2}	H _{t3}
	20 20	19,25 19,50	18,5 18,95	17,75 18,5
$K = \frac{d^2 \cdot h}{D^2 \cdot t} \ln \frac{H_0}{H_t}$		$3,949 \cdot 10^{-8}$ $2,803 \cdot 10^{-8}$	$4,028 \cdot 10^{-8}$ $2,926 \cdot 10^{-8}$	$4,111 \cdot 10^{-8}$ $2,877 \cdot 10^{-8}$
Koefisien permeabilitas rata-rata =		$3,376 \cdot 10^{-8}$	$3,507 \cdot 10^{-8}$	$3,494 \cdot 10^{-8}$
Koefisien permeabilitas pada 15° = $k \frac{V_t}{V_{15}} = \dots\dots\dots$		$K_{rata-rata} = 3,459 \cdot 10^{-8}$		

V_t = Viskositas air pada suhu t
 V_{15} = Viskositas air pada suhu 15° = 0,01149

Yogyakarta, Juni 1998

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS TANAH PB - 0108 - 76

Proyek : Tugas Akhir Station : 1.
 Lokasi : Kasongan Dikerjakan : Arief & Candra
 Tanggal : 04 Juni 1998 Diperiksa :
 Kedalaman : -1,0 m

No.			I	II
1.	Berat picknometer kosong W1 gr		15,65	24,43
2.	Berat picknometer + tanah kering W2 gr		22,65	32,71
3.	Berat picno + tanah + air W3 gr		45	55,3
4.	Berat picno + air W4 gr		40,72	50,55
5.	Temperatur t 0 C		26°	26°
6.	Berat tanah Wt = W2 - W1 gr		7,0	8,28
7.	A = Wt + W4		47,72	58,83
8.	Isi tanah A - W3		2,72	3,53
9.	Berat jenis tanah $\gamma_s = \frac{W_t}{A - W_3}$		2,5735	2,3456
10.	Isi tanah pada 27,5 °C = $\gamma_s \frac{B_j \text{ air } t^0}{B_j \text{ air } 27,5}$		2,5746	2,3466
11.	Berat jenis rata-rata		2,4606	

Temp	Unit Weight
(°C)	of water
	(g/cm ³)
26	0,99682
27,5	0,99641

Yogyakarta, Juni 1998

PEMERIKSAAN BERAT JENIS TANAH PB - 0108 - 76

Proyek : Tugas Akhir Station : 1
 Lokasi : Kasongan Dikerjakan : Ariet & Candra
 Tanggal : 06 Juni 1998 Diperiksa :
 Kedalaman : -1,0 m

No.		I	II
1.	Berat picknometer kosong W1 gr	18,23	12,63
2.	Berat picknometer + tanah kering W2 gr	23,56	16,19
3.	Berat picno + tanah + air W3 gr	46,88	39,04
4.	Berat picno + air W4 gr	43,63	36,92
5.	Temperatur t 0C	25,5°	25,5°
6.	Berat tanah Wt = W2 - W1 gr	5,33	3,56
7.	A = Wt + W4	48,96	40,48
8.	Isi tanah A - W3	2,08	1,44
9.	Berat jenis tanah $\gamma_s = \frac{Wt}{A - W3}$	2,5625	2,472
10.	Isi tanah pada 27,5 °C = $\gamma_s \frac{B_j \text{ air } t^0}{B_j \text{ air } 27,5}$	2,5638	2,4733
11.	Berat jenis rata-rata	2,51855	

Temp (°C) Unit Weight of water (g/cm³)
 25,5 0,99695
 27,5 0,99641

Yogyakarta, _____ Juni 1998

$$\gamma_s \text{ rata-rata } = \frac{(2,4606 + 2,51855)}{2} = 2,489575 \text{ g/cm}^3$$

(_____)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

LOKASI : Kasongan
 NO. BOR/TP : 1
 NO. CONTOH : Sampel 1

DIKERJAKAN OLEH :

Arref San Candra

MENGETAHUI

BATAS CAIR TANAH

09 Juni 1998

PERCOBAAN		I		II		III		IV	
NETRASI(mm)		12,68		21,621		23,65		24,37	
KADAR AIR (w)	W1	22,00	21,55	21,6	21,8	22,00	22,085	21,82	22
	W2	25,41	25,28	27,03	27,8	25,01	26,0	28,15	27,65
	W3	23,81	23,52	24,12	24,61	23,33	23,89	24,66	24,52
13 - W1	w	88,398%	89,34%	115,476	113,523	126,316	116,898	122,89	124,206
x100%	w(rt)	88,865%		114,4995		121,607		123,55	

BATAS PLASTIS

KADAR AIR		
W1	21,70	21,66
W2	34,2	58,15
W3	30,75	48
w	38,22	38,535
w(rt) - PL	38,3285	

$$PI = LL - PL$$

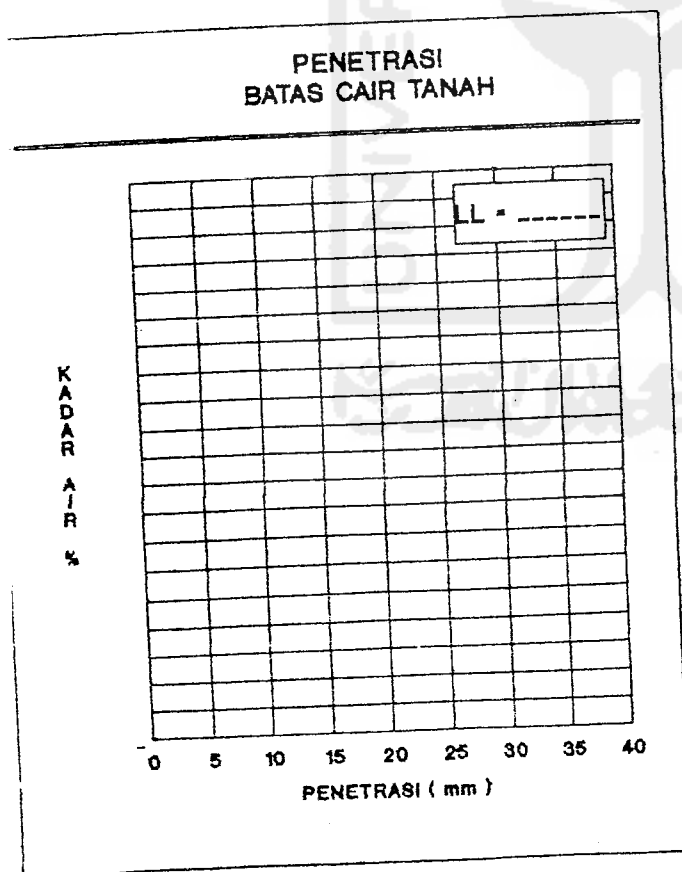
$$PI =$$

KETERANGAN

W1 - Cawan kosong

W2 - Cawan+tn.basah

W3 - Cawan+tn.kering



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

LOKASI : Kasongan
 NO. BOR/TP : 1A
 NO. CONTOH : Sampel 1

DIKERJAKAN OLEH :

Arret & Candra
 MENGETAHUI

BATAS CAIR TANAH

TGL: 11 Juni 1998

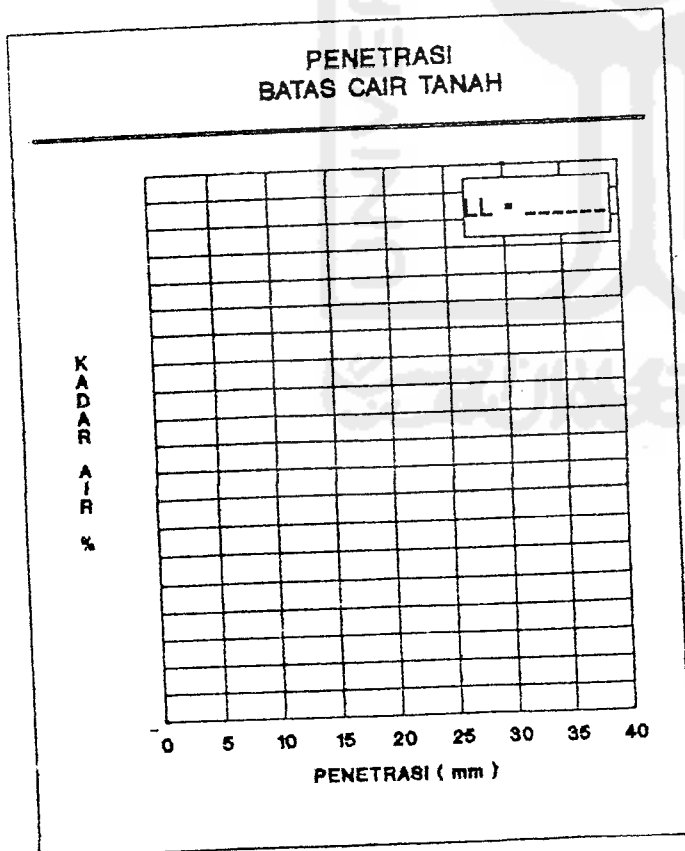
PERCOBAAN		I		II		III		IV	
PENETRASI(mm)		12,015		16,499		20,051		22,661	
KADAR AIR (w)	W1	21,81	21,475	22,10	22,03	22,03	22,0	22,0	21,615
	W2	26,57	26,107	26,52	27,37	37,38	35,94	38,23	37,80
	W3	24,22	23,85	24,24	24,688	29,32	28,58	29,32	28,94
W2 - W3	w	97,51	93,473	101,785	100,902	110,562	111,854	121,721	120,9536
W3 - W1	w								
x100%	w(rt)	95,4915		101,3435		111,208		121,3383	

BATAS PLASTIS

KADAR AIR		
W1	21,6	22
W2	40,42	56,57
W3	35,53	47,29
w	35,104	36,694
w(rt) - PL		35,899

$PI = LL - PL$
 $PI =$

KETERANGAN
 W1 - Cawan kosong
 W2 - Cawan+tn.basah
 W3 - Cawan+tn.kering



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi: Kasongan
 Kedalaman: -1,0 m

Dikerjakan : Arief dan Candra

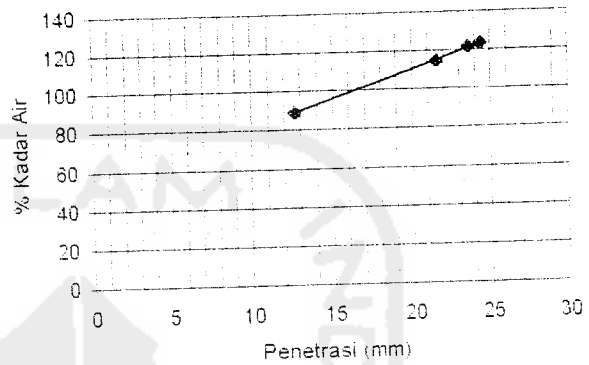
Batas-batas Atterberg
 dengan "Cone Test"

Sampel 1
 Tgl : 09 Juni 1998

Kadar Air (%)	Penetrasi (mm)
88.865	12.68
114.499	21.61
121.607	23.607
123.55	24.37

Penetrasi (mm)	Kadar Air (%)
20	110.447

Penetrasi Batas Cair Tanah sampel 1



Pers. Garis Linear : $y = 2.9679x + 51.089$

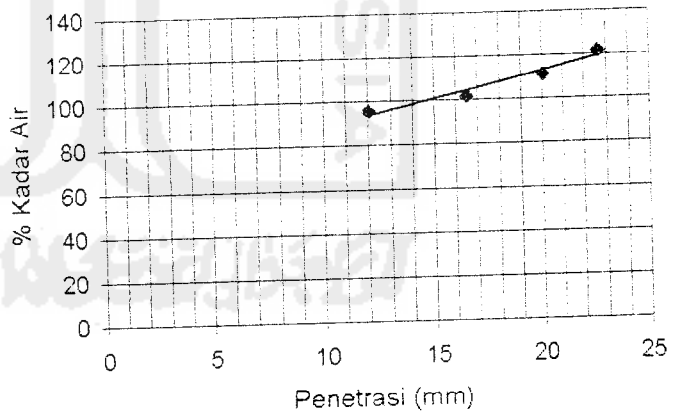
Batas Cair	Batas Plastis	Indeks Plastis
110.447	38.3285	72.1185

Sample 2
 Tgl : 11 Juni 1998

Kadar Air (%)	Penetrasi (mm)
88.865	12.68
114.499	21.61
121.607	23.607
123.55	24.37

Penetrasi (mm)	Kadar Air (%)
20	112.605

Penetrasi Batas Cair Tanah Sampel 2



Pers. Garis Linear : $y = 2.3976x + 64.653$

Batas Cair	Batas Plastis	Indeks Plastis
112.605	35.899	76.706



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14.4 Telp. (0274) 95330 Yogyakarta 55584

DISTRIBUSI PEMB. BUTIR TANAH PB-0107-76

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kasongan
 No. Titik : 1
 Jenis Tanah : Lempung kohesif

Tanggal : 05 Juni '98
 Dikerjakan oleh : Arief San Cahya
 Diperiksa oleh :

SAMPLE ①

Berat tanah kering (W) = 60 gr	$K_z = \frac{a}{W} \times 100 = 1,7333$
Berat jenis tanah (G) = 2,50	$P = K_z \times R$
Koreksi hidro 152 H (a) = 1,04	*) Dari daftar berdasarkan R
Kadar reagen $Na_2SiO_3 = 1$ ml/gr	***) Dibaca daftar harga K berdasarkan t dan G
Koreksi miniskus hidrometer (m) = 1	

ANALISA HIDROMETER

Waktu T menit	Pemb. Hidrometer dlm suspensi	Pemb. Hidrometer dlm cairan	T e m p.	Pemb. Hidrometer terko reksi	* Keda lam- an	** Kon stan ta	diameter butiran $D = K \sqrt{\frac{L}{T}}$	Pemb. Hidrometer terko reksi	Persen berat lebih kecil
	R1	R2	t	R=R1+m	L cm	K	mm	R=R1-R2	P %
2	47	-2	26,5	48	8,6	0,01325	0,0275	49	84,933
5	45	-2	26,9	46	8,9	0,01321	0,0176	47	81,4667
30	41,5	-2	27	42,5	9,3	0,0132	0,00735	43,5	75,398
60	38	-2	27	39	10,1	0,0132	0,0054	40	69,333
250	32	-2	27	33	10,9	0,0132	0,0028	34	58,933
1440	22	-2	26	23	12,7	0,0133	0,0012	24	41,6000

ANALISA SARINGAN

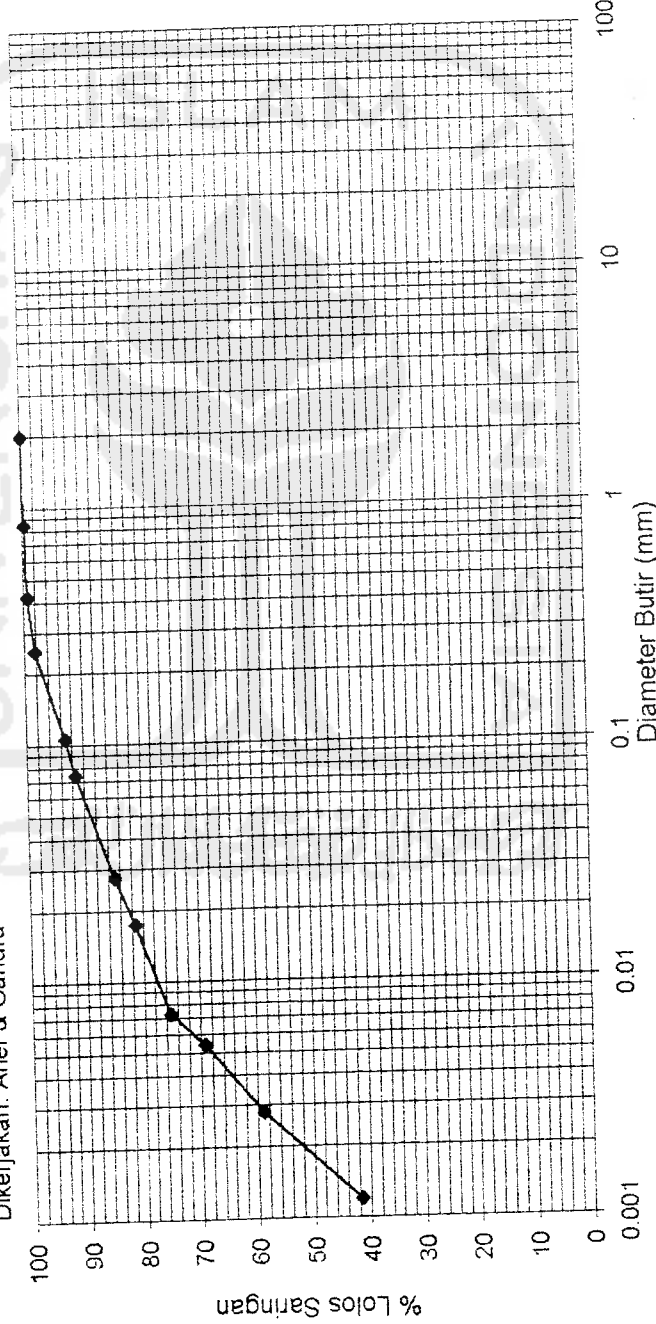
No. saringan	Diameter mm	Berat tertahan gr	Berat lolos gr	Persen Berat lebih kecil $P = (e/W) \times 100\%$	d2 s/d d0 hasil saringan
10	2,00	$d_1 = 0,045$	$e_1 = 59,955$	99,925	$e_1 = W - d_1$
20	0,85	$d_2 = 0,13$	$e_2 = 59,825$	99,708	$e_2 = e_1 - d_2$
40	0,425	$d_3 = 0,25$	$e_3 = 59,575$	99,292	$e_3 = e_2 - d_3$
60	0,250	$d_4 = 0,73$	$e_4 = 58,845$	98,075	$e_4 = e_3 - d_4$
140	0,106	$d_5 = 2,93$	$e_5 = 55,915$	93,192	$e_5 = e_4 - d_5$
200	0,075	$d_6 = 1,02$	$e_6 = 54,895$	91,457	$e_6 = e_5 - d_6$
	Jumlah				

LORATORIUM MEKANIKA TANAH UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Analisis Butiran Sampel 1

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kasongan
 Dikerjakan: Arief & Candra

Kedalaman : - 1,0 m
 Tgl : 05 Juni 1998



Lempung	Lumpur	Halus	Sedang	Kasar	Kerikil
		Pasir			

Diameter (mm)	% Lolos Saringan
0.00120	41.60000
0.00280	58.93300
0.00540	69.33300
0.00735	75.39800
0.01760	81.46670
0.02750	84.93300
0.07500	91.49700
0.10600	93.19200
0.25000	98.07500
0.42500	99.29200
0.85000	99.70800
2.00000	99.92500

Pasir = $99.25 - 89.9 = 10.025\%$
 Lumpur = $89.9 - 52 = 37.9\%$
 Lempung = 52%

Koreksi

Pasir = $(100/99.25) \times 10.025 = 10.032\%$
 Lumpur = $(100/99.25) \times 37.9 = 37.927\%$
 Lempung = $(100/99.25) \times 52 = 52.036\%$



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14.4 Telp. (0274) 95330 Yogyakarta 55584

DISTRIBUSI PEMB. BUTIR TANAH PB-0107-76

Nyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kasongan
 No. Titik : 1
 Jenis Tanah : Lempung Kohesif

Tanggal : 05 Juni 1998
 Dikerjakan oleh : Arief San. Cahya
 Diperiksa oleh :

SAMIPEL (2)

Berat tanah kering (W) = 60 gr	$K_z = \frac{a}{W} \times 100 = 1,7333$
Berat jenis tanah (G) = 2,50	$P = K_z \times R$
Koreksi hidro 152 H (a) = 1,04	*) Dari daftar berdasarkan R
Kadar reagen $Na_2SiO_3 = 1$ ml/gr	***) Dibaca daftar harga K berdasarkan t dan G
Koreksi miniskus hidrometer (m) = 1	

ANALISA HIDROMETER

Waktu T menit	Pemb. Hidrometer dlm suspensi	Pemb. Hidrometer dlm cairan	T e m p.	Pemb. Hidrometer terko reksi	* Keda lam- an	** Kon stan ta	diameter butiran $D = K \sqrt{\frac{L}{T}}$	Pemb. Hidrometer terko reksi	Persen berat le- bih kecil
	R1	R2	t	R=R1+m	L cm	K	mm	R=R1-R2	P %
2	46	-2	26,5	47	8,6	0,01325	0,0275	48	83,1984
5	45	-2	26,9	46	8,8	0,01321	0,0175	47	81,4651
30	41	-2	27	42	9,4	0,0132	0,00738	43	74,5319
60	36	-2	27	37	10,2	0,0132	0,0054	38	65,8654
250	30	-2	27	31	11,2	0,0132	0,0028	32	55,4656
1440	20	-2	25,9	21	12,9	0,0133	0,0013	22	38,1326

ANALISA SARINGAN

No. saringan	Diameter mm	Berat tertahan gr	Berat lolos gr	Persen Berat lebih kecil $P = (e/W) \times 100\%$	d2 s/d d0 hasil saringan
10	2,00	d1 = 0,05	e1 = 59,95	99,917	e1 = W - d1
20	0,85	d2 = 0,165	e2 = 59,785	99,642	e2 = e1 - d2
40	0,425	d3 = 0,259	e3 = 59,526	99,210	e3 = e2 - d3
60	0,250	d4 = 0,380	e4 = 59,146	98,577	e4 = e3 - d4
140	0,106	d5 = 2,84	e5 = 56,306	93,843	e5 = e4 - d5
200	0,075	d6 = 1,09	e6 = 55,216	92,027	e6 = e5 - d6
	Jumlah				

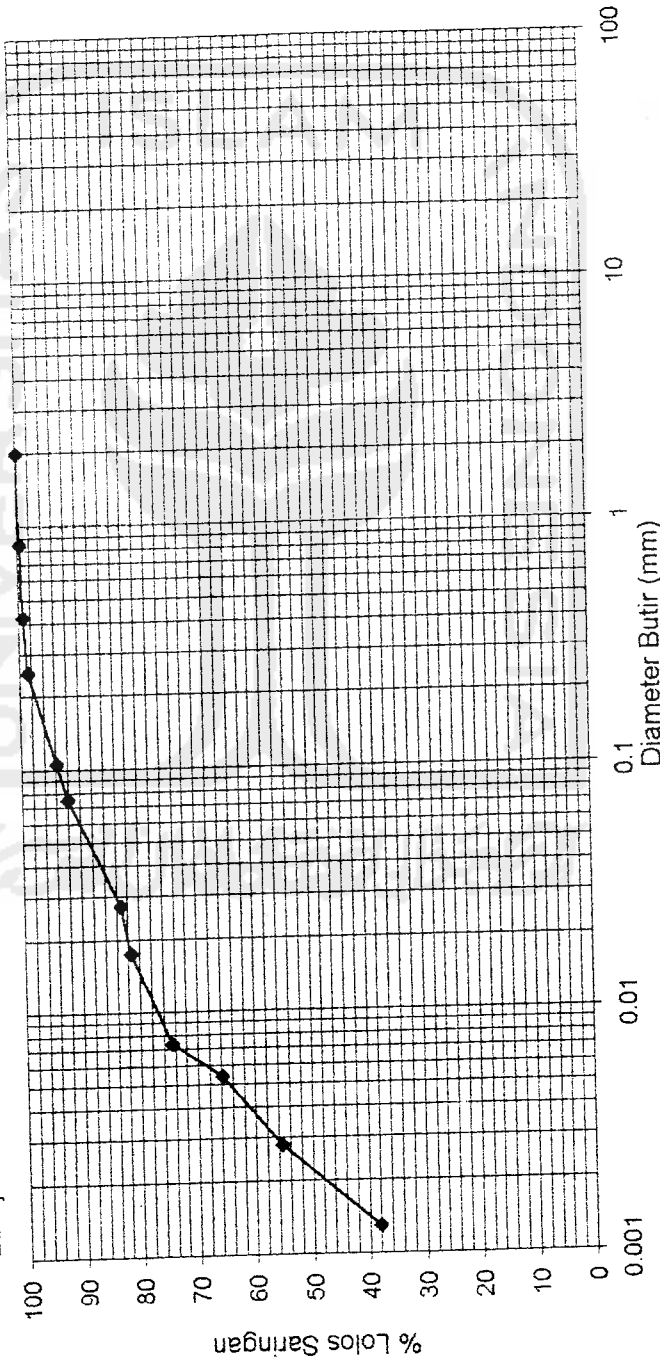
Yogyakarta, Juni - 1998

LORATORIUM MEKANIKA TANAH UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Analisis Butiran Sampel 2

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Kasongan
 Dikerjakan: Arief & Candra

Kedalaman : - 1,0 m
 Tgl : 05 Juni 1998



Lempung	Lumpur	Halus	Sedang	Kasar	Kerikil
		Pasir			

Diameter (mm)	% Lolos Saringan
0.0013	38.1326
0.0028	55.4656
0.0054	65.8654
0.0074	74.5319
0.0175	81.4651
0.0275	83.1984
0.0750	92.0270
0.1060	93.8430
0.2500	98.5770
0.4250	99.2100
0.8500	99.6420
2.0000	99.9170

Pasir = $99.917 - 89.0 = 10.917\%$
 Lumpur = $89.0 - 48 = 41\%$
 Lempung = 48%

Koreksi

Pasir = $(100/99.917) \times 10.917 = 10.926\%$
 Lumpur = $(100/99.917) \times 41 = 41.034\%$
 Lempung = $(100/99.917) \times 48 = 48.0398\%$





PENGUJIAN KONSOLIDASI DAN PENURUNAN

Sampel 1 (Cv)

Lokasi : Kasongan
Kedalaman : 1,0 m

No. Titik : 01
Tanggal : 03 Juni 1998

Pembacaan penurunan

Waktu Pembacaan		Pembacaan dial (mm) untuk beban (kg/cm ²)							
t	vt (menit)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	2.00 *)	0.25 *)
0	0.0	10.000	9.790	9.650	9.359	8.821	7.861	6.679	7.161
5,40"	0.3	9.890	9.754	9.600	9.305	8.740	7.810		
15,00"	0.5	9.865	9.748	9.590	9.290	8.720	7.790		
29,4"	0.7	9.855	9.745	9.580	9.275	8.700	7.780		
1,00"	1.0	9.848	9.738	9.565	9.255	8.670	7.759		
2,25"	1.5	9.835	9.729	9.545	9.226	8.634	7.729		
4,00"	2.0	9.828	9.720	9.527	9.199	8.595	7.693		
6,25"	2.5	9.823	9.711	9.510	9.170	8.546	7.652		
9,00"	3.0	9.820	9.706	9.499	9.152	8.515	7.625		
12,25"	3.5	9.817	9.701	9.488	9.130	8.481	7.591		
16,00"	4.0	9.815	9.698	9.478	9.106	8.442	7.559		
25,00"	5.0	9.811	9.693	9.460	9.067	8.366	7.497		
36,00"	6.0	9.808	9.688	9.445	9.030	8.302	7.430		
49,00"	7.0	9.806	9.683	9.434	8.999	8.242	7.360		
64,00"	8.0	9.805	9.680	9.423	8.971	8.194	7.294		
81,00"	9.0	9.803	9.677	9.417	8.949	8.151	7.233		
100,00"	10.0	9.802	9.674	9.412	8.934	8.111	7.179		
121,00"	11.0	9.802	9.672	9.408	8.921	8.081	7.125		
144,00"	12.0	9.800	9.671	9.405	8.912	8.051	7.077		
225,00"	15.0	9.800	9.669	9.405	8.890	7.995	6.965		
400,00"	20.0								
1440,0"	38.0	9.790	9.650	9.359	8.821	7.861	6.679	7.167	8.500

Catatan:

*) Pengembangan ("rebound") setelah tekanan sesudah 8 kg/cm², yaitu 2,0 kg/cm²; 0,25 kg/cm², dan 0 kg/cm², umumnya dibaca (dicatat) hanya pembacaan setelah arloji tidak bergerak lagi (\pm 4 jam dapat kurang atau tergantung jenis tanahnya).



PENGUJIAN KONSOLIDASI DAN PENURUNAN

Sampel 1 (Cy)

Lokasi	: Kasongan	No. Titik	: 01
Kedalaman	: 1,0 m	Tanggal	: 03 Juni 1998
Berat jenis tanah G_s	= 2,49 g/cm ³	Tinggi cincin	= 2,05 cm
Berat cincin (W_c)	= 39,03 gram	Luas cincin	= 19,7923 cm ²
Diameter cincin	= 5,02 cm	Volume cincin V_o	= 40,574 cm ³

Sebelum Pengujian

No. Pengujian	1	2
Berat Container (W_1) gram	22	21,73
Berat Cont + Tanah basah (W_2) gram	53,93	39,80
Berat Cont + Tanah kering (W_3) gram	42,20	33,0
Kadar Air (w) = $[(W_2 - W_3) / (W_3 - W_1)] \times 100 \%$	58,07	60,3
Kadar Air rata-rata (w_{rt})	59,205	

Berat cincin + tanah basah (W_4)	107,03	Gram
Berat tanah basah [$W_b = W_4 - W_c$]	68	Gram
Berat tanah kering [$W_t = W_b / (1 + w_{rt})$]	42,712	Gram
Berat volume tanah kering [$\gamma_d = W_t / V$]	1,05268	Gram/cm ³
Tinggi bagian padat [$H_t = W_t / G_s \cdot A$]	0,8667	Cm
Angka pori [$e_o = (H_o - H_t) / H_t$]	1,3653	
Derajat kekenyangan [$S_o = (w_o \cdot G_s) / e_o$]	107,9765	%

Setelah Pengujian

Berat cincin + tanah basah (W_5)	104,02	Gram
Berat cincin + tanah kering (W_6)	81,93	Gram
Berat tanah kering [$W_k = W_6 - W_c$]	42,90	Gram
Kadar air [$W_{sp} = (W_5 - W_6) / W_k$]	51,49	%



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
JL. Kaliurang Km 14,4 Telp (0274) 895042 Fax (0274) 895330 Yogyakarta

Lokasi : Kasongan
 Kedalaman : 1,0 m
 No titik : 01

Proyek : Tugas Akhir
 Dikerjakan : Arief dan Candra
 Tanggal : 03 Juni 1998

Sampel 1 (Cv)
 Perhitungan

$H_1 = 0.8667 \text{ cm}$ $e_0 = 1.3653$ $H_2 = 2.05 \text{ cm}$

Beban (kg/cm ²)	Pembacaan dial (mm)	Perubahan tebal ΔH (cm)	Perubahan Angka Pori	Angka Pori	Cc
0.00	10.000			1.3653	
0.25	9.790	0.0210	0.0242	1.3411	-0.0402
0.50	9.650	0.0140	0.0162	1.3249	0.0537
1.00	9.359	0.0291	0.0336	1.2913	0.1115
2.00	8.821	0.0538	0.0621	1.2293	0.2062
4.00	7.861	0.0960	0.1108	1.1185	0.3680
8.00	6.679	0.1182	0.1364	0.9821	0.4530
2.00	7.167	-0.0488	-0.0563	1.0384	0.0935
0.25	8.500	-0.1333	-0.1538	1.1922	0.1703

Tebal Akhir (cm)	Tebal rata-rata (cm)	v_{30}	t_{30} (menit)	t_{30} (detik)	C_v (*10 ⁻⁰⁴) (cm ² /detik)
2.0500					
2.0290	2.0395	2.2	4.84	290.4	30.3659
2.0150	2.0220	3.2	10.24	614.4	14.1074
1.9859	2.0005	3.8	14.44	866.4	9.7920
1.9321	1.9590	7.4	54.76	3285.6	2.4762
1.8361	1.8841	9.4	88.36	5301.6	1.4195
1.7179	1.7770	15.0	225.00	13500.0	0.4959
1.7667	1.7423				
1.9000	1.8334				

a_v (cm ² /kg)	m_v (cm ² /kg)	k (*10 ⁻⁰⁷) (cm/detik)
0.0969	0.0410	1.2443
0.0646	0.0276	0.3894
0.0672	0.0289	0.2828
0.0621	0.0271	0.0671
0.0554	0.0248	0.0353
0.0341	0.0161	0.0080

Rumus-rumus yang dipakai:

Perubahan angka pori : $\Delta e = \Delta H / H_1$

$C_c = \Delta e / (\log P_2 / P_1)$

Tebal akhir : $H = H_1 - \Delta H$

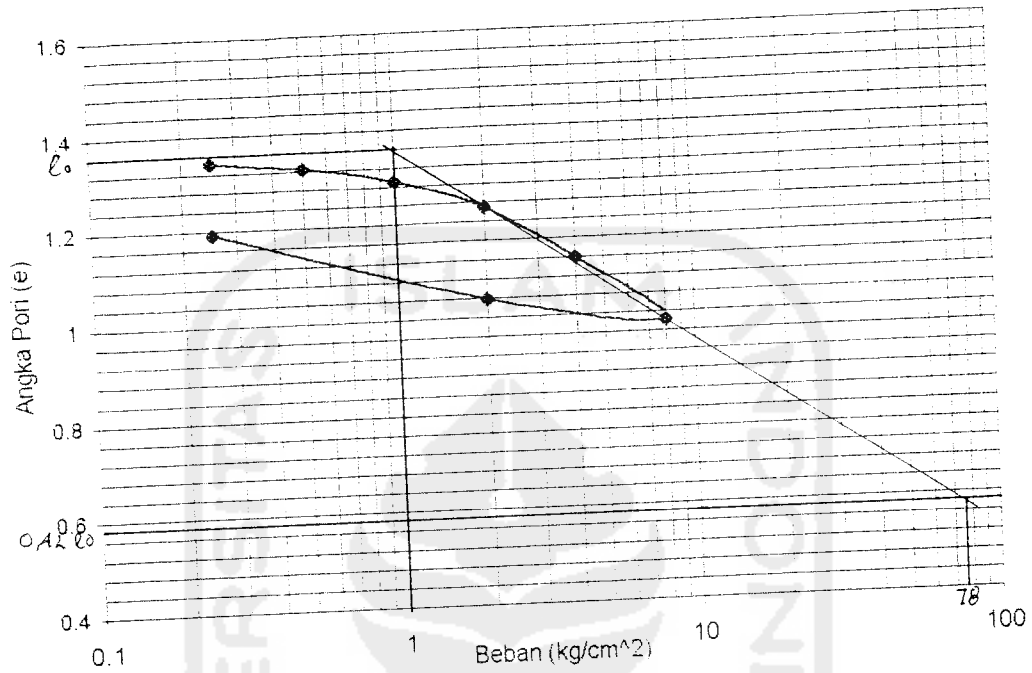
Tebal rata-rata = $(H_1 + H_2) / 2$

$C_v = (0.848 \cdot d^2) / t_{30}$

Consolidation Test

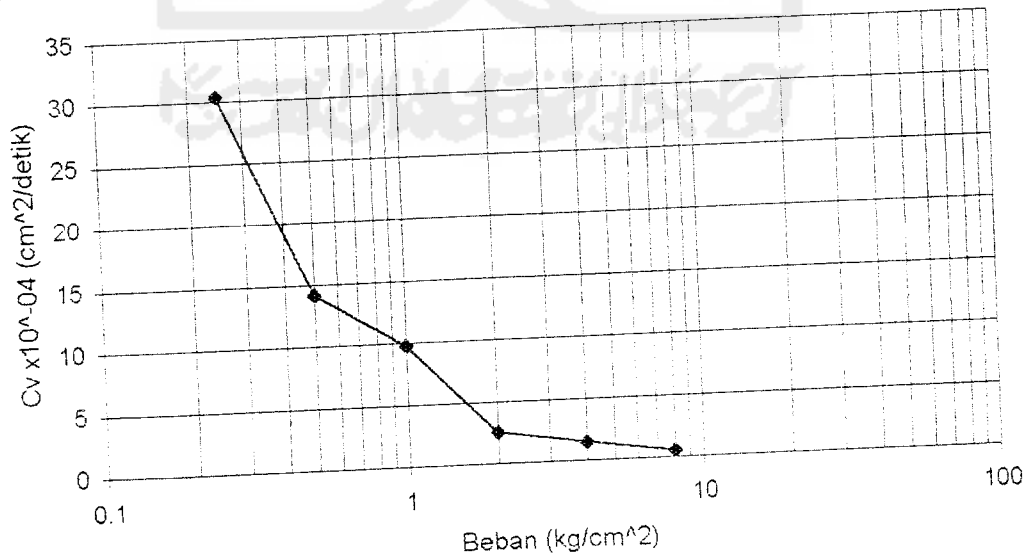
Proyek : Tugas Akhir
 Kedalaman : 1.0 m
 Sampel 1(Cv)

Lokasi : Kasongan
 Tgl : 03 Juni 1998
 Dikerjakan : Arief &



$Cc = \frac{e_1 - e_2}{\log(P_2/P_1)}$
 $Cc = \frac{1.3653 - 0.573426}{\log(78/1)}$
 $Cc = 0.41852$

$e_0 = 1.3653$
 $0.42e_0 = 0.573426$



Consolidation Test

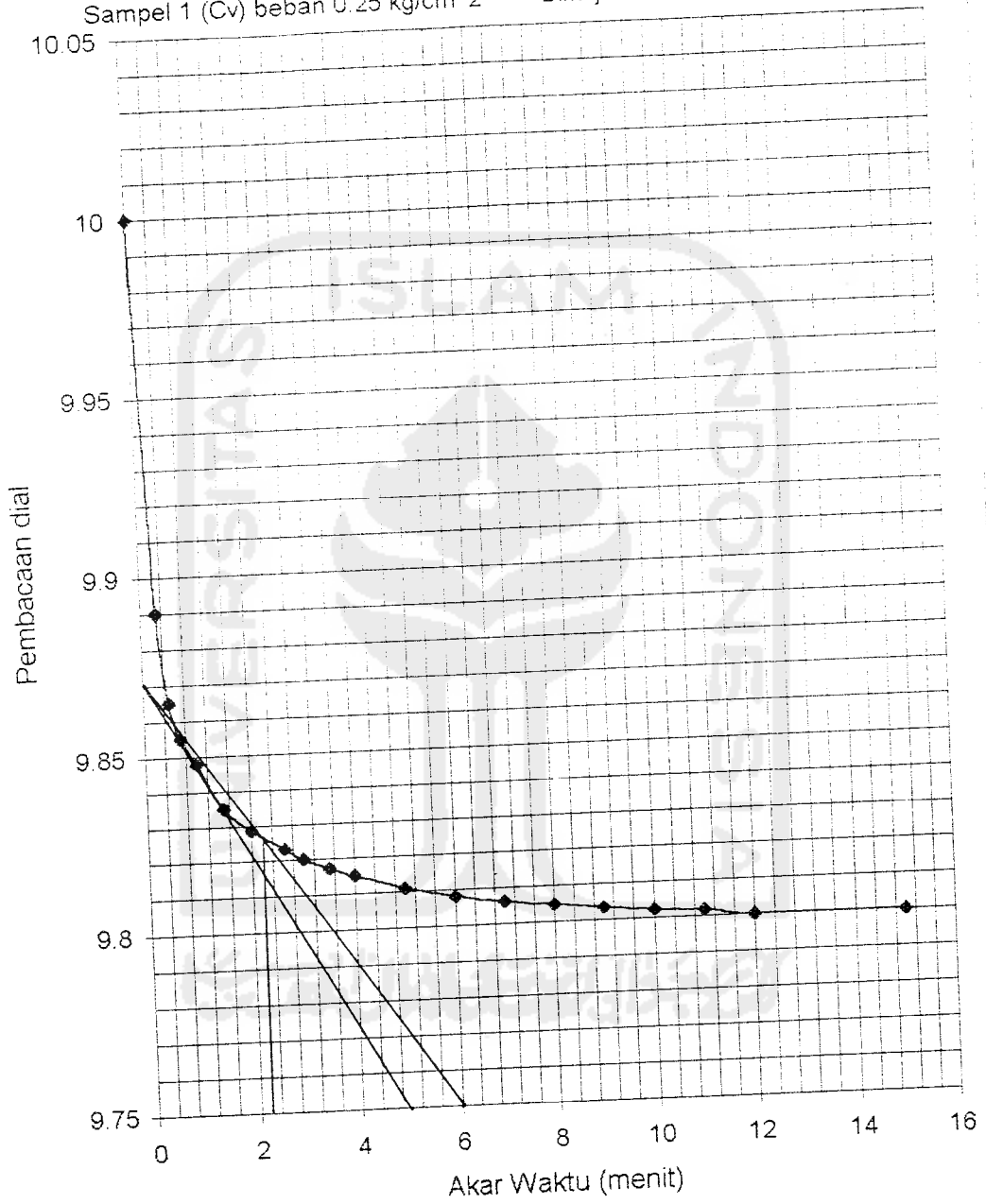
Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : Kasongan

Kedalaman : 1,0 m

Sampel 1 (Cv) beban 0.25 kg/cm²

Dikerjakan oleh: Arief & Candra



Beban 0.25 kg/cm²

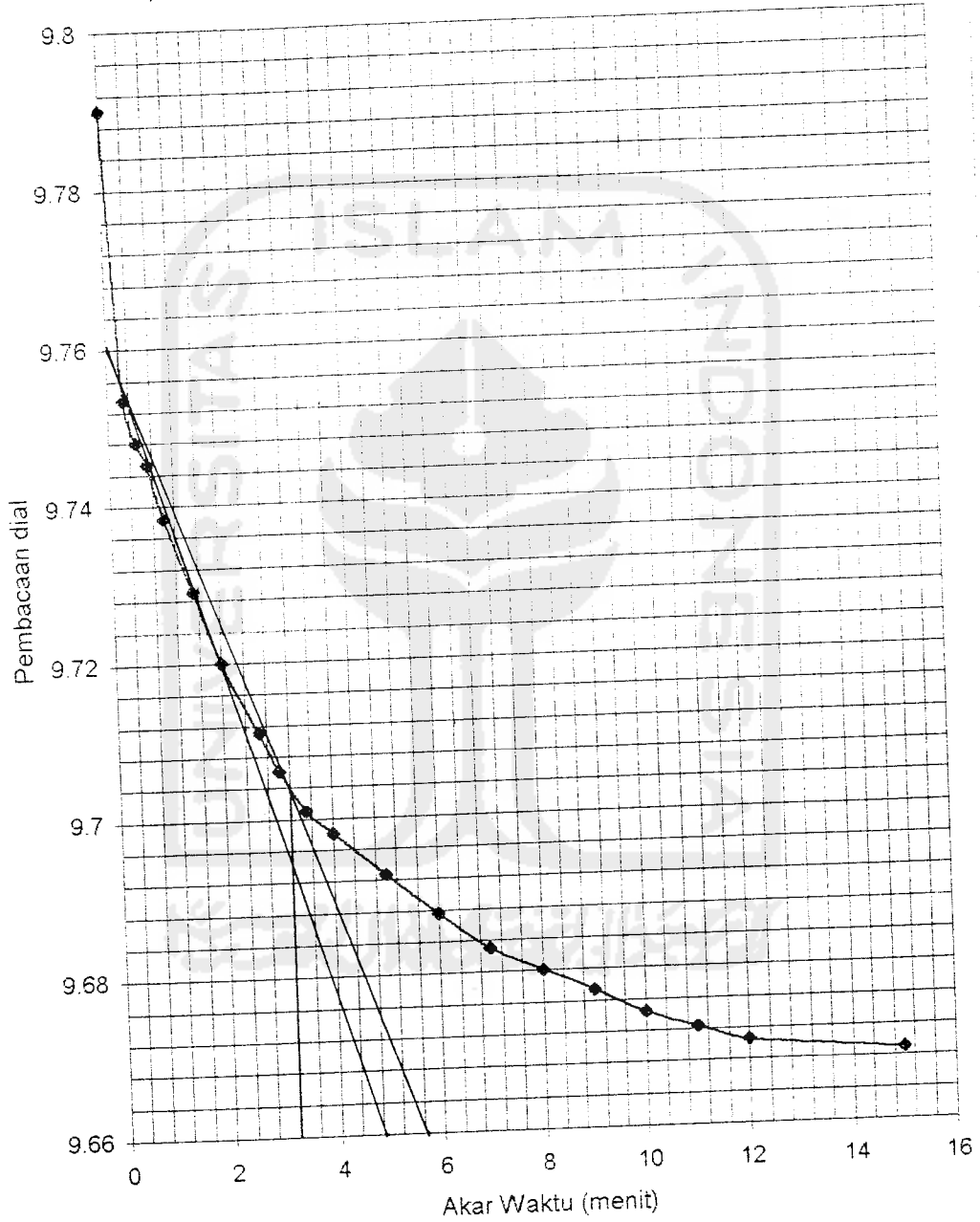
Vt90 = 2.2 menit

t90 = 4.84 menit

Consolidation Test

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Kasongan
Kedalaman : 1,0 m
Sampel 1 (Cv) beban 0.5 kg/cm²

Dikerjakan oleh: Arief & Candra



Beban 0.5 kg/cm²

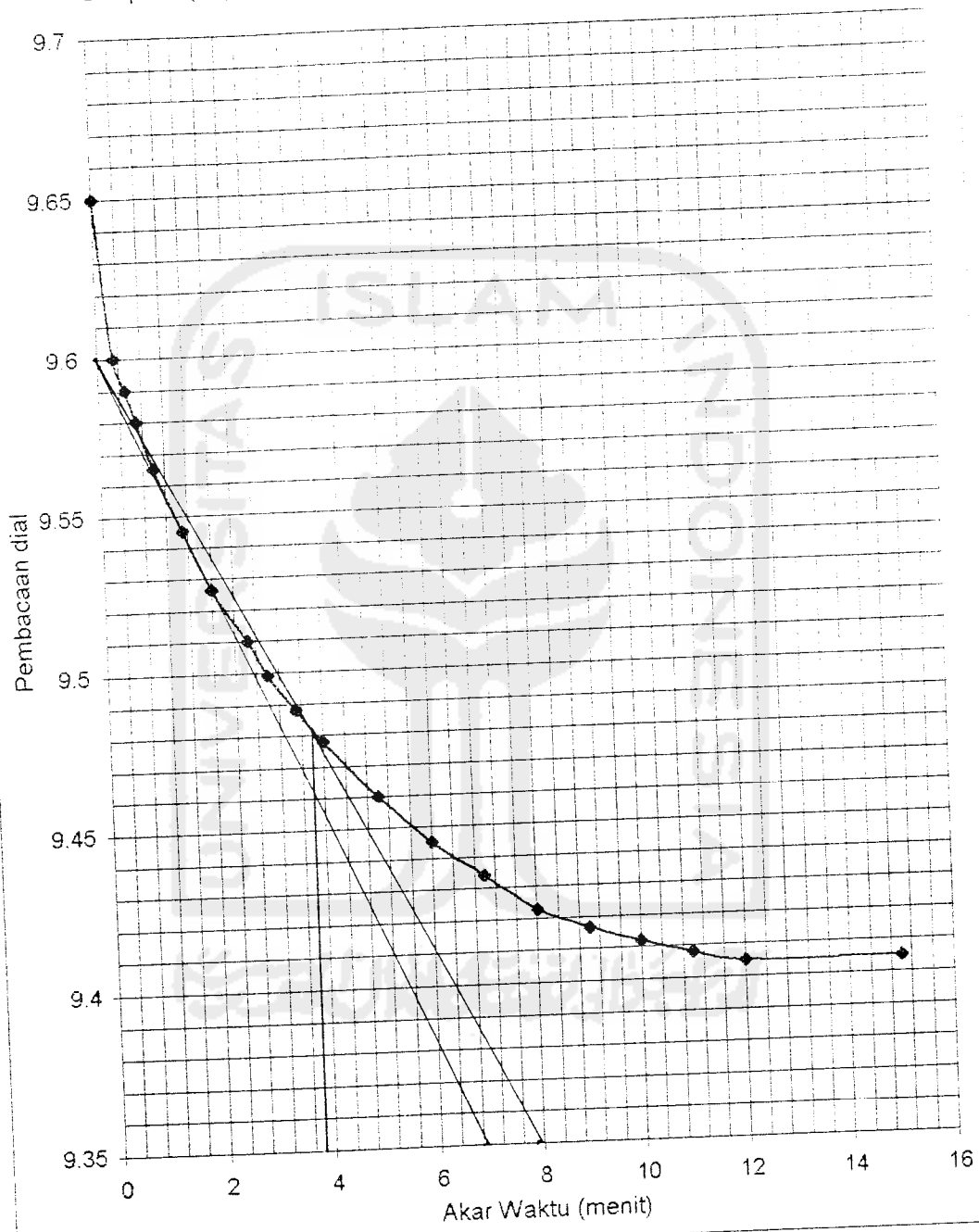
V_{t90} = 3.2 menit

t₉₀ = 10.24 menit

Consolidation Test

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Kasongan
Kedalaman : 1,0 m
Sampel 1 (Cv) beban 1.0 kg/cm²

Dikerjakan oleh: Arief & Candra

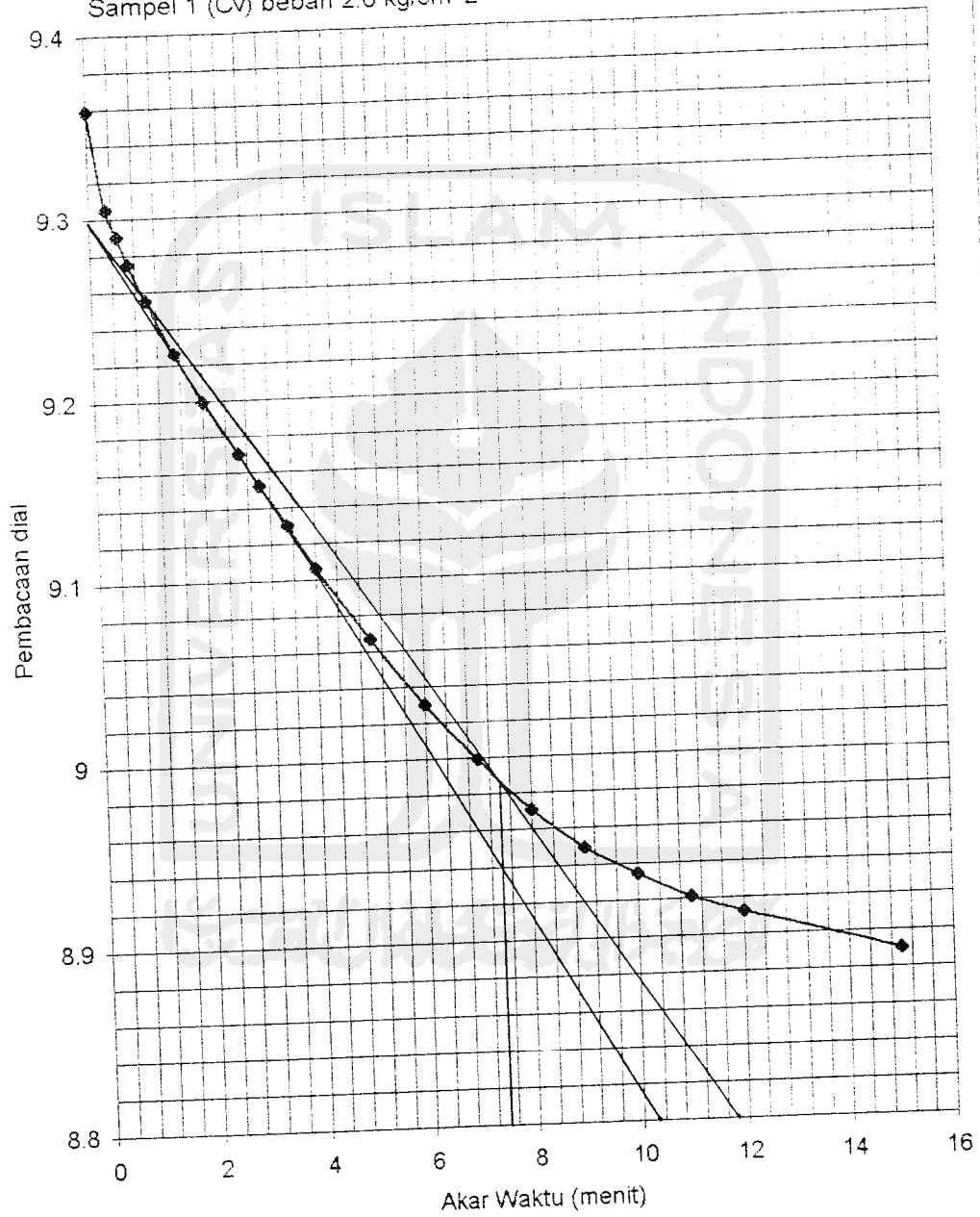


Beban 1.0 kg/cm²
Vt90 = 3.8 menit
t90 = 14.44 menit

Consolidation Test

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Kasongan
Kedalaman : 1,0 m
Sampel 1 (Cv) beban 2.0 kg/cm²

Dikerjakan oleh: Arief & Candra



Beban 2.0 kg/cm²

Vt90 = 7.4 menit

t90 = 54.76 menit

Consolidation Test

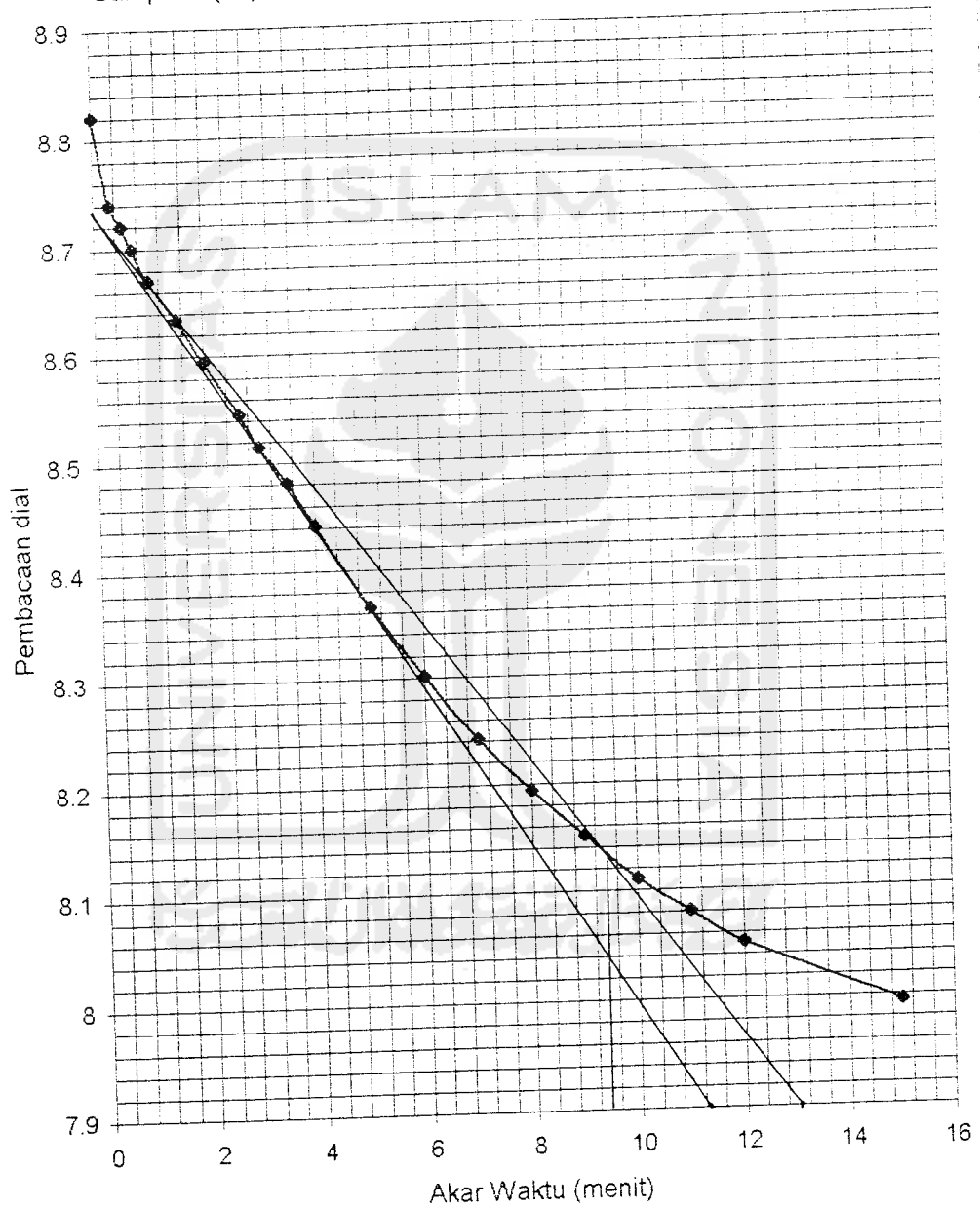
Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : Kasongan

Kedalaman : 1,0 m

Sampel 1 (C_v) beban 4.0 kg/cm^2

Dikerjakan oleh: Arief & Candra



Beban 4.0 kg/cm^2

$V_{t90} = 9.4$ menit

$t_{90} = 88.36$ menit

Consolidation Test

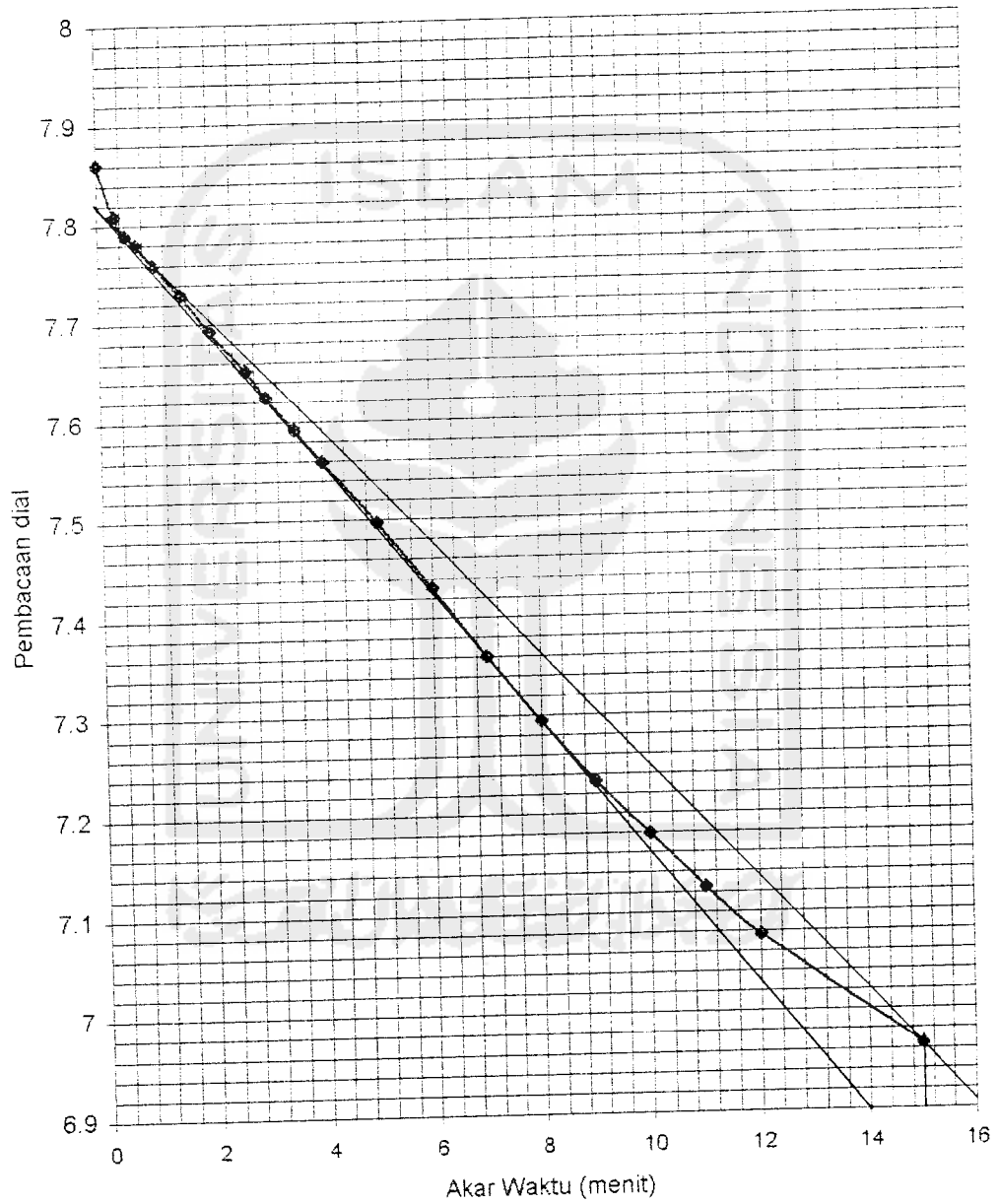
Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : Kasongan

Kedalaman : 1,0 m

Sampel 1 (Cv) beban 8.0 kg/cm²

Dikerjakan oleh: Arief & Candra



Beban 8.0 kg/cm²

Vt90 = 15 menit

t90 = 225 menit



PENGUJIAN KONSOLIDASI DAN PENURUNAN

Sampel 2 (Cv)

Lokasi : Kasongan
 Kedalaman : 1,0 m

No. Titik : 01
 Tanggal : 05 Juni 1998

Pembacaan penurunan

Waktu Pembacaan		Pembacaan dial (mm) untuk beban (kg/cm ²)							
t	vt (menit)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	2.00 *)	0.25 *)
0	0.0	10.000	9.875	9.751	9.458	8.725	7.481	6.180	6.631
5.40"	0.3	9.950	9.850	9.700	9.400	8.660	7.439		
15.00"	0.5	9.935	9.848	9.695	9.379	8.649	7.421		
29.4"	0.7	9.920	9.845	9.690	9.365	8.640	7.410		
1.00"	1.0	9.915	9.841	9.681	9.349	8.612	7.389		
2.25"	1.5	9.910	9.835	9.668	9.316	8.565	7.351		
4.00"	2.0	9.907	9.830	9.652	9.291	8.532	7.320		
6.25"	2.5	9.905	9.825	9.640	9.265	8.493	7.284		
9.00"	3.0	9.903	9.821	9.627	9.232	8.449	7.251		
12.25"	3.5	9.901	9.817	9.614	9.202	8.400	7.216		
16.00"	4.0	9.900	9.813	9.605	9.171	8.360	7.180		
25.00"	5.0	9.899	9.807	9.583	9.115	8.271	7.115		
36.00"	6.0	9.898	9.801	9.567	9.062	8.198	7.049		
49.00"	7.0	9.897	9.795	9.551	9.018	8.120	6.980		
64.00"	8.0	9.896	9.790	9.541	8.979	8.049	6.910		
81.00"	9.0	9.895	9.786	9.532	8.941	7.981	6.850		
100.00"	10.0	9.894	9.783	9.527	8.918	7.910	6.785		
121.00"	11.0	9.893	9.781	9.521	8.900	7.862	6.724		
144.00"	12.0	9.892	9.780	9.517	8.885	7.820	6.671		
225.00"	15.0	9.890	9.775	9.505	8.839	7.715	6.534		
400.00"	20.0								
1440.0"	38.0	9.875	9.751	9.458	8.725	7.481	6.180	6.631	7.585

Catatan:

*) Pengembangan ("rebound") setelah tekanan sesudah 8 kg/cm², yaitu 2,0 kg/cm²; 0,25 kg/cm², dan 0 kg/cm², umumnya dibaca (dicatat) hanya pembacaan setelah arloji tidak bergerak lagi (± 4 jam dapat kurang atau tergantung jenis tanahnya).



PENGUJIAN KONSOLIDASI DAN PENURUNAN

Sampel 2 (Cv)

Lokasi : Kasongan
 Kedalaman : 1,0 m
 No. Titik : 01
 Tanggal : 05 Juni 1998
 Berat jenis tanah $G_s = 2,49 \text{ g/cm}^3$
 Berat cincin (W_c) = 39,03 gram
 Diameter cincin = 5,02 cm
 Tinggi cincin = 2,10 cm
 Luas cincin = 19,7923 cm^2
 Volume cincin $V_o = 41,233 \text{ cm}^3$

Sebelum Pengujian

No. Pengujian	1	2
Berat Container (W_1) gram	21.475	22
Berat Cont + Tanah basah (W_2) gram	40.12	37.03
Berat Cont + Tanah kering (W_3) gram	32.60	31.15
Kadar Air (w) = $[(W_2 - W_3) / (W_3 - W_1) \times 100 \%$]	67.595	64.262
Kadar Air rata-rata (w_r)	65.9285	

Berat cincin + tanah basah (W_4)	108.55	Gram
Berat tanah basah [$W_b = W_4 - W_c$]	67.531	Gram
Berat tanah kering [$W_t = W_b / (1 + w_r)$]	40.699	Gram
Berat volume tanah kering [$\gamma_d = W_t / V$]	0.987	Gram/ cm^3
Tinggi bagian padat [$H_t = W_t / G_s \cdot A$]	0.8326	Cm
Angka pori [$e_o = (H_o - H_t) / H_t$]	1.5220	
Derajat kekenyangan [$S_o = (w_o \cdot G_s) / e_o$]	107.86	%

Setelah Pengujian

Berat cincin + tanah basah (W_5)	105.35	Gram
Berat cincin + tanah kering (W_6)	82.24	Gram
Berat tanah kering [$W_k = W_6 - W_c$]	41.221	Gram
Kadar air [$W_{sp} = (W_5 - W_6) / W_k$]	56.0637	%



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km 14,4 Telp (0274) 895042 Fax (0274) 895330 Yogyakarta

Lokasi : Kasongan
 Kedalaman : 1,0 m
 No titik : 01

Proyek : Tugas Akhir
 Dikerjakan : Arief dan Candra
 Tanggal : 05 Juni 1998

Sampel 2 (Cv)

Perhitungan

$H_t = 0.8326 \text{ cm}$ $e_0 = 1.5220$ $H_1 = 2.10 \text{ cm}$

Beban (kg/cm ²)	Pembacaan dial (mm)	Perubahan tebal ΔH (cm)	Perubahan Angka Pori	Angka Pori	Cc
0.00	10.000			1.5220	
0.25	9.875	0.0125	0.0150	1.5070	-0.0249
0.50	9.751	0.0124	0.0149	1.4921	0.0495
1.00	9.458	0.0293	0.0352	1.4569	0.1169
2.00	8.725	0.0733	0.0880	1.3689	0.2925
4.00	7.481	0.1244	0.1494	1.2195	0.4963
8.00	6.180	0.1301	0.1563	1.0632	0.5191
2.00	6.631	-0.0451	-0.0542	1.1174	0.0900
0.25	7.585	-0.0954	-0.1146	1.2319	0.1269

Tebal Akhir (cm)	Tebal rata-rata (cm)	vt_{30}	t_{30} (menit)	t_{30} (detik)	$C_v (*10^{-10})$ (cm ² /detik)
2.1000					
2.0875	2.0938	4.1	16.81	1008.6	9.2144
2.0751	2.0813	4.8	23.04	1382.4	6.6431
2.0458	2.0605	5.8	33.64	2018.4	4.4592
1.9725	2.0092	8.0	64.00	3840.0	2.2286
1.8481	1.9103	13.8	190.44	11426.4	0.6771
1.7180	1.7831	15.5	240.25	14415.0	0.4676
1.7631	1.7406				

a_v (cm ² /kg)	m_v (cm ² /kg)	$k (*10^{-11})$ (cm/detik)
0.0601	0.0238	0.2194
0.0596	0.0238	0.1579
0.0704	0.0282	0.1259
0.0880	0.0358	0.0799
0.0747	0.0315	0.0214
0.0391	0.0176	0.0082

Rumus-rumus yang dipakai:

Perubahan angka pori : $\Delta e = \Delta H / H_t$

$C_c = \Delta e / (\log P_2 / P_1)$

Tebal akhir : $H = H_1 - \Delta H$

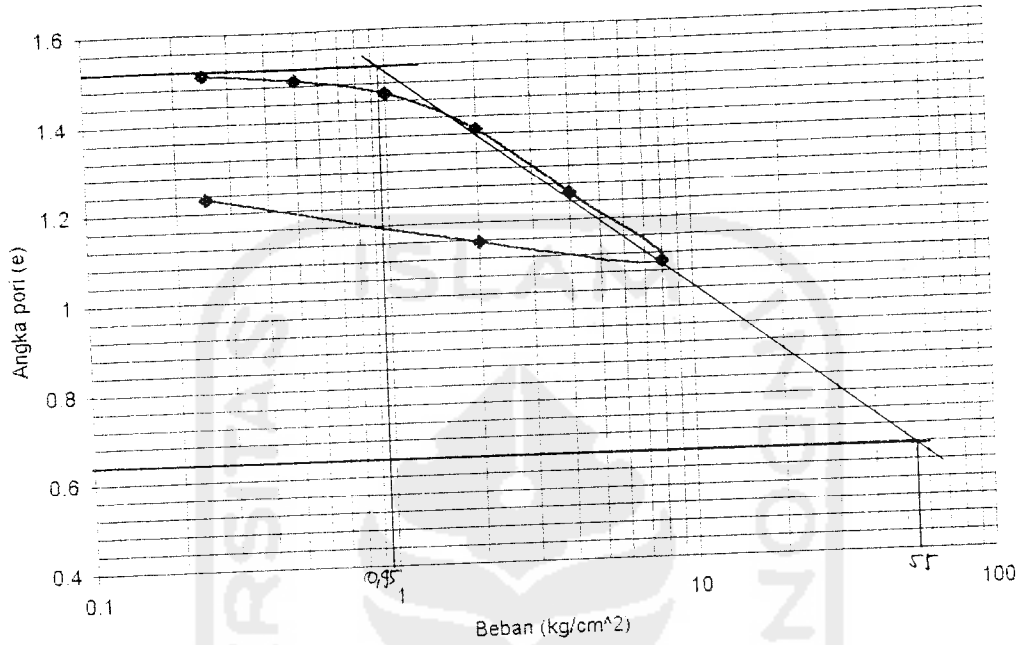
Tebal rata-rata = $(H_1 + H_2) / 2$

$C_v = (0.848 * d^2) / t_{30}$

Consolidation Test

Proyek : Tugas Akhir
 Kedalaman : 1,0 m
 Sampel 2 (Cv)

Lokasi : Kasongan
 Tgl : 05 Juni 1998
 Dikerjakan : Arief & Candra

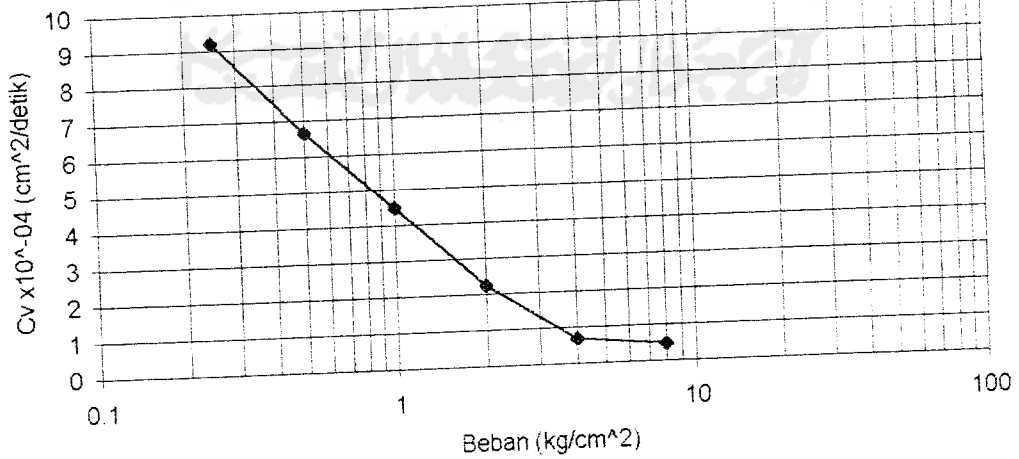


$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log(P_2/P_1)}$$

$$C_c = \frac{1.5220 - 0.63924}{\log(55/0.95)} = 0.5008$$

$$e_o = 1.5220$$

$$0.42e_o = 0.63924$$



Consolidation Test

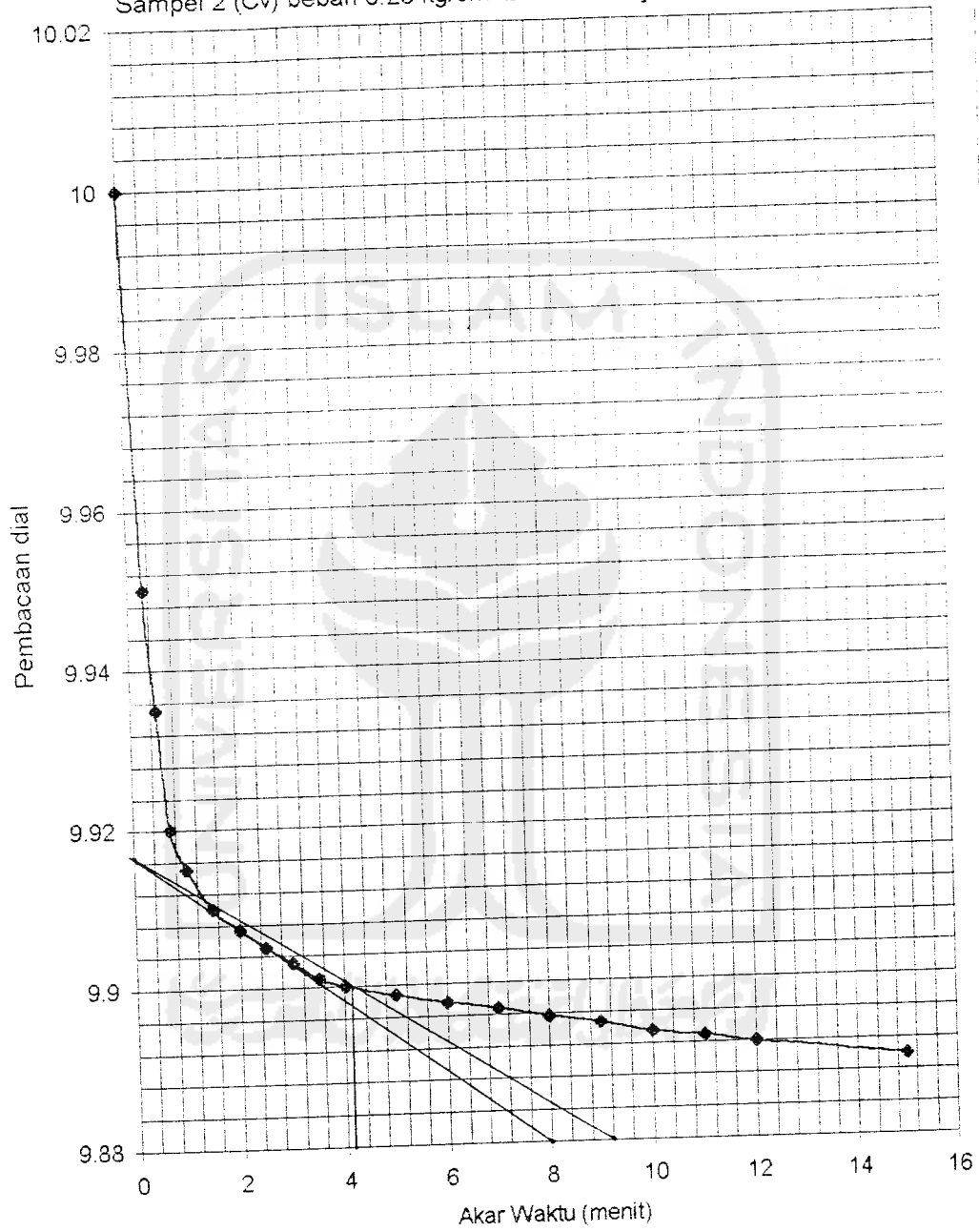
Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : Kasongan

Kedalaman : 1,0 m

Sampel 2 (Cv) beban 0.25 kg/cm²

Dikerjakan oleh: Arief &



Beban 0.25 kg/cm²

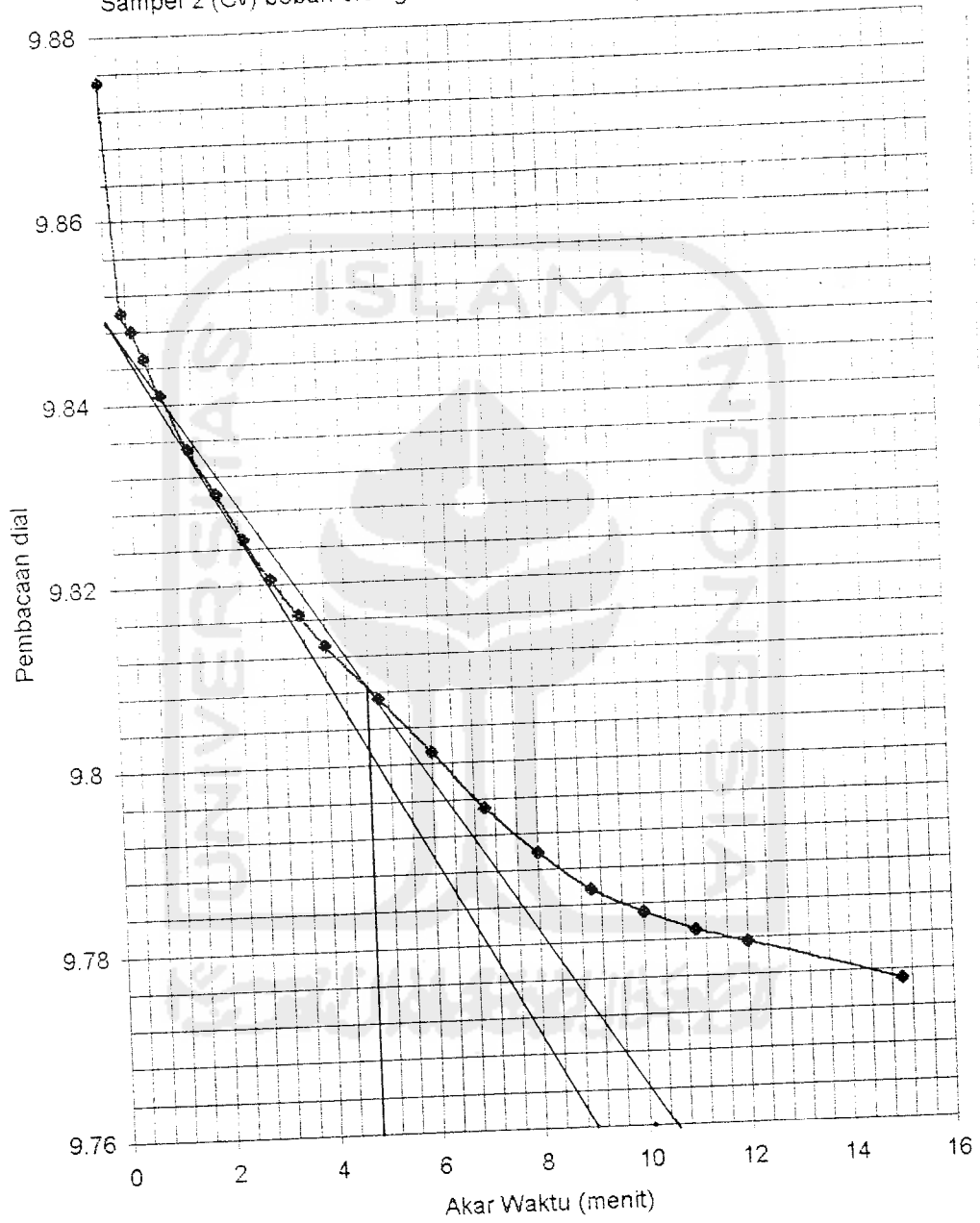
Vt90 = 4.1 menit

t90 = 16.81 menit

Consolidation Test

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Kasongan
Kedalaman : 1,0 m
Sampel 2 (Cv) beban 0.5 kg/cm²

Dikerjakan oleh: Arief &



Beban 0.5 kg/cm²

Vt90 = 4.8 menit

t90 = 23.04 menit

Consolidation Test

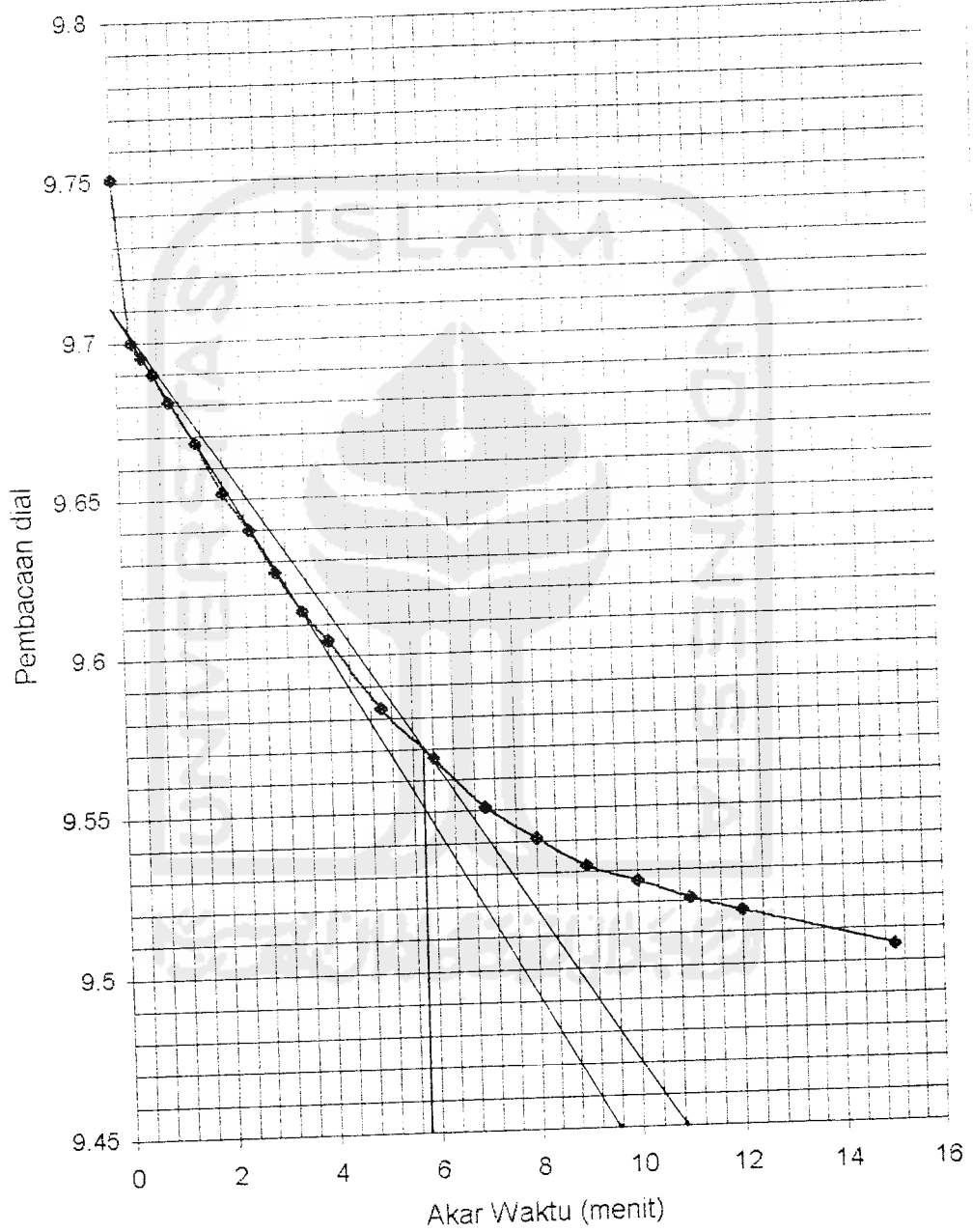
Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : Kasongan

Kedalaman : 1,0 m

Sampel 2 (Cv) beban 1.0 kg/cm²

Dikerjakan oleh: Arief &



Beban 1.0 kg/cm²

Vt90= 5.8 menit

t90 = 33.64 menit

Consolidation Test

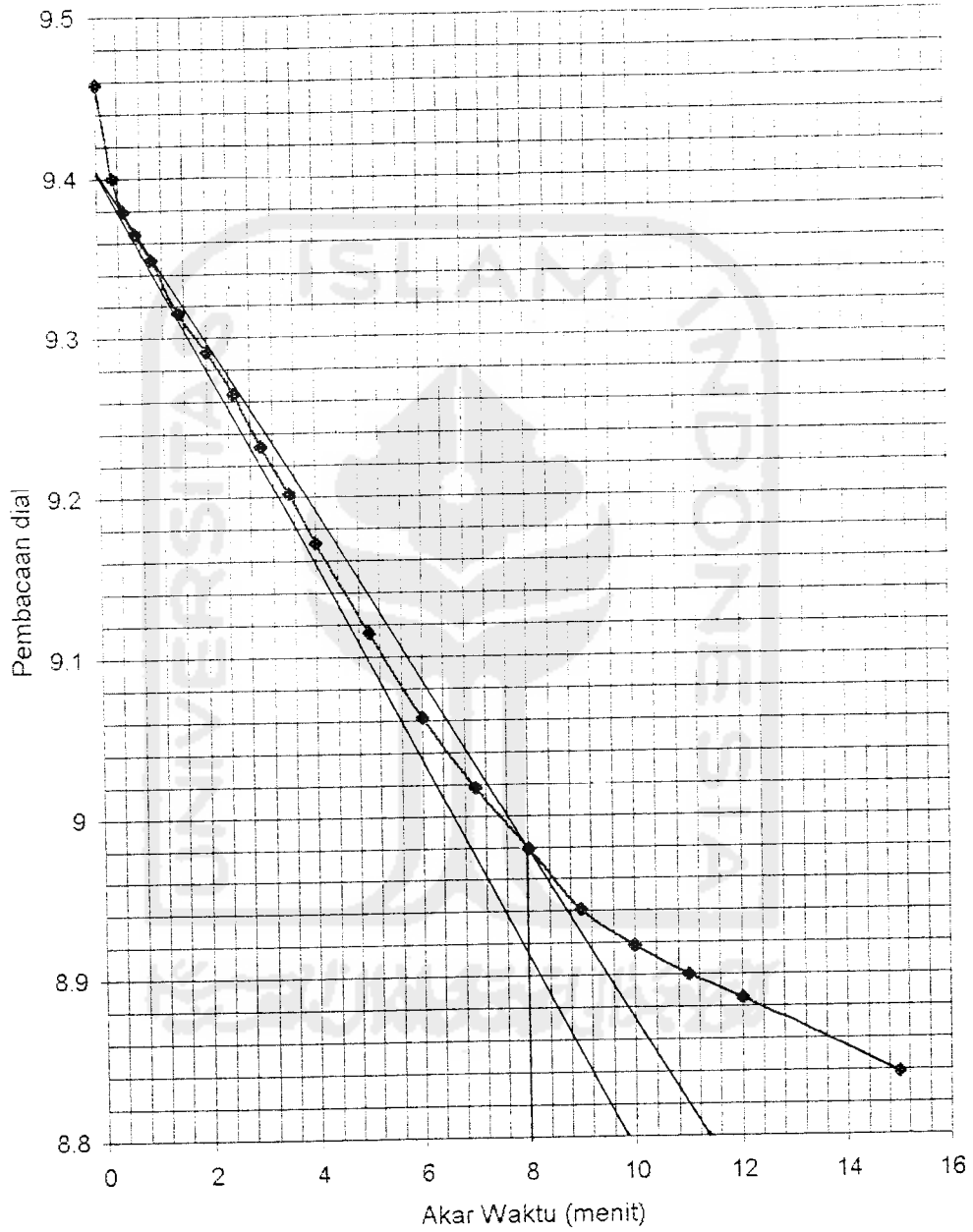
Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : Kasongan

Kedalaman : 1,0 m

Sampel 2 (Cv) beban 2.0 kg/cm²

Dikerjakan oleh: Arief &



Beban 2.0 kg/cm²

Vt90 = 8 menit

t90 = 64 menit

Consolidation Test

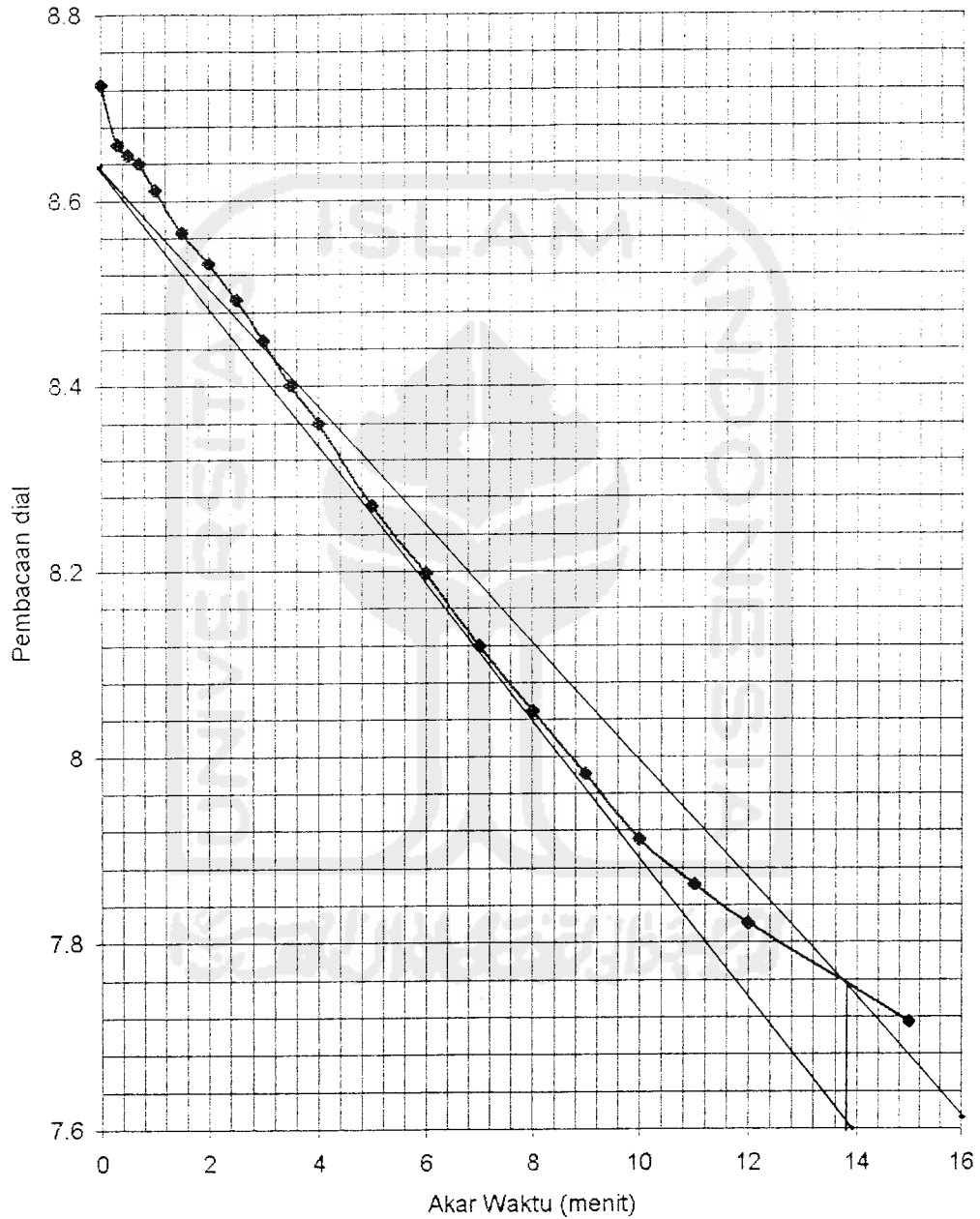
Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : Kasongan

Kedalaman : 1,0 m

Sampel 2 (Cv) beban 4.0 kg/cm²

Dikerjakan oleh: Arief &



Beban 4.0 kg/cm²

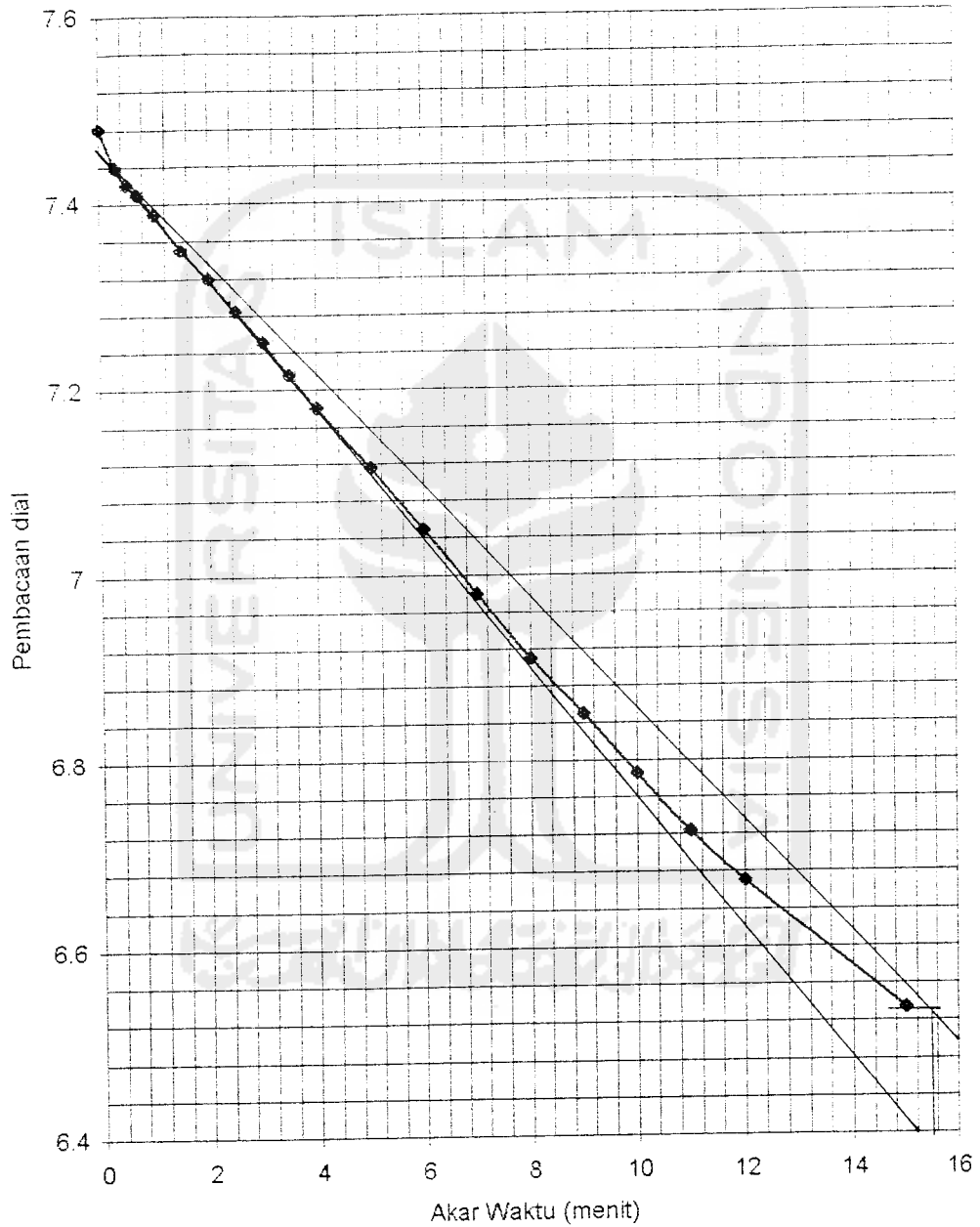
Vt90 = 13.8 menit

t90 = 190.44 menit

Consolidation Test

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Kasongan
Kedalaman : 1,0 m
Sampel 2 (Cv) beban 8.0 kg/cm²

Dikerjakan oleh: Arief &



Beban 8.0 kg/cm²

V_{t90} = 15.5 menit

t_{90} = 240.25 menit



PENGUJIAN KONSOLIDASI DAN PENURUNAN

Sampel 3 (Cv)

Lokasi	: Kasongan	No. Titik	: 01
Kedalaman	: 1,0 m	Tanggal	: 11 Juni 1998
Berat jenis tanah G_s	= 2,49 g/cm ³	Tinggi cincin	= 2,08 cm
Berat cincin (W_c)	= 40,15 gram	Luas cincin	= 19,635 cm ²
Diameter cincin	= 5,0 cm	Volume cincin V_o	= 40,840 cm ³

Sebelum Pengujian

No. Pengujian	1	2
Berat Container (W_1) gram	21,82	21,70
Berat Cont + Tanah basah (W_2) gram	34,10	28,99
Berat Cont + Tanah kering (W_3) gram	29,42	26,10
Kadar Air (w) = $[(W_2 - W_3) / (W_3 - W_1)] \times 100 \%$	61,50	65,68
Kadar Air rata-rata (w_r)	63,59	

Berat cincin + tanah basah (W_4)	107,35	Gram
Berat tanah basah [$W_b = W_4 - W_c$]	67,20	Gram
Berat tanah kering [$W_t = W_b / (1 - w_r)$]	41,0783	Gram
Berat volume tanah kering [$\gamma_d = W_t / V$]	1,00581	Gram/cm ³
Tinggi bagian padat [$H_t = W_t / G_s \cdot A$]	0,84019	Cm
Angka pori [$e_o = (H_o - H_t) / H_t$]	1,44018	
Derajat kekenyangan [$S_o = (w_o \cdot G_s) / e_o$]	102,3625	%

Setelah Pengujian

Berat cincin + tanah basah (W_5)	104,4	Gram
Berat cincin + tanah kering (W_6)	81,24	Gram
Berat tanah kering [$W_k = W_6 - W_c$]	41,09	Gram
Kadar air [$W_{sp} = (W_5 - W_6) / W_k$]	56,3641	%



PENGUJIAN KONSOLIDASI DAN PENURUNAN

Sampel 3 (Cv)

Lokasi : Kasongan
Kedalaman : 1,0 m

No. Titik : 01
Tanggal : 11 Juni 1998

Pembacaan penurunan

Waktu Pembacaan t	vt (merut)	Pembacaan dial (mm) untuk beban (kg/cm ²)							
		0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	2.00 *)	0.25 *)
0	0.0	10.000	9.620	9.395	8.935	8.215	7.000	5.590	6.165
5,40"	0.3	9.890	9.575	9.335	8.877	8.135	6.945		
15,00"	0.5	9.831	9.564	9.320	8.850	8.105	6.910		
29,4"	0.7	9.800	9.559	9.310	8.835	8.080	6.890		
1,00"	1.0	9.789	9.550	9.295	8.813	8.050	6.862		
2,25"	1.5	9.772	9.537	9.270	8.785	8.005	6.824		
4,00"	2.0	9.755	9.525	9.249	8.753	7.960	6.778		
6,25"	2.5	9.739	9.514	9.225	8.713	7.904	6.725		
9,00"	3.0	9.731	9.507	9.209	8.691	7.872	6.696		
12,25"	3.5	9.719	9.498	9.189	8.660	7.826	6.660		
16,00"	4.0	9.710	9.489	9.168	8.631	7.781	6.624		
25,00"	5.0	9.692	9.475	9.131	8.579	7.697	6.540		
36,00"	6.0	9.682	9.463	9.104	8.525	7.618	6.465		
49,00"	7.0	9.674	9.454	9.083	8.480	7.549	6.385		
64,00"	8.0	9.669	9.448	9.065	8.441	7.485	6.318		
81,00"	9.0	9.664	9.443	9.050	8.410	7.420	6.253		
100,00"	10.0	9.660	9.439	9.037	8.385	7.375	6.191		
121,00"	11.0	9.655	9.436	9.027	8.365	7.335	6.129		
144,00"	12.0	9.652	9.432	9.018	8.347	7.290	6.071		
225,00"	15.0	9.651	9.425	9.000	8.310	7.205	5.920		
400,00"	20.0								
1440,0"	38.0	9.620	9.395	8.935	8.215	7.000	5.590	6.165	7.078

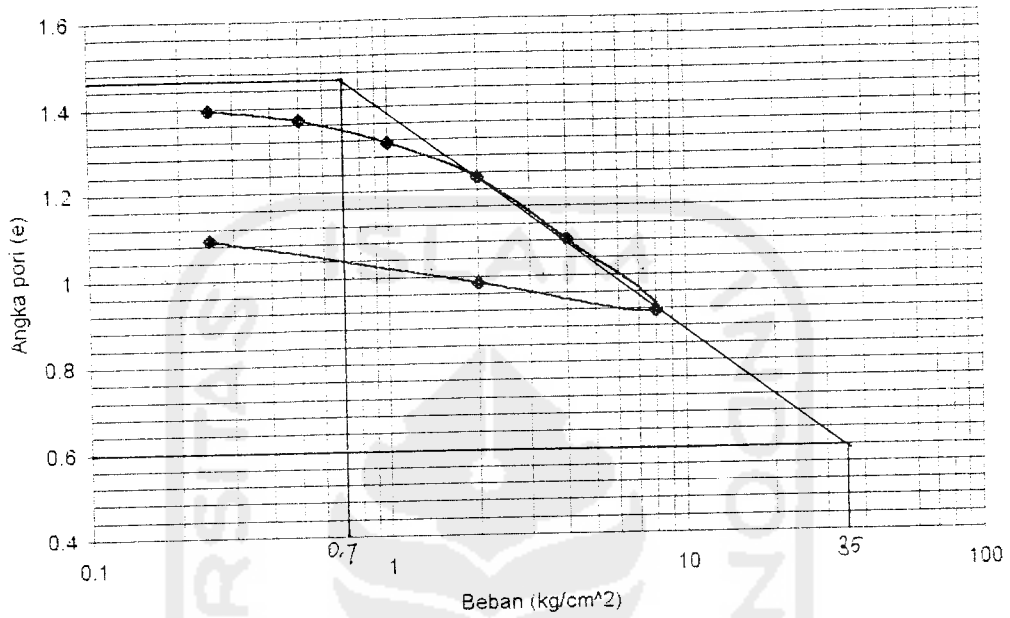
Catatan:

*) Pengembangan ("rebound") setelah tekanan sesudah 8 kg/cm², yaitu 2,0 kg/cm²; 0,25 kg/cm², dan 0 kg/cm², umumnya dibaca (dicatat) hanya pembacaan setelah arloji tidak bergerak lagi (± 4 jam dapat kurang atau tergantung jenis tanahnya).

Consolidation Test

Proyek : Tugas Akhir
 Kedalaman : 1,0 m
 Sampel 3 (Cv)

Lokasi : Kasongan
 Tgl : 11 Juni 1998
 Dikerjakan : Arief & Candra

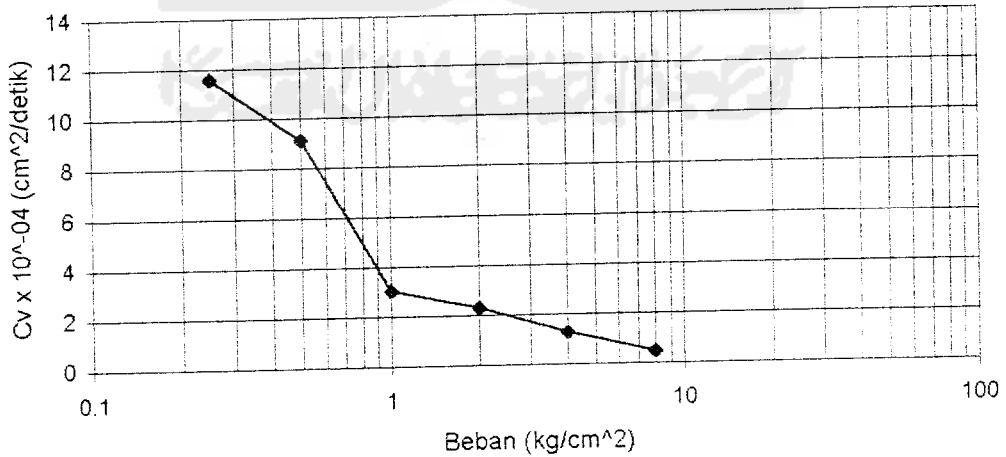


$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log(P_2/P_1)}$$

$$C_c = \frac{1.44018 - 0.60488}{\log(35/0.7)} = 0.49165$$

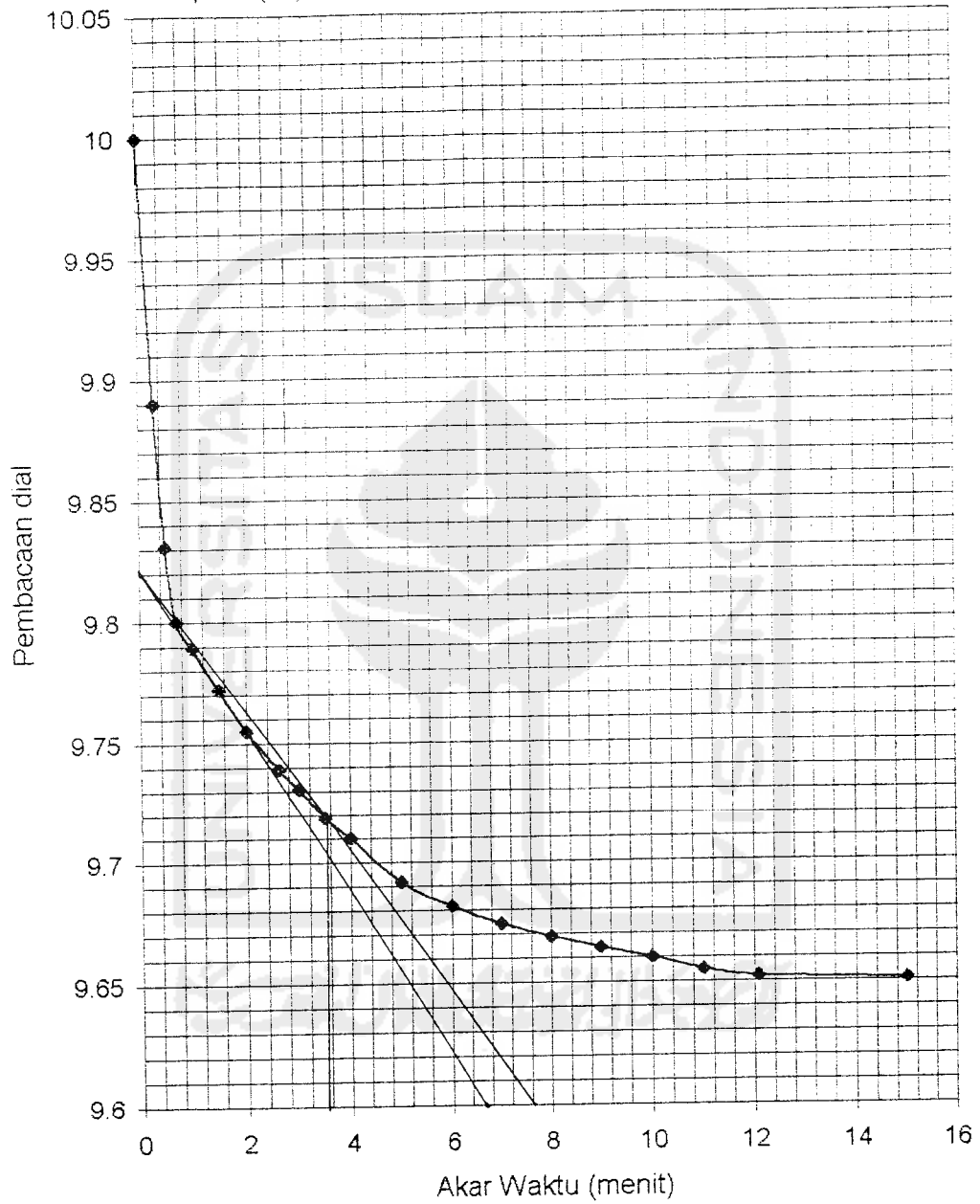
$$e_o = 1.44018$$

$$0.42e_o = 0.60488$$



Consolidation Test

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Kasongan
Kedalaman : 1,0 m
Sampel 3 (Cv) beban 0.25 kg/cm² Dikerjakan oleh: Arief & Candra



Beban 0.25 kg/cm²

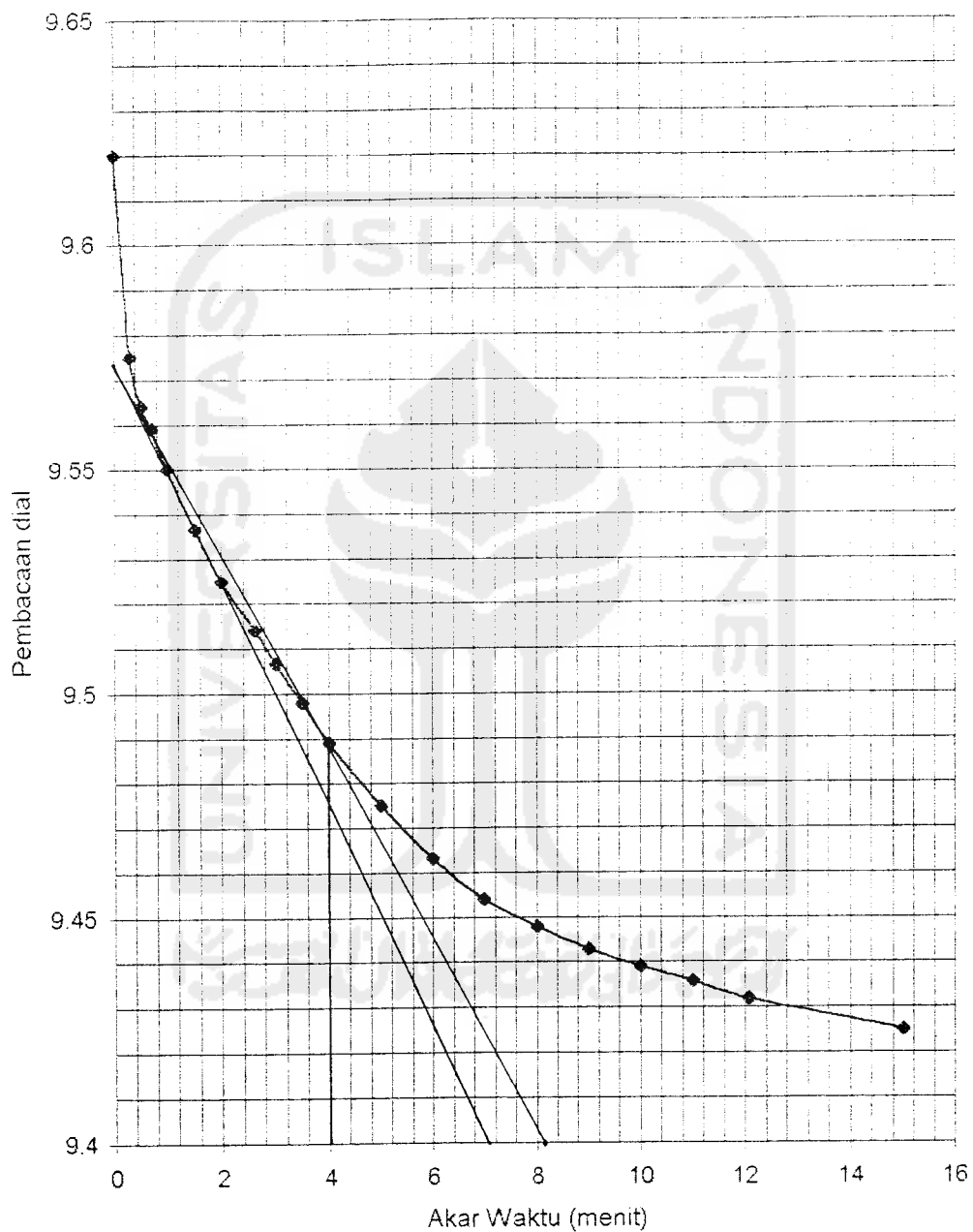
Vt90 = 3.6 menit

t90 = 12.96 menit

Consolidation Test

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Kasongan
Kedalaman : 1,0 m
Sampel 3 (Cv) beban 0.5 kg/cm²

Dikerjakan oleh: Arief & Candra



Beban 0.5 kg/cm²

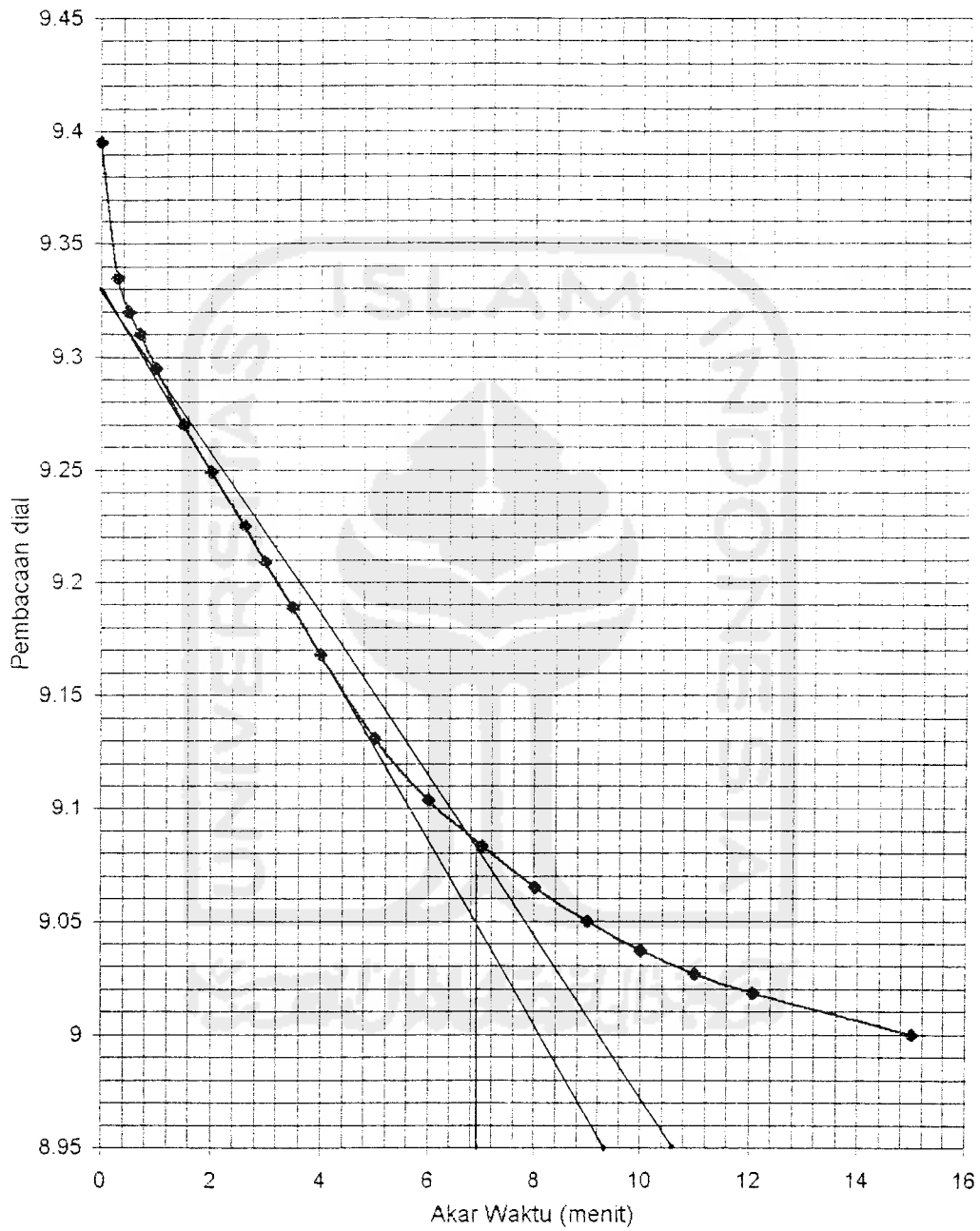
Vt90 = 4 menit

t90 = 16 menit

Consolidation Test

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Kasongan
Kedalaman : 1,0 m
Sampel 3 (Cv) beban 1.0 kg/cm²

Dikerjakan oleh: Arief & Candra



Beban 1.0 kg/cm²

Vt90= 6.85 menit

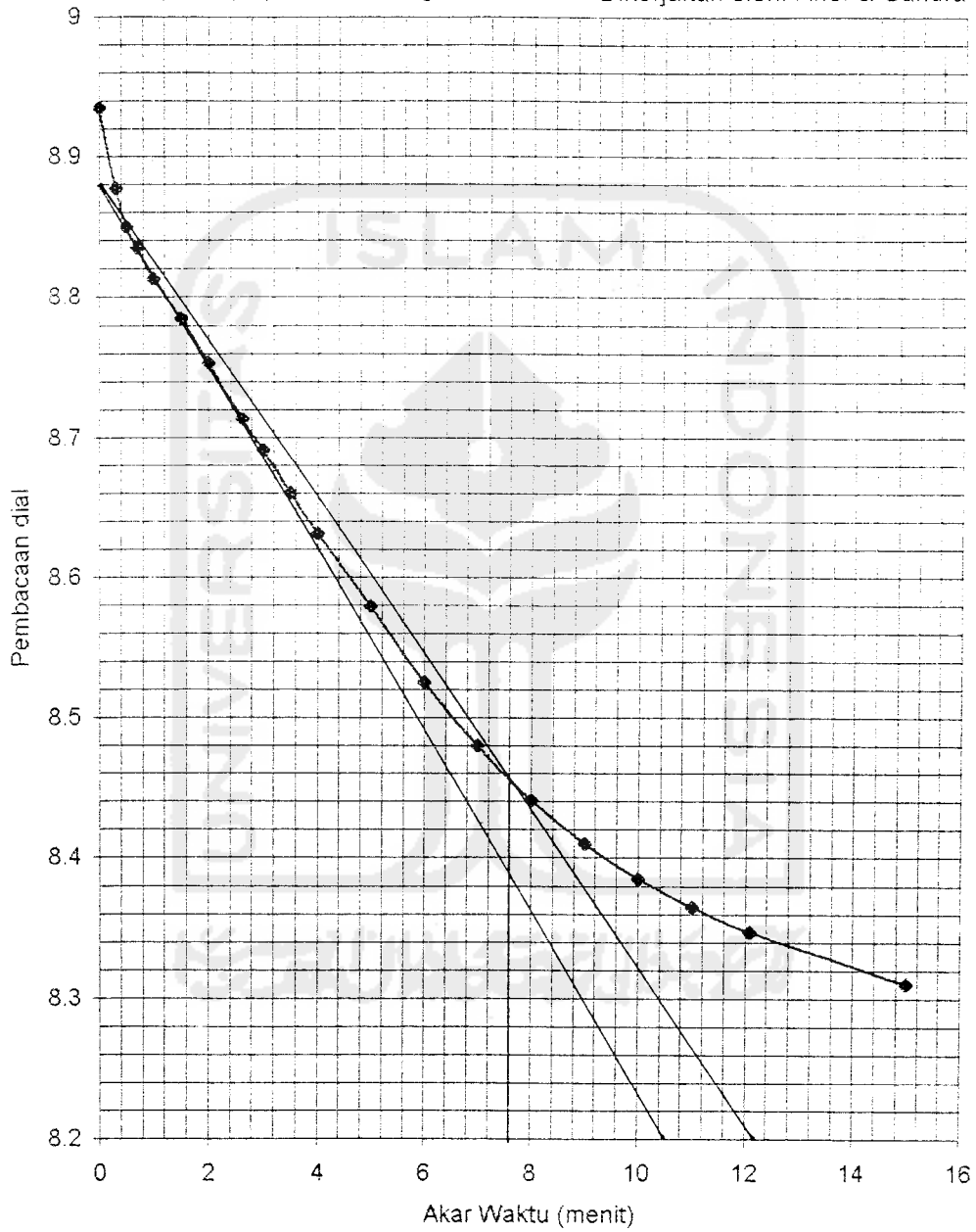
t90 = 46.9225 menit

est

Consolidation Test

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Kasongan
Kedalaman : 1,0 m
Sampel 3 (Cv) beban 2.0 kg/cm²

Dikerjakan oleh: Arief & Candra



Beban 2.0 kg/cm²

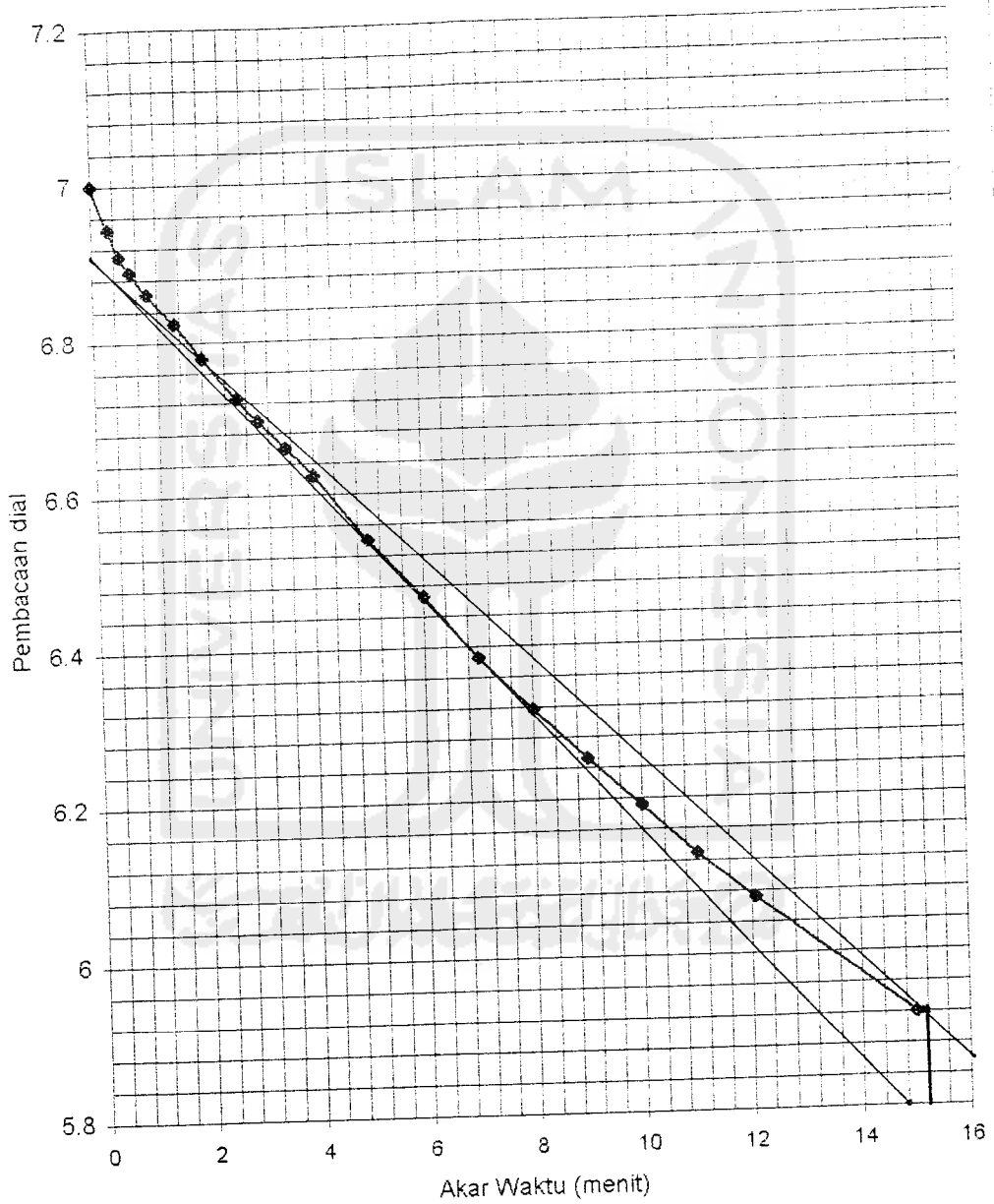
Vt90 = 7.6 menit

t90 = 57.76 menit

Consolidation Test

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Kasongan
Kedalaman : 1.0 m
Sampel 3 (Cv) beban 8.0 kg/cm²

Dikerjakan oleh: Arief & Candra



Beban 8.0 kg/cm²

Vt90 = 15.2 menit

t90 = 231.04 menit



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	ARIEF SETIAWAN	93 310 043		TRANSPORTASI
2.	ZANDRA ARI WIBOWO	93 310 127		TRANSPORTASI

JUDUL TUGAS AKHIR : PENGGUNAAN GEOTEKSTIL UNTUK VERTIKAL DRAIN PADA
PROSES KONSOLIDASI TANAH.




Dosen Pembimbing I : : DR. IR. EDY PURWANTO, CES, DEA
Dosen Pembimbing II : : IR. AKHMAD MARZUKO, MT

Yogyakarta, 08 Mei 1998
An. Dekan,
Ketua Jurusan Teknik Sipil.



IR. H. TADJUDDIN EMAL, M2

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
01.	21/198 /6	I, II & III.	<ul style="list-style-type: none"> - Proposal di Surabaya - Laporan BSR di lingkungan & konsultasi ke Bp. Nasrudin Daftar Pustaka - Penulisan program asbi - komposisi sang - pembekuan & kesiapan - tanggal 96 & 100 	
02.	29.6.98		<ul style="list-style-type: none"> - Daftar Pustaka - Penulisan program asbi - komposisi sang - pembekuan & kesiapan - tanggal 96 & 100 	
03.	30-7-98		<ul style="list-style-type: none"> - Daftar Pustaka - Penulisan program asbi - komposisi sang - pembekuan & kesiapan - tanggal 96 & 100 	
04.	23.7.90		<ul style="list-style-type: none"> - Daftar Pustaka - Penulisan program asbi - komposisi sang - pembekuan & kesiapan - tanggal 96 & 100 	