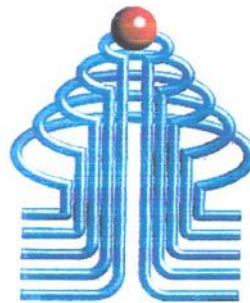


LAPORAN PENELITIAN

HUBUNGAN ANTARA PARAMETER KONSOLIDASI TANAH GAMBUT DENGAN BATAS KONSISTENSI

Dikerjakan Oleh :

Ir. Idrus M.Sc
Staff Pengajar Jurusan Sipil ISTN



ISTN

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
JAKARTA
2003**

UNIVERSITY OF TORONTO

IN THE MATTER OF THE ESTATE OF
JAMES EARL RAY, DECEASED

Trustees of the Estate

James Earl Ray, Deceased
Trustees of the Estate

James Earl Ray
Deceased
Trustees of the Estate

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN**



ISTN

**HUBUNGAN ANTARA PARAMETER
KONSOLIDASI TANAH GAMBUT DENGAN
BATAS KONSISTENSI**

Dikerjakan Oleh:

Ir .Idrus M.Sc, (Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil)

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknik Sipil



Ir. Harry Hartawan, M.T

**Program Studi Teknik Sipil
Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jakarta 2003**

UNIVERSITY OF CALIFORNIA
LIBRARY

6

1957

1957

1957

UNIVERSITY OF CALIFORNIA
LIBRARY
1957

University of California
Library

University of California
Library

University of California
Library

University of California
Library

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
JAKARTA

LEMBAR PENELITIAN

HUBUNGAN ANTARA PARAMETER KONSOLIDASI
TANAH GAMBUT
DENGAN BATAS KONSISTENSI

Peneliti :

Ketua : Ir. Idrus MSc
Anggota : Ir. Fauzi Buldan
Insan Permono

Jakarta, November ~~1988~~ ²⁰⁰³

Peneliti

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
JAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN

HUBUNGAN ANTARA PARAMETER KONSOLIDASI TANAH GAMBUT DENGAN BATAS KONSISTENSI

Peneliti :

Ketua : Ir. Idrus MSc

Anggota : Ir. Fauzi Buldan

Insan Permono

Jakarta, November 1996

Ketua Penelitian

Dekan

(Ir. Idrus MSc)

(Ir. Budi Santoso MSc)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang dengan rahmat ridhoNya, penelitian ini dapat diselesaikan.

Sampai saat ini, penelitian mengenai tanah gambut dibidang teknik sipil masih sangat sedikit sekali dilakukan, sehingga pengetahuan tentang tanah gambut masih sangat terbatas, misalnya terbatasnya informasi tentang perilaku tanah gambut yang ada di Indonesia dan kurangnya pengetahuan tentang teori dan cara pemakaian dalam memperkirakan besar pemampatan tanah gambut di lapangan.

Berdasarkan hal tersebut, kami mencoba mengadakan penelitian untuk mengetahui hubungan antara parameter konsolidasi tanah gambut dengan batas konsistensi. Selain menganalisa hal tersebut di atas, juga ditinjau sifat-sifat fisis dari tanah gambut yang tanahnya diambil dari daerah Ambarawa, Semarang.

Dari hasil penelitian ini didapat, ternyata tanah gambut Semarang memiliki sifat-sifat fisis dari suatu tanah yang buruk. Dan dengan bertambahnya nilai batas cair dan batas plastis akan menaikkan nilai dari indeks kompresi dan menurunkan nilai dari koefisien konsolidasi. Sedangkan dengan bertambahnya nilai batas susut akan menurunkan nilai dari indeks kompresi dan menaikkan nilai dari koefisien konsolidasi.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	
SURAT PERNYATAAN PENGGANTI SUMPAH	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	I
DAFTAR ISI	III
DAFTAR TABEL	VI
DAFTAR GAMBAR	VII
DAFTAR GRAFIK	VIII
DAFTAR NOTASI	IX
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Maksud dan Tujuan	2
I.3. Ruang Lingkup	3
I.4. Metodologi Penelitian	3
I.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
II.1. Klasifikasi Tanah Dasar	7
II.2. Sifat Fisik Tanah	10
II.2.1. Batas-Batas Atterberg	10
II.2.1.1. Batas cair (Liquid Limit,LL)	12
II.2.1.2. Batas Plastis (Plastic Limit,PL)	13

II.2.1.3. Batas Susut (Shrinkage Limit,SL)	13
II.2.1.4. Indeks Plastis (Plasticity Index,PI)	13
II.2.2. Berat Jenis (Specific Gravity)	13
II.2.3. Analisa Ukuran Butir	14
II.2.3.1. Analisa Saringan atau Analisa Ayakan	14
II.2.3.2. Analisa Hidrometer	16
II.3. Konsolidasi	16
II.3.1. Riwayat Konsolidasi	19
II.3.2. Penurunan atau Deformasi Tanah	22
II.3.2.1. Penurunan Seketika	22
II.3.2.2. Penurunan Primer	22
II.3.2.3. Penurunan Sekunder	22
II.3.3. Parameter-Parameter Konsolidasi	23
II.3.3.1. Indek Pemampatan (Cc)	23
II.3.3.2. Koefisien Konsolidasi (Cv)	24
II.3.3.3. Koefisien Kompresibilitas Volume	28
II.3.4. Korelasi Parameter Konsolidasi dan Nilai qc	28
II.4. Pengertian Tanah Gambut	30
II.4.1. Proses Pembentukan Tanah Gambut	31
II.4.2. Sifat dan Ciri Tanah Gambut	33
II.4.3. Klasifikasi Tanah Gambut	36
BAB III PROSEDUR PENGUJIAN LABORATORIUM	44
III.1. Umum	44
III.2. Persiapan Tanah Uji	45

III.3. Nilai Karakteristik Tanah dasar	45
III.3.1. Kadar Air	45
III.3.2. Berat jenis	46
III.3.3. Atterberg Limit	47
III.3.4. Analisa Saringan	51
III.3.5. Analisa Hidrometer	52
III.4. Pengujian Konsolidasi	53
BAB IV PENYAJIAN DATA dan PEMBAHASAN	56
IV.1. Karakteristik Tanah	56
IV.1.1. Indeks Properties dan Specific Gravity	56
IV.1.2. Analisa Ukuran Butir	57
IV.1.3. Pengujian Atterberg Limit	57
IV.1.4. Pengujian Konsolidasi	58
IV.2. Analisa Hasil Percobaan Laboratorium	61
IV.2.1. Klasifikasi Tanah Gambut Semarang	61
IV.2.2. Hubungan Antara Parameter Konsolidasi Dengan Batas Konsistensi	61
BAB V KESIMPULAN dan SARAN	81
V.1. Kesimpulan	81
V.2. Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN-LAMPIRAN	85

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Sistem Klasifikasi Tanah Unified	8
Tabel 2.2. Klasifikasi Tanah AASTHO	9
Tabel 2.3. Korelasi Parameter Konsolidasi dan Nilai q_c	29
Tabel 4.1. Nilai Parameter-Parameter Indeks Properties dan Specific Gravity	56
Tabel 4.2. Nilai Parameter-Parameter Analisa Ukuran Butir	57
Tabel 4.3. Nilai Parameter-Parameter atterberg Limit	57
Tabel 4.4. Nilai Parameter-Parameter Konsolidasi	59
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Indeks Properties dan Specific Gravity	64
Tabel 4.6. Hasil Pengujian Ukuran Butir	64
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Atterberg limit	65
Tabel 4.8. Hasil Pengujian Konsolidasi	65
Tabel 4.9. Hasil Hubungan Antara Parameter-Parameter Konsolidasi dengan Batas Konsistensi	82

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1.	Percobaan Batas Cair	12
Gambar 2.2.	Grafik Lengkung Gradasi	15
Gambar 2.3.	Karakteristik Konsolidasi Tanah Yang Terkonsolidasi Secara Normal (Normally Consolidated)	20
Gambar 2.4.	Karakteristik Konsolidasi Tanah Yang Terlalu Terkonsolidasi	21
Gambar 2.5.	Grafik Hubungan Antara Angka Pori dan Tegangan	24
Gambar 2.6.	Grafik Metode Akar Waktu	25
Gambar 2.7.	Grafik Untuk Mencari Tekanan Prakonsolidasi	26

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1. Hubungan antara LL dengan Cc lapangan	66
Grafik 4.2. Hubungan antara LL dengan Cc laboratorium	67
Grafik 4.3. Hubungan antara PL dengan Cc lapangan	68
Grafik 4.4. Hubungan antara PL dengan Cc laboratorium	69
Grafik 4.5. Hubungan antara SL dengan Cc lapangan	70
Grafik 4.6. Hubungan antara SL dengan Cc laboratorium	71
Grafik 4.7. Hubungan antara LL dengan Cv	72
Grafik 4.8. Hubungan antara PL dengan Cv	73
Grafik 4.9. Hubungan antara SL dengan Cv	74
Grafik 4.10. Hubungan antara eo dengan Cc lapangan	75
Grafik 4.11. Hubungan antara eo dengan Cc laboratorium	76
Grafik 4.12. Hubungan antara Wn dengan Cc lapangan	77
Grafik 4.13. Hubungan antara Wn dengan Cc laboratorium	78
Grafik 4.14. Hubungan antara eo dengan Cv	79
Grafik 4.15. Hubungan antara Wn dengan Cv	80

DAFTAR NOTASI

SIMBOL	PENJELASAN
INGGRIS	
C_c	Indeks kompresi
C_v	Koefisien konsolidasi
e	Angka pori
G_s	Berat spesifik butiran tanah
LL	Batas cair pada atterberg limit
M_v	Koefisien konsolidasi volume
N	Jumlah pukulan pada uji batas cair
n	Porositas
q_c	Tahanan penetrasi konus
SL	Batas susut pada atterberg limit
S_r	Derajat kejenuhan
t	Waktu
t_{90}	Waktu yang dibutuhkan untuk tercapainya konsolidasi 90%
U	Derajat konsolidasi
V	Volume
v_a	Volume Udara
v_d	Volume kering tanah
P	Tekanan
P_c	Tekanan prakonsolidasi

P_o	Tekanan efektif awal
OCR	Overconsolidation ratio
vs	Volume butiran tanah
W	Berat
w	Kadar air

YUNANI

γ	Berat isi
γ_d	Berat isi kering
γ_s	Berat isi butir
γ_u	Berat isi air

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Dalam masa pertumbuhan sekarang ini jalan raya merupakan sarana perhubungan yang sangat penting dalam fungsinya untuk menghubungkan suatu daerah dengan daerah yang lainnya. Dengan semakin meningkatnya pembangunan akan meningkatkan pula kepadatan lalu lintas yang melalui jalan raya, yang tentunya menuntut tingkat pelayanan yang semakin tinggi. Hal ini dapat dicapai antara lain dengan menentukan tebal perkerasan konstruksi yang sesuai.

Tanah pada pekerjaan konstruksi senantiasa mempunyai peranan yang sangat penting, baik untuk konstruksi perkerasan jalan raya maupun untuk konstruksi bangunan lainnya, dimana tanah dasar tersebut harus cukup kuat dalam menahan beban yang bekerja di atasnya. Karena tanah adalah tempat bagi pondasi untuk meneruskan beban di atasnya. Bila tanah mendapat tekanan secara perlahan, maka beban tersebut akan dipikul oleh air yang terdapat dalam pori-pori tanah. Hal ini disebabkan karena air bersifat tidak mudah dimampatkan, sedang butiran tanah mengatur posisi untuk keseimbangan baru.

Tegangan air yang mendapatkan tambahan beban disebut dengan Tegangan Hidrostatik Berlebih, dimana tegangan ini secara berangsur-angsur mendorong air keluar dari pori-pori tanah, sehingga akan terjadi perubahan

volume sama dengan volume air yang keluar. Perubahan inilah yang disebut dengan *Konsolidasi Tanah*.

Untuk menganalisa jumlah kadar air yang terdapat dalam lapisan serta nilai koefisien konsolidasi tanah, maka perlu diketahui karakteristik dari konsolidasi tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian konsolidasi di laboratorium.

Konsistensi dapat diartikan suatu ukuran relatif dimana tanah dapat berubah bentuk. Konsistensi banyak dihubungkan dengan kadar air, yang menunjukkan kekenyalan tanah itu. Kadar air dimana massa tanah berubah dari suatu bentuk ke bentuk lainnya disebut *Batas Konsistensi*. Oleh karena disini ingin mengetahui keadaan tanah tersebut, maka akan dilakukan pengujian Batas-Batas Atterberg atau Batas Konsistensi di Laboratorium.

Dalam penelitian ini penulis akan mempelajari hubungan parameter konsolidasi tanah dengan batas konsistensi.

Sedangkan tanah yang digunakan dalam penelitian ini, penulis menggunakan contoh tanah *Gambut* yang diambil dari daerah *Ambarawa, Semarang*.

1.2 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menggambarkan proses keadaan tanah yang mana bila dibiarkan mengering perlahan sampai tak terjadi perubahan volume lagi, maka tanah tersebut akan melalui beberapa proses tertentu, yaitu proses yang mengenai batas-batas konsistensi pada lapisan tanah, yang meliputi batas:

- Batas cair (Liquid Limit)
 - Batas Plastis (Plastis Limit)
 - Batas Susut (Shrinkage Limit)
 - Index Properties dan Spesifik Gravity
2. Untuk mengetahui atau menentukan parameter-parameter konsolidasi dari suatu contoh tanah asli dan hubungan antara parameter-parameter Konsolidasi dengan batas konsistensi.

I.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pembahasan dititik beratkan dengan melakukan pengujian utama dan mencari karakteristik dari tanah dasar tersebut, yang diambil dengan cara pengeboran tangan (Hand Boring). Adapun pengujian-pengujian yang dilakukan meliputi:

- Pengujian Liquid Limit (batas cair)
- Pengujian Plastis Limit (batas plastis)
- Pengujian Shrinkage Limit (batas susut)
- Pengujian Index Properties dan Spesifik Gravity
- Pengujian Konsolidasi
- Pengujian Analisa Ayakan dan Hydrometer.

I.4 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah dengan melakukan penelitian di Laboratorium Mekanika Tanah pada Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN) Jakarta, dengan tambahan beberapa literatur sebagai buku

acuan yang berhubungan dengan permasalahan Konsolidasi dan Batas Konsistensi.

I.5 Sistematika Penulisan

Dalam sistematika penulisan tugas akhir ini, secara garis besar dibagi dalam 5 bab, yaitu:

BAB I : PENDAHULUAN

- I.1. Latar Belakang
- I.2. Maksud dan Tujuan
- I.3. Ruang Lingkup
- I.4. Metodologi Penulisan
- I.5. Sistematika Penulisan

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

- II.1. Klasifikasi Tanah Dasar
- II.2. Sifat Fisik Tanah
 - II.2.1. Batas-Batas Atterberg (Atterberg Limit)
 - II.2.1.1. Batas Cair (Liquid Limit, LL)
 - II.2.1.2. Batas Plastis (Plastis Limit, PL)
 - II.2.1.3. Batas Susut (Shrinkage Limit, SL)
 - II.2.1.4. Index Plastis (Plasticity Index , PI)
 - II.2.2. Berat Jenis (Spesifik Gravity)
 - II.2.3. Analisa Ukuran Butiran
 - II.2.3.1. Analisa Saringan atau Analisa Ayakan
 - II.2.3.2. Analisa Hydrometer

II.3. Konsolidasi

II.3.1. Riwayat Konsolidasi

II.3.2. Penurunan atau Deformasi Tanah

II.3.2.1. Penurunan Seketika

II.3.2.2. Penurunan Primer

II.3.2.3. Penurunan Sekunder

II.3.3. Parameter-Parameter Konsolidasi

II.3.3.1. Index Pemampatan (C_c)

II.3.3.2. Koefisien Konsolidasi (C_v)

II.3.3.3. Koefisien Kompresibilitas Volume (m_v)

II.3.4. Korelasi Parameter Konsolidasi dan Nilai q_c

II.4. Pengertian Tanah Gambut

II.4.1. Proses Pembentukan Tanah Gambut

II.4.2. Sifat dan Ciri Tanah Gambut

II.4.3. Klasifikasi Tanah Gambut

BAB III : PROSEDUR PENGUJIAN DI LABORATORIUM

III.1. Umum

III.2. Persiapan Tanah Uji

III.3. Nilai Karakteristik Tanah Dasar

III.3.1. Kadar Air

III.3.2. Berat Jenis

III.3.3. Atterberg Limit

III.3.4. Analisa Saringan

III.3.5. Analisa Hydrometer

III.4. Pengujian Konsolidasi

BAB IV : PENYAJIAN DATA DAN PEMBAHASAN

IV.1. Karakteristik Tanah

IV.1.1. Index Properties dan Spesifik Gravity

IV.1.2. Analisa Ukuran Butir

IV.1.3. Pengujian Atterberg limit

IV.1.4. Pengujian Konsolidasi

IV.2. Analisa Hasil Percobaan Laboratorium

IV.2.1. Analisa Data Tanah Asli

IV.2.2. Hubungan Antara Parameter Konsolidasi dengan batas
Konsistensi

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

V.2. Saran

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Klasifikasi Tanah Dasar

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasan yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci.

Tanah secara umum dapat diklasifikasikan sebagai tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Tetapi istilah ini terlalu umum, sehingga memungkinkan terjadinya identifikasi yang sama untuk tanah-tanah yang hampir sama sifatnya.

Sejumlah sistem klasifikasi telah digunakan pada akhir-akhir ini, tetapi pada penulisan ini hanya dua buah sistem yang kita tinjau, yaitu :

1. Sistem Klasifikasi Tanah Unified (Unified Soil Classification - USC).

Sistem ini banyak dipakai untuk pekerjaan teknik pondasi seperti untuk bendungan, bangunan dan konstruksi yang sejenis. Kelompok-kelompok tanah utama pada sistem klasifikasi ini seperti yang diperlihatkan pada tabel 2.1. dibawah ini. Tanah ditentukan lewat simbol kelompok yang terdiri dari sebuah prefiks dan sebuah sufiks. Prefiks menunjukkan jenis tanah utama dan Sufiks menunjukkan subdivisi didalam kelompok-kelompok seperti contoh sebagai berikut :

Jenis Tanah	Prefix	Sub kelompok	Sufix
		Gradasi baik	W
Kerikil	G	Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	WI, 50 %	L
Organik	O	WI > 50 %	H
Gambut	Pt		

Tabel 2.1. Sitem Klasifikasi Tanah Unified¹

Kerikil yang bergradasi baik adalah GW; Pasir yang bergradasi buruk adalah SP; Lempung dengan batas cair > 50% adalah CH dan seterusnya.

Sistem klasifikasi tanah unified mendefinisikan tanah sebagai berikut :

1. Berbutir kasar apabila lebih dari 50% tertahan pada saringan no. 200.

Tanah berbutir kasar dapat berupa salah satu dari dibawah ini :

- a. Kerikil, apabila lebih dari setengah fraksi kasar tertahan pada saringan no.4.
- b. Pasir, apabila lebih dari setengah fraksi kasar berada diantara ukuran saringan no.4 dan no. 200.

2. Berbutir halus apabila lebih dari 50% dapat lolos pada saringan no. 200.

2. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*)

Sistem ini mengklasifikasikan tanah kedalam 8 (delapan) kelompok, A-1 sampai A-8, dan pada awalnya membutuhkan data-data sebagai berikut :

1. Analisa ukuran butiran
2. Batas cair dan batas plastis dan Indeks Plastis yang dihitung

¹ Bowles. Joseph. E, *Mekanika Tanah, Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*

Tabel 4-4 Sistem klasifikasi tanah AASHTO

Perhatikan bahwa A-8, yaitu gambut dan rawang, ditentukan dengan klasifikasi visual dan tidak diperhatikan dalam tabel.

Klasifikasi umum	Bahan-bahan berbutir (35% atau kurang lolos No. 200)				Bahan-bahan lanau-lempung (Lebih dari 35% lolos No. 200)			
	A-1	A-3	A-2		A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7		A-7-5; A-7-6
Analisis saringan: Persen lolos:								
No. 10	maks. 50							
No. 40	maks. 30	maks. 50	maks. 51					
No. 200	maks. 15	maks. 25	maks. 10	maks. 35	maks. 35	maks. 35	min. 36	min. 36
Karakteristik fraksi yang lolos No. 40								
Batas cair:								
Indeks plastisitas	maks. 6	N.P.					maks. 41	min. 41
Indeks kelompok	0	0	0			maks. 4	maks. 8	maks. 12
Jenis-jenis bahan pendukung utama	Fragmen batu, kerikil, dan pasir	Pasir halus	Kerikil dan pasir berlanau atau berlempung		Tanah berlanau	Tanah berlempung	Tanah berlempung	
Tingkatan umum sebagai tanah	Sangat baik sampai baik			sedang sampai buruk				

Tabel 2.2. Klasifikasi Tanah AASHTO²

² Bowles. Joseph. E, Mekanika Tanah, Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah

3. Batas susut

Pada tabel 2.2. di atas, ini merupakan klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO. Tanah A-1 sampai A-3 adalah tanah berbutir dengan tidak lebih dari 35% bahan lolos saringan no. 200. Pada kelompok A-4 sampai A-7 dianggap sebagai tanah berbutir halus, dan semuanya mempunyai lebih dari 35% bahan yang lolos saringan no. 200. Sedangkan pada kelompok A-8 adalah tanah gambut (tanah organik) atau rawang (tipis, sangat berair dan mengandung organik yang cukup banyak) dan diidentifikasi lewat pemeriksaan terhadap depositnya.

II.2 Sifat Fisik Tanah

Tanah dasar yang berfungsi mendukung sub struktur perkerasan dan lalu lintas permukaan, biasanya dipengaruhi oleh sejumlah faktor-faktor seperti : klasifikasi tanah, gradasi butiran, batas-batas Atterberg dan sebagainya.

Untuk mengetahui nilai dari faktor-faktor tersebut di atas dilakukan percobaan-percobaan di Laboratorium. Adapun pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium berdasarkan petunjuk dari American Society for Testing and Material (ASTM) dan buku-buku mengenai percobaan mekanika tanah di Laboratorium sebagai teori pendukung.

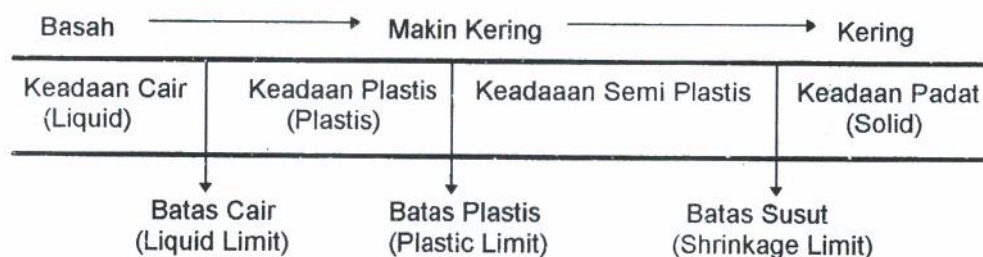
II.2.1 Batas-Batas Atterberg (Atterberg Limit)

Tujuan dari percobaan batas-batas Atterberg ini adalah untuk mengetahui nilai Batas Cair (Liquid Limit, LL), Batas Plastis (Plastic Limit, PL), dan Batas Susut (Shrinkage Limit, SI). Yang paling penting adalah batas cair dan batas

plastis, karena keduanya digunakan untuk mendapatkan nilai Index Plastisitas (Plasticity Index, PI).

Batas cair dan batas plastis tidak secara langsung memberikan angka-angka yang dapat dipakai langsung dalam perhitungan, karena nilai-nilai yang didapat hanyalah merupakan gambaran secara garis besar akan sifat-sifat tanah yang bersangkutan. Tanah yang batas cairnya tinggi biasanya mempunyai sifat yang buruk, yaitu kekuatannya rendah, compressibilitynya tinggi, dan sulit untuk dipadatkan. Sedangkan nilai dari Index Plastis biasanya dipakai pada pembuatan jalan (misalnya).

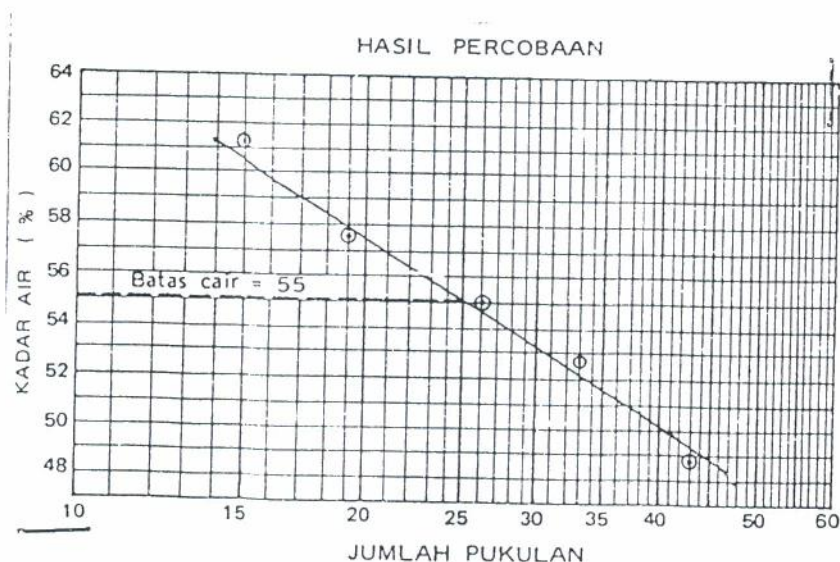
Pada metode Atterberg Limits ini, menggambarkan proses keadaan tanah, dimana tanah tersebut dibiarkan mengering secara perlahan-lahan sampai tak terjadi perubahan volume lagi. Maka tanah tersebut dikatakan telah melalui proses-proses tertentu, yaitu dari keadaan cair menjadi keadaan plastis dan akhirnya menjadi keadaan padat. Proses keadaan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :³



³ Wesley, L.D. Dr. Ir, Mekanika Tanah

II.2.1.1 Batas Cair (liquid Limit, LL)

Batas cair adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis (yaitu batas atas dari daerah plastis). Kadar air dimana untuk nilai-nilai di atasnya tanah akan berperilaku sebagai cairan kental (campuran tanah air tanpa kuat geser yang dapat diukur). Dalam teknik tanah, batas cair ini didefinisikan secara kasar sebagai kadar air dimana 25 kali pukulan oleh alat batas cair akan menutup celah (groove) standar yang dibuat pada lempengan tanah untuk panjang 12,7 cm. Biasanya percobaan ini dilakukan terhadap beberapa contoh dengan kadar air yang berbeda, dan banyaknya pukulan dapat dihitung untuk masing-masing kadar air yang berbeda, dan banyaknya pukulan dihitung untuk masing-masing kadar air. Dengan demikian dapat dibuat suatu grafik kadar air terhadap banyaknya pukulan seperti terlihat pada gambar 2.1. Dari grafik ini dapat dibaca kadar air pada 25 pukulan .



Gambar 2.1. Percobaan Batas cair.

II.2.1.2 Batas Plastis (Plastic Limit, PL)

Batas plastis adalah kadar air pada batas bawah daerah plastis. Kadar air ini ditentukan dengan menggulung tanah pada plat kaca sehingga diameter tanah itu mencapai 1/8 inci (3mm). Bilamana tanah mulai menjadi pecah pada saat diameternya mencapai 1/8 inci maka kadar air tanah itu disebut batas plastis.

II.2.1.3 Batas Susut (Shrinkage Limit, SL)

Suatu tanah akan menyusut apabila air yang dikandung dalam tanah tersebut secara perlahan-lahan menghilang, sehingga tanah akan mencapai suatu keseimbangan dimana penambahan kehilangan air tidak akan menyebabkan perubahan volume. Apabila perubahan volume pada suatu masa tanah tersebut berhenti maka keadaan tersebut dapat didefinisikan sebagai batas susut.

II.2.1.4 Indeks Plastis (Plasticity Index, PI)

Indeks plastis adalah selisih antara batas cair dan batas plastis, yaitu daerah dimana tanah tersebut adalah dalam keadaan plastis,

$$PI = LL - PL.$$

II.2.2 Berat jenis (Specific Gravity)

Berat jenis (G_s , Specific Gravity) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air. Berat jenis ini dinyatakan dalam suatu bilangan tanpa satuan dimana nilainya berkisar antara 2,4 - 2,8 dengan rata-rata 2,65. Untuk Tanah gambut berkisar antara 1,26 - 1,8.

II.2.3 Analisa Ukuran Butir

Sifat-sifat macam tanah tertentu banyak tergantung kepada ukuran butirnya. Karena itu besarnya butir tanah merupakan dasar untuk klasifikasi atau pemberian nama kepada macam-macam jenis tanah tertentu.

Besarnya butir tanah biasanya digambarkan pada grafik, yaitu grafik lengkung gradasi atau grafik lengkung pembagian butir, seperti terlihat pada gambar 2.2. Pada grafik ini terlihat besarnya butir merupakan batas antara kerikil dan pasir, pasir dan lanau dan seterusnya.

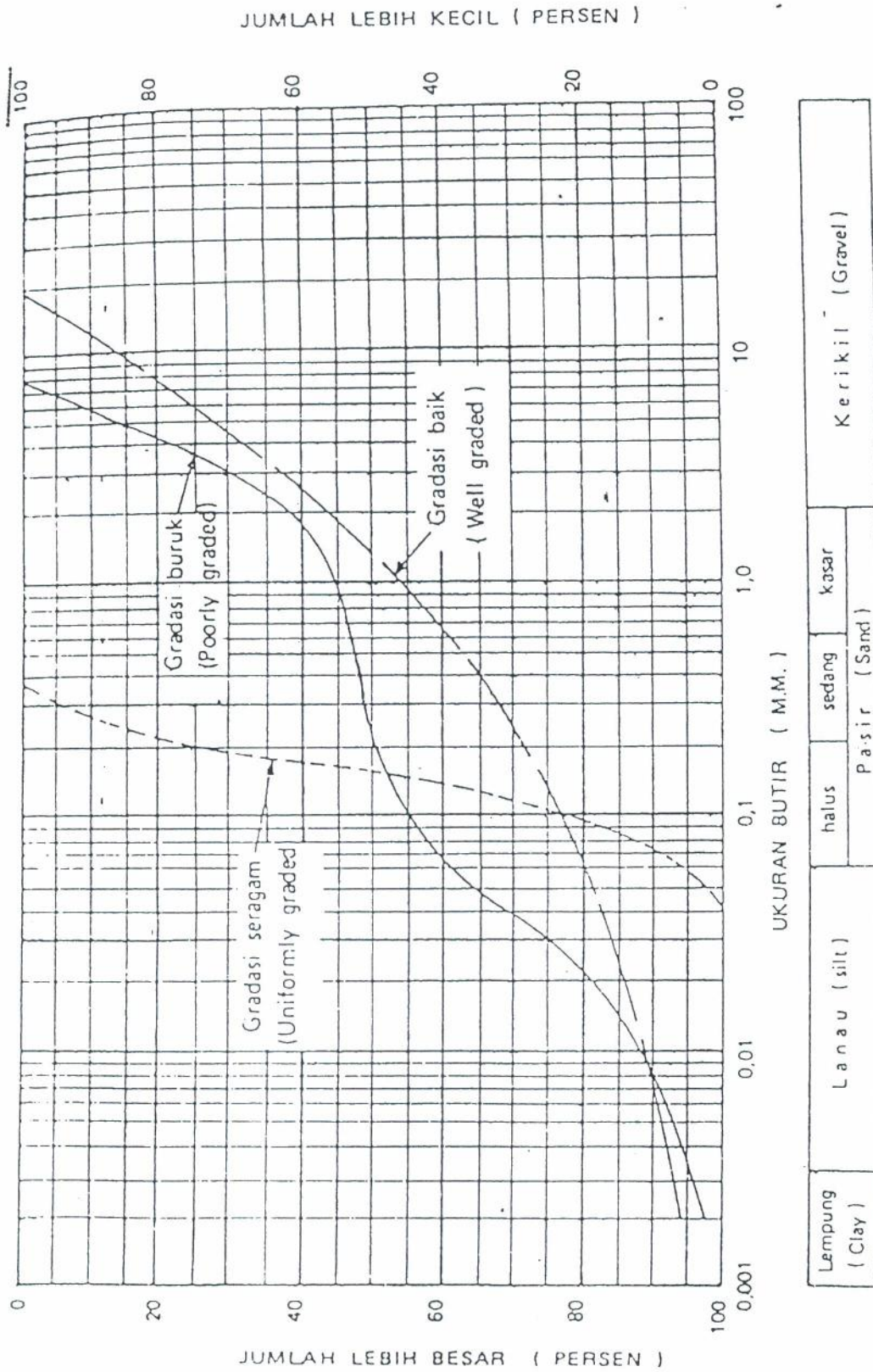
Tanah yang ukuran butirnya dibagi rata antara yang besar dan yang kecil dinyatakan bergradasi baik (*well graded*). Tetapi jika tanah tersebut terdapat kekurangan atau kelebihan salah satu ukuran butir tertentu maka dikatakan bergradasi buruk (*poorty graded*). Sedangkan bila tanah mempunyai butir yang besarnya hampir sama dikatakan bergradasi seragam (*uniformly graded*).

Penentuan ukuran butiran tanah dilakukan dalam dua cara yaitu Analisa Saringan dan Analisa Hydrometer.

II.2.3.1 Analisa Saringan atau Analisa Ayakan

Analisa ayakan adalah mengayak sejumlah contoh tanah kering oven melalui satu set ayakan dimana diameter daripada lubang-lubang ayakan itu berbeda-beda dari yang besar sampai dengan ukuran yang kecil yang disusun secara berurutan.

Analisa Ayakan bertujuan untuk menentukan pembagian butir untuk contoh tanah berbutir kasar dengan cara ayakan.



Gambar 2.2. Grafik Lengkung Gradasi

II.2.3.2 Analisa Hydrometer

Analisa Hydrometer dipakai untuk tanah yang lebih halus, dimana tanah tersebut lolos pada saringan no. 200. Analisa ini didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) butir-butir tanah didalam air. Bila suatu contoh tanah dilarutkan dalam air, partikel-partikel tanah akan mengendap dengan kecepatan yang berbeda-beda tergantung pada bentuk, ukuran dan beratnya.

Analisa hydrometer bertujuan untuk menentukan pembagian butir tanah dengan cara pengendapan untuk butir-butir halus.

II.3 Konsolidasi

Bilamana suatu lapisan tanah mengalami tambahan beban di atasnya, maka air pori akan mengalir dari lapisan tersebut dan isinya (volume) akan menjadi lebih kecil, yaitu akan terjadi konsolidasi. Pada umumnya konsolidasi ini akan berlangsung dalam satu arah saja, yaitu arah vertikal, karena lapisan yang mengalami tambahan beban tidak dapat bergerak dalam arah horizontal (ditahan oleh tanah disekelilingnya).

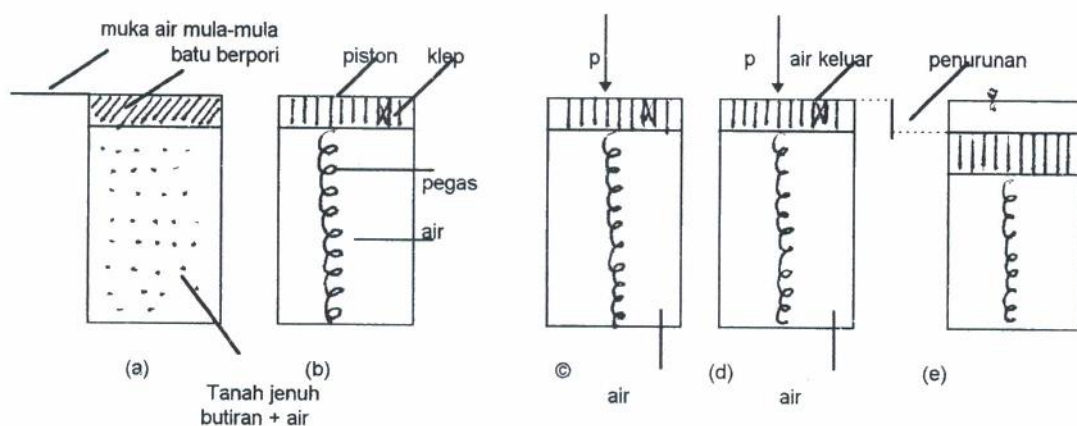
Proses terjadinya konsolidasi :

- Tanah jenuh (fully saturated) dibebani, segera setelah beban bekerja, terbentuk tegangan air pori sensitif (u). Hal ini berarti beban pada awal bekerjanya dipikul oleh air pori.
- Setelah berlangsung beberapa lama, air yang memikul tegangan ini akan mengalir keluar dari pori-pori tanah, akibat adanya excess pore water

pressure (u), sehingga terjadilah perubahan volume dan kemudian tanah termampatkan.

- Proses di atas akan diikuti dengan adanya pengurangan kadar air dari tanah.
- Proses pengurangan volume akibat perubahan kadar air atau akibat pengaliran air tanah keluar dari pori-pori tanah karena dibebani disebut :
Konsolidasi

Mekanisme ini dianalogikan sebagai berikut :⁴



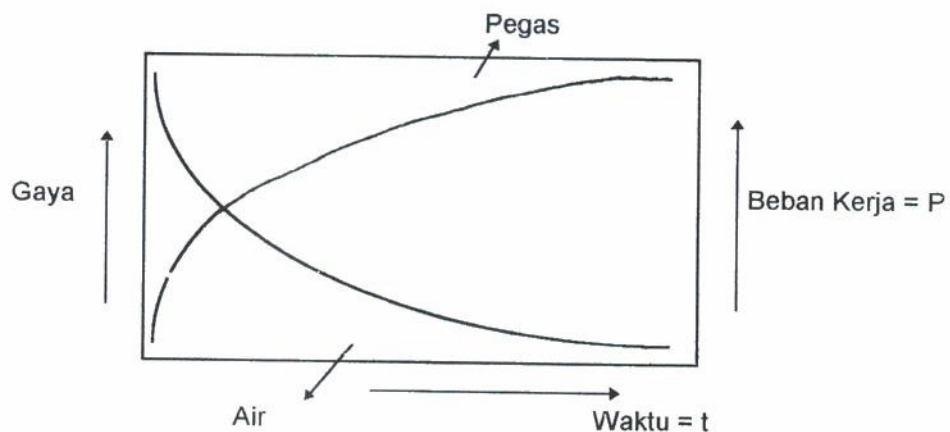
- Tanah jenuh (fully saturated) terdiri dari butiran dan air
- Keadaan (a) dianalogikan dengan (b), yaitu butiran tanah disertakan dengan pegas dan air tanah disetarakan dengan air
- Ketika piston dibebani P , pada awalnya klep dari piston masih tertutup, yang menggambarkan bahwa air tanah belum segera mengalir karena permeabilitas yang kecil. Karena air adalah material non compressible dan

⁴ R.F.Craig. Budi Susilo. S, Mekanika Tanah

pegas adalah material compressible, maka mula-mula beban P akan dipikul oleh air. Dalam keadaan ini tegangan pegas = 0 dan tegangan air = P .

- a. Setelah beberapa waktu berlalu (singkat), klep akan terbuka dan air mulai mengalir keluar, sehingga pegas mulai tertekan dan lama kelamaan (jangka panjang) tegangan air menjadi berkurang hingga 0.
- b. Pada waktu tegangan air menjadi nol, maka seluruh beban P dipikul oleh pegas. Karena kompressibilitas pegas, terjadilah penurunan atau deformasi dari pegas ini.

Hubungan antara beban P , pegas = butiran dan air = air tanah, digambarkan sebagai berikut :



Dengan demikian konsolidasi adalah penurunan tanah disertai kenaikan tegangan air pori, yang karena adanya drainase, tegangan ini lama kelamaan berangsur-angsur menurun. Pada saat tambahan tegangan air pori menjadi nol, $u = 0$, maka dikatakan konsolidasi telah selesai.

Teori konsolidasi diberikan oleh Terzaghi, untuk konsolidasi satu arah (one dimensional consolidation) menggunakan asumsi-asumsi :⁵

1. Tanah adalah homogen
2. Tanah jenuh air (fully saturated), $S_r = 100\%$
3. Partikel air dan butiran tanah tidak dapat dimampatkan
4. Tegangan dan pengaliran air berlangsung dalam arah vertikal
5. Untuk perhitungan pengaliran air, Hukum Darcy diberlakukan
6. Koefisien permeabilitas dan koefisien kompresibilitas volume dianggap konstan selama proses konsolidasi berlangsung
7. Tegangan akibat beban dianggap terbagi merata pada potongan horizontal tanah
8. Hubungan antara void ratio (e) dengan tegangan efektif (P') tidak tergantung pada waktu

II.3.1 Riwayat Konsolidasi

Tanah mempunyai riwayat yaitu menyatakan tegangan dan perubahan-perubahan lain yang terjadi atau dialami selama sejarah tanah tersebut.

Tanah dinamakan Normally Consolidated jika tanah belum mengalami tegangan yang lebih besar daripada tegangan yang ada saat ini.

Sedangkan Over Consolidated jika tanah mengalami tegangan akibat pembebanan yang lebih besar daripada tegangan yang ada saat ini.

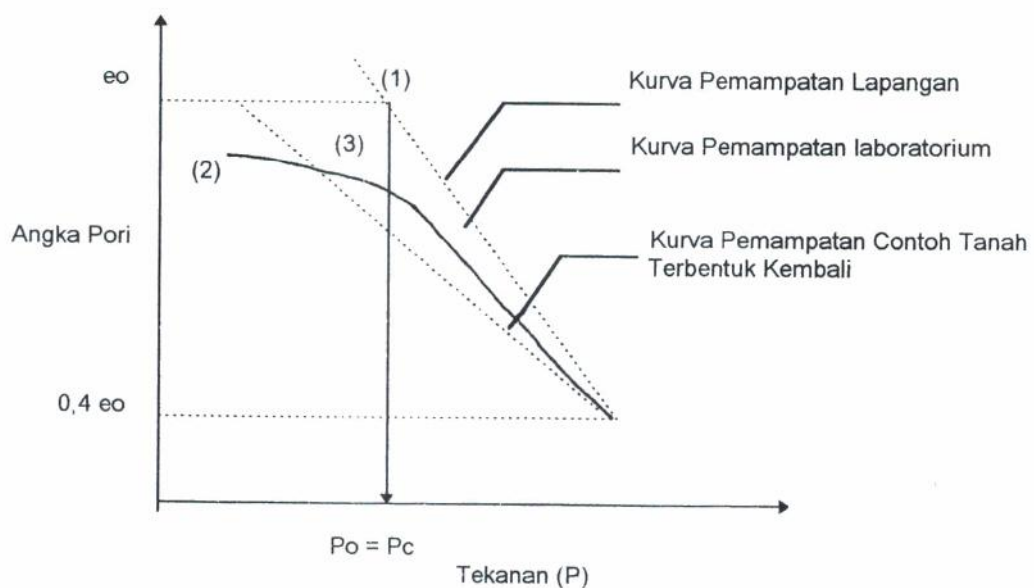
Over consolidated terjadi karena beberapa hal, antara lain :

⁵ Bowles. Joseph. E, Mekanika Tanah, Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah

1. Erosi
2. Permukaan air tanah naik
3. Pelapukan
4. Penuaan
5. Sementasi

Sedangkan under consolidated adalah tanah yang belum mencapai keseimbangan akibat berat sendiri, misalnya tanah yang baru dideposit baik dari gejala geologi maupun oleh pemindahan manusia.

Untuk suatu contoh tanah yang terkonsolidasi secara normal (gambar 2.5)⁶ serta angka pori (e_o) dan tekanan efektif overburden (p_o), perubahan angka pori sebagai akibat dari penambahan tegangan di lapangan dapat ditunjukkan seperti pada Kurva (1). Untuk kurva hasil uji konsolidasi di laboratorium untuk contoh tanah yang struktur tanahnya tidak rusak (undisturbed) ditunjukkan pada Kurva (2).

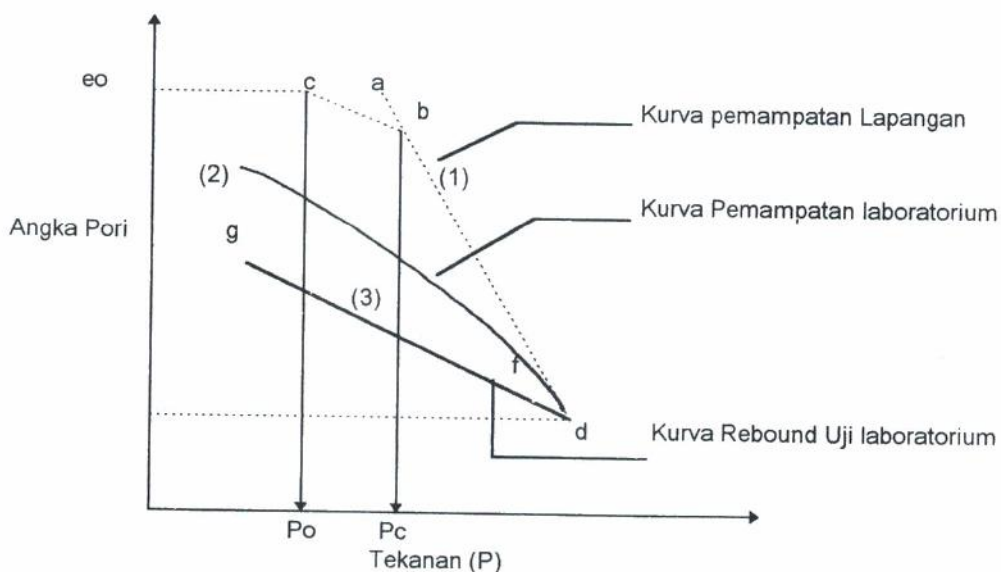


Gambar 2.3. Karakteristik konsolidasi tanah yang terkonsolidasi secara normal (Normally Consolidated)

⁶ Braja. M. Das, Mekanika Tanah, Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoyeknis

(2). Apabila struktur dari contoh tanah tersebut benar-benar rusak dan kemudian dibentuk kembali, maka letak grafik e versus $\log p$ umumnya akan seperti Kurva (3).

Untuk tanah yang terlalu terkonsolidasi dan sudah pernah mengalami tekanan prakonsolidasi (gambar 2.6)⁷, serta angka pori e_o dan tekanan efektif overburden p_o , kurva konsolidasi lapangan adalah seperti yang ditunjukkan oleh garis cbd . Bahwa bd adalah bagian dari kurva pemampatan asli. Hasil uji konsolidasi di laboratorium terhadap contoh tanah yang tingkat kerusakan strukturnya tidak terlalu besar adalah seperti yang ditunjukkan oleh Kurva (2). Kemiringan garis cb merupakan garis pemampatan ulang lapangan, mempunyai kemiringan yang hampir sama dengan kemiringan kurva pantul (rebound) fg dari hasil uji konsolidasi di laboratorium.



Gambar 2.4. Karakteristik konsolidasi tanah yang terlalu terkonsolidasi (Over Consolidated)

⁷ Braja. M. Das, Mekanika Tanah, Prinsip-prinsip Rekayasa geoteknis)

II.3.2 Penurunan atau Deformasi Tanah

Bilamana suatu tanah mendapat tambahan beban di atasnya, maka air pori mengalir dari lapisan tersebut dengan volume yang akan menjadi lebih kecil, pengaruh tersebut di atas disebut penurunan konsolidasi.

Penurunan konsolidasi ini sendiri dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu Penurunan Seketika, Penurunan Konsolidasi Primer dan Penurunan Konsolidasi Sekunder.

II.3.2.1 Penurunan Seketika

Yang merupakan akibat deformasi elastis tanah kering, basah dan jenis air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan penurunan segera, umumnya didasarkan pada penurunan yang diturunkan dari Teori Elastisitas.

Persamaan untuk menghitung penurunan seketika pada prinsipnya serupa dengan deformasi kolom yang dibebani oleh beban P .

II.3.2.2 Penurunan Primer

Umumnya terjadi pada tanah yang bergradasi baik dan mempunyai permeabilitas rendah. Penurunan konsolidasi primer tergantung dari perubahan tekanan air pori di dalam lapisan tanah yang ditinjau. Pada tanah jenuh yang dibebani akan segera terbentuk tegangan air pori positif, dimana berarti beban yang bekerja dipikul oleh air pori. Air yang memikul tegangan ini lama kelamaan akan mengalir keluar dari pori-pori tanah, maka terjadilah perubahan volume dan tanah akan termampatkan, juga diikuti dengan pengurangan kadar air.

II.3.2.3 Penurunan Sekunder

Penurunan yang terjadi setelah tekanan air pori hilang seluruhnya sehingga penataan butiran akan menjadi padat. Penurunan ini terjadi setelah

primary consolidation selesai, pemampatan yang terjadi di sini adalah disebabkan oleh penyesuaian yang bersifat plastis dari butir-butir tanah, indeks pemampatan sekunder sangat kecil sehingga dapat diabaikan.

II.3.3 Parameter-Parameter Konsolidasi

II.3.3.1 Indeks Pemampatan (C_c)

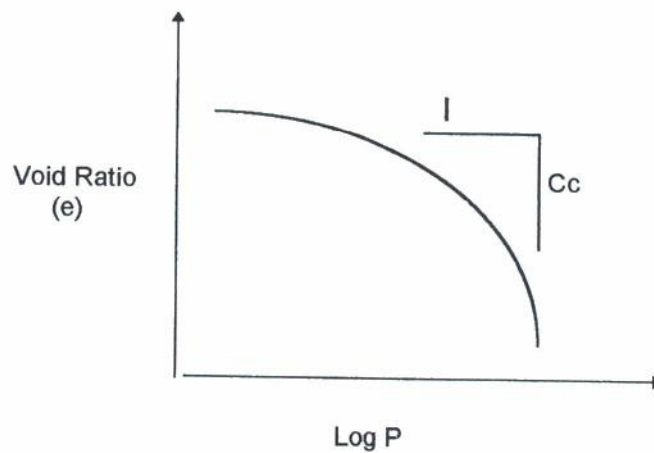
Indeks pemampatan digunakan untuk menghitung berapa besarnya penurunan yang terjadi di lapangan sebagai akibat dari konsolidasi, dapat ditentukan dari kurva yang menunjukkan hubungan antara angka pori dan tekanan yang didapat dari uji konsolidasi di laboratorium.

Untuk mendapatkan nilai parameter C_c ini, terlebih dahulu digambarkan grafik angka pori dan tekanan. Kurva antara angka pori dan tekanan menerangkan contoh tanah di laboratorium akibat pembebanan. Dari kurva $e - \log p$ didapat koefisien tekanan yang diperoleh dari kemiringan cabang akhir (gambar 2.3.) dan dinyatakan sebagai "Indeks Tekanan" C_c dan dihitung sebagai berikut :⁸

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$$

Akan memudahkan untuk mengambil $P_2 - P_1$ log siklus sehingga $\log P_2/P_1 = 1$ (dan kemiringan kurva diperpanjang bilamana perlu). Apabila tidak terdapat daerah linear yang dapat ditentukan secara jelas, kemiringan untuk menentukan C_c harus diambil pada daerah umum yang berlaku untuk penambahan tegangan.

⁸ Bowles. Joseph. E, Mekanika Tanah, Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah



Gambar 2.5. Grafik hubungan antara angka pori dan tegangan

II.3.2 Koefisien Konsolidasi (C_v)

Koefisien konsolidasi (C_v) akan berkurang dengan bertambahnya batas cair (LL) dari tanah⁹. Untuk suatu penambahan beban yang diberikan pada suatu contoh tanah, ada dua metode grafis yang umum dipakai untuk menentukan harga C_v ini

Salah satu dari dua metode tersebut dinamakan metode logaritma waktu yang di perkenalkan oleh Casagrande dan Frandum (1940), sedangkan metode yang satunya dinamakan metode akar waktu yang diperkenalkan Taylor (1942). Dalam penulisan ini, prosedur yang digunakan untuk mendapatkan harga C_v adalah metode akar waktu.

Metode Akat Waktu :

Pada metode ini grafik deformasi dengan akar waktu dibuat untuk tiap-tiap penambahan beban (gambar 2.4). Cara untuk menentukan harga C_v , yang diperlukan adalah sebagai berikut :

⁹ Braja. M. Das Mekanika Tanah, Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis

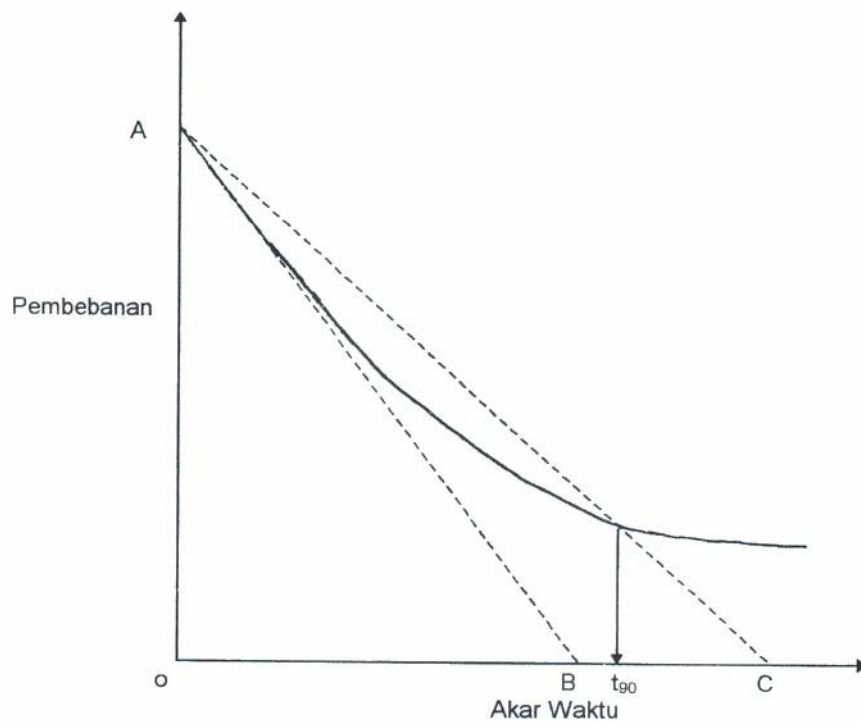
1. Gambar suatu garis AB melalui bagian awal dari kurva
2. Gambar suatu garis AC sehingga $OC = 1,15 OB$. Absis titik D, yang merupakan perpotongan antara garis AC dan kurva konsolidasi, memberikan harga akar waktu untuk tercapainya konsolidasi 90% (t_{90}).
3. Untuk konsolidasi 90%, $t_{90} = 0,848$.

$$\text{Yaitu : } t_{90} = 0,848 = \frac{C_v * t_{90}}{H}$$

Dimana : t_{90} = waktu sampai penurunan 90% selesai

H^2 = jalan air terpanjang

$$\text{Jadi } C_v = (0,848 \times H^2) / t_{90}$$



Grafik 2.6. grafik metode akar waktu¹⁰

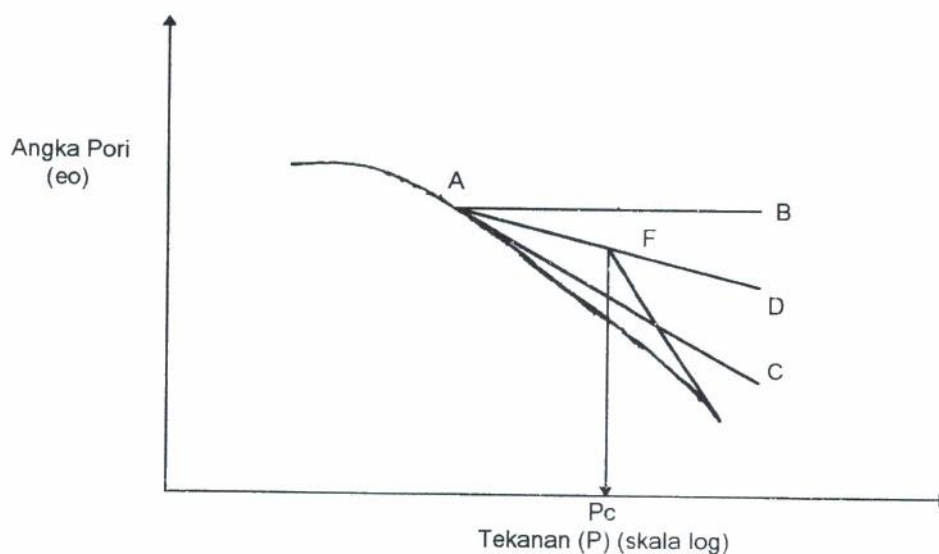
¹⁰ Braja. M. Das, Mekanika Tanah, Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis

Tegangan Prakonsolidasi

Tegangan prakonsolidasi (P_c) adalah tegangan maksimum yang pernah terjadi atau dialami oleh tanah itu. Casagrande (1936) menyarankan suatu cara yang mudah untuk menentukan besarnya tekanan prakonsolidasi (P_c) dari grafik $e - \log p$ yang digambarkan dari hasil percobaan konsolidasi di laboratorium.

Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut :

- Dengan melakukan pengamatan secara visual, tentukan titik A dimana grafik $e - \log p$ mempunyai jari-jari kelengkungan yang paling minimum
- Gambar garis datar AB
- Gambar garis singgung AC pada titik A
- Gambar garis AD yang merupakan garis bagi sudut BAC
- Perpanjang bagian grafik $e - \log p$ yang merupakan garis lurus yang memotong garis AD di titik F, Absis untuk titik F adalah besarnya tekanan prakonsolidasi



Gambar 2.7 Grafik untuk mencari tekanan prakonsolidasi

Dari hasil penentuan tegangan prakonsolidasi, Casagrande memperkirakan riwayat tanah itu dengan membandingkan terhadap tegangan efektif yang bekerja sekarang (P_o') yaitu untuk :

1. $P_c' = P_o'$: tanah bersangkutan adalah normally consolidated
2. $P_c' > P_o'$: tanah bersangkutan adalah over consolidated
3. $P_c' < P_o'$: tanah yang bersangkutan mengalami suatu gangguan yang besar

Dapat didefinisikan suatu nilai "over consolidated ratio" = OCR sebagai perbandingan antara tegangan prakonsolidasi P_c' dengan tegangan efektif yang bekerja sekarang P_o' .

$$OCR = \frac{P_c'}{P_o'}$$

dimana tanah dengan :

- $OCR = 1$, dinamakan Normally Consolidated
- $1 < OCR < 2$ dinamakan Lightly Over Consolidated
- $2 < OCR < 4$ dinamakan Medium Over Konsolidated
- $OCR > 4$ dinamakan Heavly Over Consolidated
- $OCR < 1$ tanah dalam keadaan Under Consolidated

Jika karena sebab, sulit memperoleh P_c' , maka untuk mengetahui apakah tanah itu normally atau over consolidated dapat dilihat dari nilai kadar air asli (W).

Jika (W) lebih dekat pada (W_p), tanah adalah Over Consolidated

Jika (W) lebih dekat pada (W_l), tanah adalah Normally Consolidated

II.3.3.3 Koefisien Kompresibilitas Volume (M_v)

Didefinisikan sebagai perubahan volume per satuan tegangan efektif. Satuan M_v adalah kebalikan dari tekanan (cm^2/kg). Perubahan volume dapat dinyatakan dalam angka pori maupun tebal contoh.

Bila untuk kenaikan tegangan efektif dari σ_0 ke σ_1 angka pori maupun dari e_0 ke e_1 , maka :

$$M_v = - \frac{1}{1 + e_0} \left(\frac{e_0 - e_1}{\sigma_1 - \sigma_0} \right)$$

Nilai M_v untuk tanah tertentu tidak konstan tetapi tergantung pada rentang tegangan yang dihitung. Dengan demikian koefisien-koefisien tersebut dapat dihitung untuk rentang tegangan yang lainnya. Sedangkan untuk nilai M_v dapat digambarkan pada hubungan antara angka pori e dengan tekanan pada skala biasa.

II.3.4 Korelasi Parameter Konsolidasi dan Nilai q_c

Korelasi parameter konsolidasi dan nilai q_c dinyatakan dalam modulus kendala (constraint modulus), biasanya dinotasikan M . Modulus kendala ini dapat dinyatakan dalam rumus di bawah ini :

$$M = \frac{1}{M_v} = \alpha_m q_c$$

Untuk lempung normally consolidated dan over consolidated ringan serta lanau yang konsistensinya kaku dengan q_c kurang dari $1,2 \text{ MN/m}^2$, pendekatan awal dapat menggunakan nilai α_m dalam tabel 2.3. Nilai-nilai yang terdapat dalam tabel ini bisa digunakan untuk kenaikan tekanan yang kecil (hingga 11 KN/m^2) di atas tegangan efektif vertikal di lapangan.

Data-data penunjang nilai dalam tabel ini diberikan oleh Sanglerat (1979), dimana data-datanya berdasarkan nilai tahanan konus dari berbagai jenis penetrometer, tapi sebagian besar dari sondir. Ada hubungan jelas tentang ketidakpastian mengenai rasio antara nilai q_c dari uji penetrometer yang lain ® . Berdasarkan teori sederhana, dengan mempertimbangkan beban tambahan pada mantel sebagai hasil dari luas dan kekuatan yang dibentuk kembali (remoulded strenght) dari lempung, rasio diharapkan berada diantara 1,15 - 1,5 untuk lempung dengan sensitivitas rendah ($2 < S_1 < 8$). Hasil lapangan menunjukkan bahwa nilai rasio 1,25 adalah yang paling memadai.

Pada tabel 2.3. menunjukkan bahwa untuk suatu nilai q_c , ada rentang yang lebar bagi nilai α_m . Untuk menentukan modulus kendala yang lebih akurat, lebih baik jika menggunakan nilai Indeks Properties dan data pengujian oedometer.

Tanah	Klasifikasi	α_m (M)	α_m ®
Lempung plastisitas tinggi dan lanau	CH, MH	2 - 6	2,5 - 7,5
Lempung plastisitas sedang dan rendah $q_c < 0,7 \text{ MN/m}^2$ $q_c > 0,7 \text{ MN/m}^2$	CI, CL	3 - 8 2 - 5	3,7 - 1,0 2,5 - 6,3
Lanau plastisitas rendah dan sedang	MI, ML	3 - 6	3,5 - 7,5
Lanau organik	OL	2 - 8	2,5 - 10
Gambut dan lempung organik $50 < w < 100\%$ $100 < w < 200\%$ $w > 200\%$	Pt, OH	1,5 - 4 1 - 1,5 0,4 - 1	1,9 - 5 1,25 - 1,9 0,5 - 1,25

Tabel 2.3. Korelasi Parameter Konsolidasi dan Nilai q_c

II.4. Pengertian Tanah Gambut

Berbagai istilah telah diberikan kepada tanah yang berkadar bahan organik tinggi, misalnya istilah "tanah gambut" (Wirjodiharjo, 1953), "organosol" (Dudal dan Soeprtohardjo, 1961 dan PPT, 1981) dan "histosol" (FOA-UNESCO, 1974 dan USDA, 1975)¹¹.

Semula para ahli Eropa berpendapat bahwa tanah organik tidak akan ditemui di daerah tropika karena bahan organik dari tumbuh-tumbuhan akan cepat terdekomposisi dan tidak akan terakumulasi di daerah beriklim panas seperti di Indonesia. Akan tetapi dugaan ini ternyata tidak benar, karena Maens dan Vlaardingen pada tahun 1885 menemukan tanah organik di Besuki dan Rembang. Stoop (1885) mengemukakan adanya tanah yang serupa di Rawa Pening, Ambarawa dan tahun 1893 diterbitkan hasil ekspedisi dari Yzerman di Sumatera yang melaporkan adanya tanah organik pada beberapa tempat. Hal ini sekaligus membantah dugaan yang mengatakan bahwa di daerah tropis tidak mungkin terbentuk tanah dengan kadar bahan organik tinggi.

Setelah itu, ditemukan tanah organik pada berbagai tempat di Sumatera, Malaysia, Ceylon, Philipina, suriname dan Afrika. Kemudian berkembanglah penyelidikan-penyelidikan terhadap berbagai sifat tanah ini.

Tanah gambut adalah tanah yang mempunyai kandungan organik yang cukup tinggi dan tanah tersebut pada umumnya terbentuk dari tanah campuran fragmen-fragmen material organik yang berasal dari tumbuhan yang telah berubah sifat menjadi fosil.

¹¹ Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Penerbit Universitas Lampung

Secara teknis yang umum dari tanah gambut adalah mempunyai kandungan air (kadar air) yang cukup tinggi, daya dukung yang rendah dan pemampatan yang tinggi.

Sampai saat ini, penelitian tanah gambut dibidang teknik sipil masih sangat sedikit dilakukan di Indonesia sehingga pengetahuan tentang tanah gambut masih sangat terbatas sekali, misalnya :

1. Terbatasnya informasi tentang perilaku tanah gambut yang ada di Indonesia
2. Kurangnya pengetahuan tentang teori dan cara pemakaian dalam memperkirakan besar pemampatan tanah gambut di lapangan
3. Terbatasnya informasi tentang metode perbaikan lapisan tanah gambut

Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut maka dilakukan penelitian dengan tujuan :

1. Untuk mengetahui sifat fisik tanah gambut
2. Untuk mengetahui sifat teknis tanah gambut
3. Memperkenalkan metode preloading (pemberian beban awal) untuk memperbaiki daya dukung tanah gambut

II.4.1. Proses Pembentukan Tanah Gambut

Berdasarkan kadar bahan organik , tanah dapat dibedakan dalam dua kelompok, yaitu :

1. Tanah mineral, yang berkadar bahan organik berkisar dari sedikit sampai 30 persen.
2. Tanah organik yang berkadar bahan organik lebih dari pada 30 persen.

Tanah-tanah berkadar bahan organik tinggi disebut tanah gambut (Wirjodihardjo, 1953) atau organosol (Dudal dan Soeprtohardjo, 1961 dan PPT, 1981) atau histosol.

Akumulasi bahan organik atau pembentukan gambut merupakan proses pengkarbonan, karena relatif bersifat mempertinggi kadar C dalam tanah bila dibandingkan dengan kadar N,H dan O. Dalam proses ini akan terjadi :

1. Perubahan komposisi bahan-bahan yang larut serta pengangkutannya
2. Bagian utama tumbuh-tumbuhan berupa selulose akan diuraikan perlahan-lahan
3. Akumulasi bahan bagian tumbuh-tumbuhan yang resisten, seperti lignin, damar,gabus dan kutin yang akan mempertinggi kadar C tanah. Lignin mengandung 60-63% C, selulose 40-46% C
4. Makin aktifnya kehidupan jasad renik, setelah mereka memperoleh energi dari penguraian selulose dan hemi selulose.

Proses permulaan sehingga terbentuknya gambut dinamakan "paludisasi", yaitu proses geogenik, yang dalam hal ini berupa akumulasi bahan organik mencapai ketebalan lebih dari 40 cm. Pada keadaan ini akumulasi bahan organik tersebut dapat dianggap suatu proses pembentukan bahan induk dari mana tanah gambut kemudian terbentuk. Dalam proses pembentukan dan perkembangan tanah gambut selanjutnya bahan induk dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ; kelembaban, susunan bahan organik, kemasaman, aktivitas jasad renik dan waktu. Faktor-faktor pembentuknya berupa curah hujan dan kelembaban tinggi, dengan vegetasi berupa rumput dan semak rawa atau pohon-pohon yang suka pada tanah basah.

Menurut ASTM D2607-69, istilah tanah gambut hanya berhubungan dengan bahan organik yang berasal dari proses geologi selain batubara, dibentuk dari tumbuhan yang telah mati berada di dalam air dan hampir tidak ada udara di dalamnya yang terjadi di rawa-rawa dan mempunyai kadar abu tidak lebih 25% dari berat keringnya. Dengan demikian rawa merupakan tempat terjadinya pembentukan tanah gambut.

II.4.2. Sifat Dan Ciri Tanah Gambut

Sifat dan ciri dari tanah gambut dapat ditentukan berdasarkan sifat fisik dan kimianya. Adapun sifat dan ciri tersebut antara lain :

1. Warna

Gambut berwarna coklat tua sampai kehitaman. Meskipun bahan asalnya berwarna kelabu, coklat atau kemerah-merahan, tetapi setelah mengalami dekomposisi muncul senyawa-senyawa humik berwarna gelap. Pada umumnya , perubahan yang dialami oleh sisa bahan organik tanah mineral walaupun pada gambut aerasi terbatas.

2. Berat isi

Ciri kedua yang terpenting adalah ringannya tanah gambut jika kering. Berat isi tanah gambut bila dibandingkan dengan tanah mineral adalah rendah, yaitu 0,2-0,3 merupakan nilai umum bagi tanah organik yang telah mengalami dekomposisi lanjut.

3. Kapasitas menahan air

Ciri ketiga yang penting adalah kapasitas menahan air yang tinggi dari tanah gambut. Mineral kering dapat menahan air $1/5 - 2/5$ dari bobotnya, sedangkan gambut dapat 2-4 kali dari bobot keringnya. Gambut lumut yang belum terdekomposisi sedikit akan menahan air lebih banyak, sekitar 12 atau 15 bahkan 20 kali dari bobotnya sendiri. Berdasarkan berat isi yang rendah, sangat merugikan karena suatu lapisan gambut tertentu pada titik kelembaban optimum akan memberikan air kepada tanaman sedikit lebih banyak dari pada tanah mineral.

4. Struktur

Ciri keempat yang penting dari suatu tanah gambut yang bahan organiknya berkayu atau berserat adalah keadaan fisiknya yang baik bahan organik yang telah terdekomposisi sebagian bersifat koloidal dan mempunyai kemampuan adsorpsi tinggi, kohesi dan plastisitasnya agak rendah. Suatu tanah berbahan organik yang baik adalah porous/mudah dilewati air, terbuka dan mudah diolah. Ciri-ciri ini sangat diinginkan terutama untuk tanaman sayur-sayuran.

Akan tetapi, selama waktu kering, gambut ringan dan lepas yang strukturnya telah dirusak oleh pengolahan, mudah diterbangkan oleh angin dan dapat merusak tanaman. Gambut dapat terbakar bila kering. Kebakaran ini sukar dimatikan dan dapat berlangsung lama dan merusak areal yang luas.

Sebagai akibat dari kemampuan yang besar untuk menahan air, maka apabila terjadi perbaikan drainase dimana bersamaan dengan pengurangan kadar air akan terjadi pemadatan struktur gambut. Hal ini akan menurunkan muka tanah.

Kalau ada tumbuhan, maka akarnya akan muncul di atas permukaan tanah. Disamping itu drainase yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya pengeringan yang searah, sehingga merusak kemampuan menyerap air.

5. Sifat koloidal

Sifat ini jauh lebih jelas diperlihatkan oleh tanah gambut daripada tanah mineral. Luas permukaan dua hingga empat kali daripada mineral liat montmorillonit dan sejalan dengan itu kapasitas tukar kation lebih besar.

6. Reaksi masam

Cenderung bereaksi lebih masam dari tanah mineral pada kejenuhan basa yang sama. Disamping itu dekomposisi bahan organik akan menghasilkan asam-asam organik yang terakumulasi pada tubuh tanah, sehingga akan meningkatkan kemasaman tanah gambut.

7. Sifat Penyangga

Umumnya tanah gambut memperlihatkan daya resistensi yang nyata terhadap perubahan pH, bila dibandingkan dengan tanah mineral. Akibatnya lebih banyak belerang atau kapur yang diperlukan untuk perubahan pH pada tingkat nilai yang sama dengan tanah mineral. Demikian juga terhadap pemupukan, dosis pupuk diperlukan lebih tinggi dari tanah mineral.

8. Kadar Unsur Hara

Kadar N dan bahan organik tinggi pada tanah gambut juga mempunyai perbandingan C dan nilai N tinggi, yaitu 20 atau lebih. Sedangkan tanah mineral yang telah diusahakan hanya antara 10-12. Akan tetapi meskipun perbandingan C dan N tinggi, memperlihatkan proses nitrifikasi yang sangat aktif. Hal ini dapat dijelaskan atas dasar banyaknya N, cukup C dan tidak aktifnya sebagian karbon dari bahan yang resisten, sehingga kegiatan organisme heterotropik yang bersaing tidak terlalu tidak terlalu dirangsang. Dengan demikian organisme yang aktif dalam nitrifikasi memperoleh kesempatan melakukan kegiatannya. Kadar P dan K pada gambut umumnya lebih rendah dari tanah mineral.

II.4.3 Klasifikasi Tanah Gambut

Menurut Polak (1914) dalam Wirjodihardjo (1953) tanah gambut di Indonesia dapat dibedakan atas :

1. Gambut Ombrogen

Luas penyebaran tanah gambut ini di Indonesia meliputi areal 16,5 juta hektar diantaranya seluas 7,5 juta hektar terdapat di Sumatra. Tebal lapisan bahan organiknya berkisar 0,5 - 16 meter terbentuk dari sisa-sisa vegetasi hutan rawa yang membusuk menjadi bahan yang berwarna kecoklatan. Berdasarkan susunan kimianya umumnya gambut ini termasuk golongan oligotropik, tetapi ada pula yang termasuk mesotropik seperti yang terdapat di Kalimantan Selatan. Sifat-sifat lainnya adalah : jenuh air, bereaksi masam, miskin bahan mineral terutama kapur, air berwarna hitam kecoklatan, berbentuk bikonveks dan terdapat rhizopoda.

Kadar N, P dan K cukup tinggi dan tergolong mesotropik, tetapi unsur hara ini hanya sebagian saja yang tersedia bagi tanaman dan reaksi yang masam serta keadaan yang anaerobik menyebabkan gambut ini cenderung tergolong oligotrofik.

2. Gambut Topogin

Gambut ini terbentuk dalam depresi topografi di Rawa, terutama terdapat di Jawa. Berbeda dengan pembentukan gambut ombrogin, gambut topogin ini penyebarannya tidak luas, terdapat hanya setempat-setempat, misalnya Rawa Lakbok, Rawa Pening, Jatoroto, Sumatra timur (Deli), Kalimantan Selatan dan Pangandaran.

3. Gambut Pegunungan

Gambut ini terbentuk pada depresi-depresi daerah pegunungan yang gunung-gunungnya tidak aktif lagi. Pada puncak gunung tersebut sering dijumpai kawah yang merupakan rawa, seperti yang telah ditemukan pada puncak Papandayan, Pangrango dan lain-lainnya. Vegetasi rawa yang dijumpai berupa Hydrophyta dan Cyperaceae berbeda dengan yang terdapat di pegunungan Alpina (Eropa), dimana *Sphagnum* spp, merupakan bahan utama pembentuk gambut, sedangkan di gunung Papandayan dan dataran tinggi Toba vegetasi ini tumbuh langsung pada tanah mineral dengan tidak membentuk gambut. Tidak terakumulasinya bahan *Sphagnum* di daerah tropika terutama disebabkan rendahnya kadar uap di udara, walaupun suhu rendah. Berdasarkan kenyataan

ini, maka gambut pegunungan di Indonesia tidak terbentuk dari bahan *Sphagnum* tetapi dari vegetasi hutan tropika.

Tanpa menghiraukan tingkat dekomposisi bahan organik, gambut dibedakan bahan induknya, yaitu :

1. Gambut Endapan

Gambut ini biasanya diakumulasikan di perairan dalam dan dengan demikian dijumpai dibagian bawah dari suatu profil organik. Kadang-kadang ia tercampur dengan gambut dari bahan induk kainnya yang lebih dekat dengan permukaan. Gambut endapan dibentuk dari bahan tanaman yang mudah dihumifikasikan. Berdasarkan sifat bahan induknya, gambut ini sangat koloidal, padat dan bersifat seperti karet. Kapasitas menahan air tinggi, mungkin 4 sampai 5 kali bobot keringnya. Air yang ada diikat kuat, dengan demikian gambut ini mengering searah. Bila kering sekali ia sukar menghisap air kembali dan tetap keras serta berada dalam bentuk bongkah.

Gambut ini mempunyai sifat fisik yang jelek, sehingga produktifitasnya rendah. Oleh sebab itu bila ia berada pada lapisan olah, tanah tersebut tidak digunakan untuk usaha pertanian. Dalam kadar yang rendah saja bila dijumpai pada lapisan olah akan menurunkan produktifitas tanah tersebut. Akan tetapi pada kebanyakan tanah gambut, gambut ini terdapat dilapisan olah. Dengan demikian adanya gambut ini di dalam profil tidak diperhatikan atau diabaikan, kecuali bila ia menghalangi drainase atau mengganggu kegunaan gambut untuk pertanian.

2. gambut Berserat

Sejumlah gambut ini dijumpai di rawa bersama dengan gambut endapan. Gambut berserat mempunyai kapasitas menahan air tinggi dan memperlihatkan tingkat dekomposisi yang berbeda-beda. Mereka berbeda satu sama lain terutama disebabkan oleh sifat fisik serat, ada yang berserat halus dan ada yang berserat kasar tergantung dari vegetasi bahan asalnya.

Apabila bahannya terdekomposisi, akan dihasilkan gambut yang baik untuk pertanian, meskipun tingkat produktivitas dibedakan oleh vegetasi asal. Gambut yang berasal dari lumut bersifat masam dan rendah kadar abu serta N. Sedangkan gambut yang berasal dari *Lattifolia* dan *Angustifolia* agak masam dan mempunyai keseimbangan hara tanaman yang lebih baik. Gambut berserat dijumpai pada lapisan atas dari proofil dan biasanya berada di atas gambut endapan, bila gambut semacam ini ada. Akan tetapi bila keadaan berfluktuasi gambut endapan dapat juga berada diantara lapisan gambut berserat, bahkan mungkin dekat permukaan.

3. Gambut berkayu

Gambut ini berwarna coklat atau hitam bila basah, warna ini tergantung dari tingkat dekomposisi. Ia lepas dan terbuka bila kering atau agak lembab dan bersifat tidak berserat. Defosit baru sering kali dapat terlihat dengan jelas berbentuk granuler. Dengan demikian ia mudah dibedakan dengan dua tipe gambut yang telah disebutkan terdahulu, terkecuali kalau telah terjadi dekomposisi lanjut.

Gambut berkayu terbentuk dari sisa-sisa pohon, semak atau vegetasi lainnya yang tumbuh di rawa. Meskipun ia terbentuk dari berbagai macam jenis tumbuhan sebagai bahan induknya, gambut ini agak homogen, kecuali terdapat campuran tanah yang cukup bernilai untuk usaha pertanian.

Meene (1982), membagi tanah gambut berdasarkan pada perbedaan bentuk dan kondisi geografis, yaitu :

1. Topogeneous Peat

Yaitu tanah gambut yang diendapkan di bawah muka air tanah, terbentuk sebagai akibat terjadinya depresi topografi

2. Ombrogenous Peat

Yaitu tanah gambut yang diendapkan di atas muka air tanah, yang terbentuk sebagai akibat dari pengaruh hujan

Rigg dan Gessel (1956) menggolongkan tanah gambut atas :

1. Tanah gambut yang berasal dari lumut
2. Tanah gambut berserat
3. Tanah gambut kayu-kayuan, berasal dari batang, daun dan ranting
4. Tanah gambut sedimen, berasal dari tumbuhan mikroskopik

Tanpa memperhatikan proses pembusukannya, tanah gambut menurut Brandy dan Neil (1974), diklasifikasikan berdasarkan material pembentuknya, yaitu

1. Sedimen Peat
2. Fibrous Peat
3. Woody Peat

Berdasarkan kandungan bahan organik dan kadar serat, ASTM D2607-69 (1989) mengklasifikasikan tanah gambut, yaitu :

1. Sphagnum Moss Peat (Peat Moss)

Kandungan serat minimum $66 \frac{2}{3}\%$ terhadap berat kering

2. Hypnum Moss Peat

Kandungan serat minimum $33 \frac{1}{3}\%$ terhadap berat kering

3. Reed Sedge Peat

Kandungan serat minimum $33 \frac{1}{3}\%$ terhadap berat kering

4. Peat Hummus

Kadar serat lebih kecil dari $33 \frac{1}{3}\%$ terhadap berat kering

Berdasarkan kadar seratnya, ASTM D4427-84 (1989), mengklasifikasikan tanah gambut menjadi :

1. Fibric Peat > 67%
2. Hemic Peat 33% - 67%
3. Sapric Peat < 33%

Berdasarkan kandungan abu yang ada, ASTM D4427-84 (1989), mengklasifikasikan tanah gambut menjadi :

1. Low ash Peat 5%
2. Medium ash Peat 5 -15%

3. High ash Peat > 15%

Farahan (1957), mengklasifikasikan tanah gambut berdasarkan berat isi rata-rata sebagai berikut :

- | | |
|--------------------|------------|
| 1. Moss Peat | 25 lb/ft |
| 2. Woody Peat | 37,4 lb/ft |
| 3. Herbaceous Peat | 43,7 lb/ft |
| 4. Aquatic Peat | 56,1 lb/ft |
| 5. Agregat Peat | 68,6 lb/ft |
| 6. amorphous Peat | 74,9 lb/ft |

Feustel dan Byers (1930), mengklasifikasikan tanah gambut berdasarkan nilai berat jenis nyata rata-rata :

- | | |
|--------------------|-------|
| 1. Sphagnum Peat | 1,061 |
| 2. Heath Peat | 1,070 |
| 3. Everglades Peat | 1,108 |
| 4. Sedge Peat | 1,059 |

Berdasarkan berat jenis absolute :

- | | |
|---------------------|-------|
| 1. Sphagnum Peat | 1,510 |
| 2. Heath Peat | 1,405 |
| 3. Evergladews Peat | 1,637 |
| 4. sedge Peat | 1,505 |

Mac. Farlane (1969) mengklasifikasikan tanah gambut berdasarkan kandungan serat, yaitu :

1. Fibrous Peat

Tanah gambut dengan kandungan serat 20% atau lebih. Jenis gambut ini mempunyai dua jenis pori yaitu macropori (pori-pori antar serat) dan micropori (pori-pori yang ada di dalam serat)

2. Amorphous Granular Peat

Tanah gambut dengan kandungan serat < 20%, jenis gambut ini terdiri dari butiran dengan ukuran koloidal dan sebagian besar air porinya terserap di sekeliling permukaan butiran tanah gambut.

Untuk jenis tanah gambut di Indonesia, terutama di daerah Sumatera dan Kalimantan adalah jenis tanah gambut berserat (Fibrous Peat). Demikian pula dari hasil penelitian tanah gambut di daerah-daerah lain di Indonesia, pada umumnya adalah jenis tanah gambut yang mengandung serat dan kayu-kayuan (Fibrous Peat dan Woody peat).

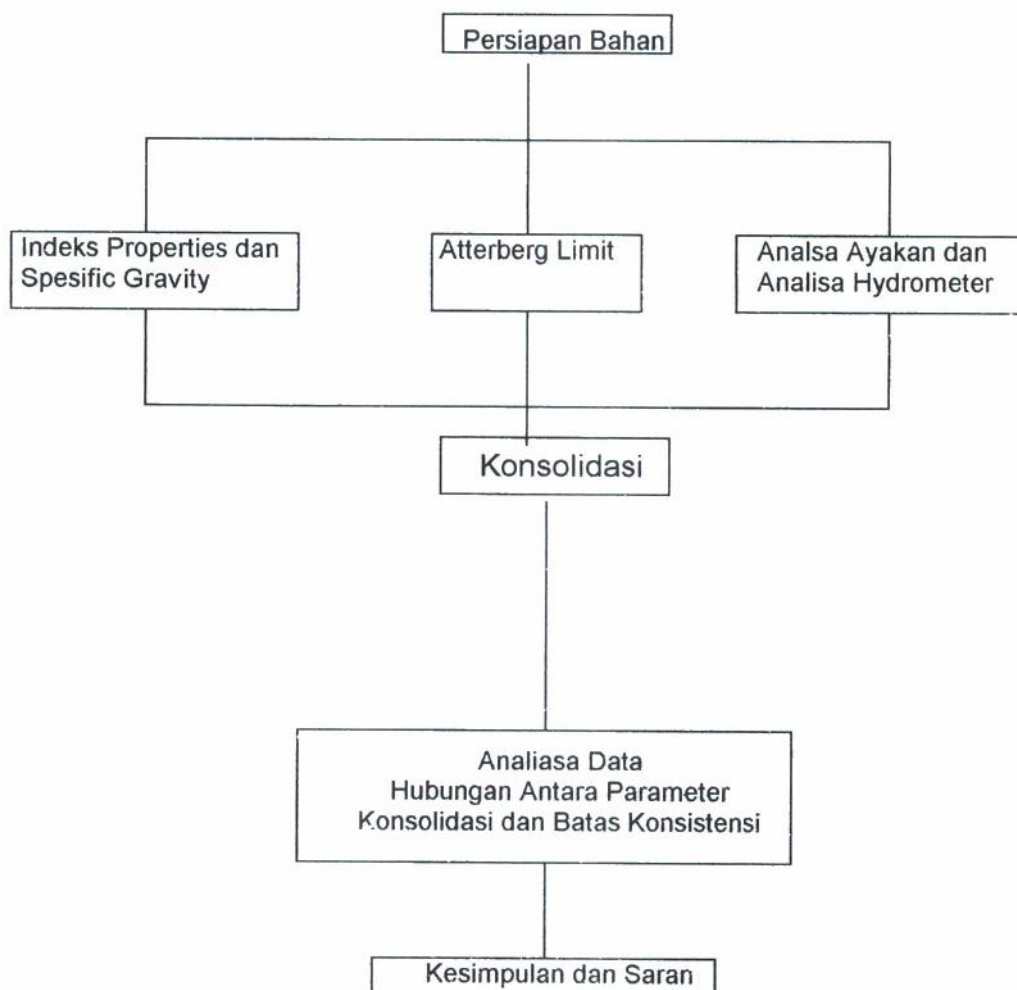
BAB III

PROSEDUR PENGUJIAN LABORATORIUM

III.1 Umum

Dalam bab ini akan diuraikan sistematika dari pengambilan contoh tanah, prosedur pengujian yang akan dilakukan serta hasil pengujian.

Adapun pengujian dilaboratorium sampai mendapatkan hasil yang dapat dibuat suatu diagram alir sebagai berikut :



III.2 Persiapan Tanah Uji

Dalam pelaksanaan penelitian serta kegiatan-kegiatan yang mencakup di lapangan dan di laboratorium, contoh tanah yang diperlukan dalam penelitian adalah contoh yang dilakukan dalam dua macam, yaitu :

1. Untuk contoh tanah terganggu, dimana contoh ini digunakan dalam pengujian-pengujian batas atterberg, analisa saringan dan hydrometer.
2. Untuk contoh tanah tidak terganggu, dimana contoh ini akan digunakan dalam pengujian indeks properties dan konsolidasi.

Dalam hal ini, pengujian yang dilakukan adalah contoh tanah asli yang diambil dengan sistem bor tangan dengan memakai tabung-tabung contoh berbentuk silinder yang berdinding tipis.

III.3 Nilai Karakteristik Tanah Dasar

Dalam menghitung hasil pengujian konsolidasi serta untuk menentukan klasifikasi suatu jenis tanah, maka nilai karakteristik dari contoh tanah perlu diketahui. Adapun pengujian-pengujian yang dilakukan adalah:

III.3.1 Kadar Air (w)

Kadar air adalah kandungan air yang terdapat dalam tanah yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dengan berat butir tanah.

Peralatan yang digunakan :

- Container
- Oven

- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram

Prosedur pengujian :

Pada saat mencetak tanah ke dalam cincin konsolidasi, ambil sisa-sisa potongan tanah yang ada dan timbang beratnya. Kemudian dikeringkan dalam oven dengan temperatur 105 - 110 °c. Setelah dioven selama ± 24 jam, ditimbang dan didapat berat tanah kering, sedangkan berat air dapat dihitung antara selisih berat sebelum dan sesudah dikeringkan.

$$\text{Kadar air} = (\text{berat air})/(\text{berat tanah kering}) \times 100 \%$$

III.3.2 Berat Jenis (Gs)

Pengujian Spesifik Gravity dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan berat jenis butir tanah dan berat jenis air.

Peralatan yang digunakan :

- Gelas ukur 500 ml
- Pipet
- Thermometer
- Mixer
- Piring penguap
- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- Oven
- Kompor

Prosedur pengujian :

Contoh tanah dikeluarkan dari tabung secukupnya, dan direndam dalam air selama ± 24 jam dan diaduk dengan mixer selama kurang lebih 5 - 10 menit.

Masukkan tanah (pasta) kedalam 3 piknometer yang dikalibrasi, naikan suhu perlahan-lahan sampai mendidih agar gelembung udara keluar dari larutan. Setelah mendidih isi air sampai batas tanda penunjuk volume dan ditimbang pada suhu 30°C. Tuangkan tanah dalam gelas ukur, dan masukkan dalam oven untuk dicari berat keringnya.

$$G_s = (\text{Berat tanah kering}) / (\text{Berat air}) \text{ (gr/cm}^3\text{)}.$$

II.3.3 Atterberg Limit

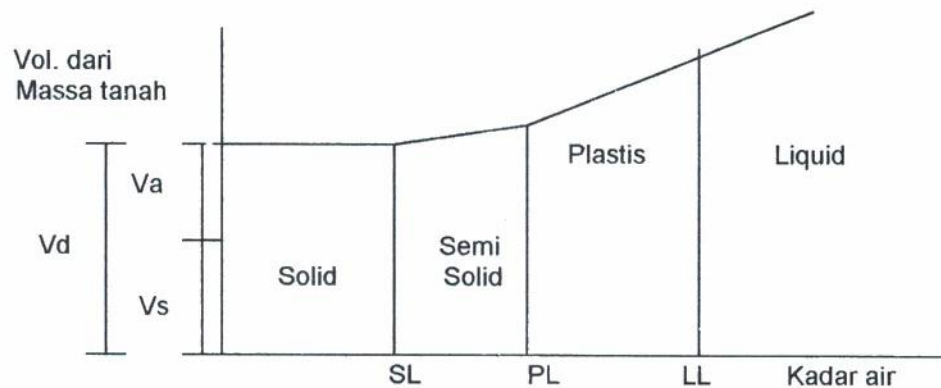
Pengujian atterberg limit atau batas konsistensi dimaksudkan untuk mengetahui nilai batas cair (LL), batas plastis (PL), batas susut (SL) dan indeks plastisitas (I_p) serta klasifikasi dari tanah. Tanah kering dari pengujian Spesifik Gravity ditumbuk dengan palu karet kemudian disaring dengan saringan no. 40, hingga mendapatkan tanah yang lolos saringan.

Konsistensi dapat diartikan suatu ukuran relatif, dimana tanah dapat berubah bentuk, yang banyak digunakan untuk tanah berbutir halus. Konsistensi banyak dihubungkan dengan kadar air, yang menunjukkan kekenyalan tanah tersebut.

Tanah berbutir halus dicampur dengan air membentuk pasta plastis dan dapat dicetak dengan berbagai bentuk. Penambahan air mengurangi kohesinya sampai tanah tidak dapat bertahan pada bentuknya, tetapi akan mengalir akibat beratnya sendiri seperti liquid.

Kadar air dimana massa tanah berubah dari suatu bentuk ke bentuk lain disebut Batas Konsistensi (Consistency Limits), yang diberikan oleh Atterberg seorang ahli tanah Swedia.

Pembagian batas konsistensi dapat dibagi sebagai berikut :



Batas-batas konsistensi :

- **Batas Cair (LL)** : kadar air terendah, dimana tanah masih ada dalam keadaan liquid atau dengan kata lain kadar air minimum dimana tanah masih dapat mengalir dengan berat sendirinya.
- **Batas Plastis (PL)** : kadar air terendah, dimana tanah masih dalam keadaan plastis yaitu kadar air dimana tanah mulai retak jika digulung dengan jari pada diameter 3 mm. Batas plastis merupakan titik peralihan dari keadaan plastis menjadi semi solid.
- **Batas susut (SL)** : kadar air maksimum dimana jika tanah dikeringkan, tidak akan menyebabkan pengurangan volume tanah (jadi kadar air hanya cukup untuk mengisi celah-celah pori-porinya saja). Batas susut adalah batas terendah dimana kadar air masih disebut jenuh dan merupakan titik peralihan dari keadaan semi solid ke solid.

- **Plasticity Index (Ip)** : suatu daerah konsistensi dimana suatu tanah bersifat plastis. Nilai Ip dinyatakan dengan bilangan yaitu selisih dari batas cair (LL) dengan batas plastis (PL). Ip menunjukkan jumlah atau ukuran kasar dari prosentase lempung didalam tanah.

Ip	Derajat Plastisitas
0 - 5	Non Plastis
5 - 15	Hampir Plastis
15 - 40	Plastis
> 40	Plastis sekali

- Batas Cair (LL)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar air suatu tanah pada keadaan antara cair dan plastis.

Prosedur pengujian :

Tanah yang lolos saringan no. 40 sebanyak 50 gram dicampur dengan air hingga merata. Sebagian contoh tanah diletakan diatas kaca dan digulung dengan tangan hingga mencapai 3 mm dan tanah mulai retak-retak halus (bila tidak diulangi lagi). Tanah yang telah memenuhi syarat diletakan dalam cawan yang ditutup rapat agar kadar airnya tidak berubah. Kemudian dari gulungan tanah tersebut ditimbang dan dikeringkan dalam oven untuk dicari kadar airnya.

Dari hasil percobaan batas cair dan batas plastis didapat indeks plastis yaitu nilai batas cair dikurangi nilai batas plastis. Kemudian plotkan nilai batas cair versus indeks plastis pada bagian Plasticity Chart sehingga didapatkan klasifikasi tanah menurut USCS.

- Batas Susut (SL) :

Adalah nilai kadar air terendah dimana tanah masih bisa berubah volume jika dikeringkan, dibawah kadar air ini, jika terjadi pengeringan volume tanah tidak berubah lagi.

Peralatan yang digunakan :

- Oven
- Desicator
- Cawan kaca kecil dan besar
- Air raksa
- Plat kaca berjarum dan tidak berjarum
- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram

Prosedur pengujian ;

Ambil contoh tanah yang telah ditest dengan batas cair dan masukan kedalam kurs pengering tanah batas susut yang sebelumnya diolesi olie sedikit dimana sebelumnya ditimbang dan masukan kedalam oven selama ± 24 jam, lalu setelah itu dimasukan kedalam desicator. Letakan cawan pada kaca kecil diatas cawan kaca besar dan isi cawan kecil dengan air raksa sampai meluap kepermukaan cawan kaca kecil tersebut dan ratakan dengan cara menutup cawan kecil dengan plat berjarum sehingga tidak ada udara didalamnya. Bersihkan sebelah luar dari cawan kecil itu untuk menghilangkan air raksa yang menempel, lalu pindahkan cawan kecil yang berisi air raksa tadi ke cawan besar yang bersih dari air raksa. Letakkan contoh tanah kering dari desicator perlahan-lahan diatas air raksa dengan bantuan plat kaca tak berjarum dan tekan dengan

plat kaca berjarum dan tekan dengan sehingga menempel pada permukaan cawan tersebut. Timbang air raksa yang dipindahkan oleh gumpalan tanah pada cawan besar yang sebelumnya cawan besar telah ditimbang terlebih dahulu.

III.3.4 Analisa Saringan

Maksud dari pengujian ini adalah menentukan distribusi butiran tanah dengan bantuan peralatan serangkaian saringan.

Peralatan yang digunakan :

- 1 set saringan dengan ukuran no. 4,8,16,30,50,100,200 dan container
- Mesin pengayak
- Oven
- Kuas
- Sikat
- Piring penguap
- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram

Prosedur pegujian :

Contah tanah kering oven sebanyak 200 gram dicuci dengan saringan no. 200, sampai air sisa cucian bening dan tanah yang tertahan pada saringan no. 200 dimasukkan kedalam cawan kemudian dikeringkan dalam oven. Tanah yang telah dikeringkan dalam oven ditimbang beratnya dan disaring dengan susunan nomor saringan sebagai berikut : 4,8,16,30,50,100,200 dan container. Tanah yang tertahan pada setiap saringan ditimbang beratnya dan dihitung prosentasenya tanah yang tertahan dan yang lolos saringan.

III.3.5 Analisa Hydrometer

Pengujian hydrometer dimaksudkan untuk mengetahui distribusi partikel halus yang terkandung dalam tanah.

Peralatan yang digunakan :

- Hydrometer
- Gelas ukur 1000 cc
- Mixer
- Gelas
- Stopwatch
- Thermometer
- Oven
- Panci
- Jangka sorong
- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram

Prosedur pengujian :

Ambil tanah dari boring sebanyak 500 gram, lalu dikeringkan dalam oven selama 24 jam. Tanah yang sudah dikeringkan ditimbang dan dicatat hasilnya, kemudian dicampur dengan air. Lalu disaring dengan ayakan no. 200 dengan mengalirkan air dibantu kuas sehingga yang keluar dari saringan kelihatan jernih. Tanah yang tertinggal dalam saringan kemudian diletakkan ke cawan, lalu dimasukan kedalam oven selama 24 jam. Air yang lewat ayakan no. 200 ditampung dan diendapkan pada ember, kemudian diambil kira-kira 2/3 panci. Kemudian diuapkan diatas kompor sampai kental, lalu dimasukan kedalam oven

selama 24 jam. Tanah kering dari oven ditimbang sebanyak 50 gram, kemudian dibuat pasta dengan menambah aquadest, lalu diaduk sampai terjadi gumpalan tanah. tuangkan pasta kedalam mixer sambil menambah aquades sebanyak 500 cc dan larutan Na_2SiO_3 sebanyak sebanyak 1/2 sendok makan dan tunggu selama 10 menit.

Hasil tersebut lalu dituangkan kedalam gelas polos dengan menambah aquades hingga larutan menjadi 1000 cc. Kocok larutan ini dengan membalikan tabungnya sampai tidak ada tanah yang melekat pada tabung dan tabung tersebut ditutup. Pengocokan ini dilakukan 30 detik, kemudian masukan Hydrometer perlahan-lahan sambil menghidupkan stop wath dengan mencatat ukuran pada hydrometer. Pembacaan dilakukan dengan interval waktu 0.25,0.50,1,2 menit dan lakukan pengocokan tersebut sampai tiga kali. Kemudian pembacaan dilakukan pada interval waktu 5,10,20, 40,60 menit sampai 24 jam. Setelah pembacaan yang terakhir, tuangkan dalam panci (panci dalam keadaan bersih dan sudah ditimbang). Uapkan campuran diatas kompor sampai kental, kemudian masukan kedalam oven. Tanah kering dimasukan dalam desicator kemudian ditimbang. Lakukan pembacaan thermometer dan hydrometer didalam tabung yang berisi aquades. Hasil perhitungan analisa saringan dan hydrometer diplot dalam satu gambar, prosentase kandungan masing-masing partikel dalam tanah ditentukan dari ukuran butirnya.

III.4 Pengujian Konsolidasi

Pengujian konsolidasi ini bertujuan untuk menentukan parameter-parameter konsolidasi satu dimensi dari suatu contoh tanah asli. Dalam

pengujian ini dilakukan sesuai dengan standar yang umum berlaku dalam percobaan konsolidasi, yaitu dengan pembebanan masing-masing 0.25,0.50,1,2,4,8,2 dan 0.25 kg/cm². Yang masing-masing pembacaan pembebanan berlangsung dari interval waktu 0 sampai selama 24 jam.

Peralatan yang digunakan :

- Satu set alat konsolidasi
- Jangka sorong
- Oven
- Ejektor
- Stopwatch
- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- Tabung
- Filter

Prosedur pengujian :

Ukur diameter dan tinggi ring dengan jangka sorong, kemudian timbang berat ring tersebut. Dengan bantuan ejektor, keluarkan tanah asli dari tabung dan masukan kedalam ring, bagian atas dan bawah ring dipotong rata, kemudian ring yang berisi tanah tersebut ditimbang. Lapis contoh tanah tersebut dengan kertas filter ada bagian atas dan bawahnya. Masukan ring tersebut kedalam alat konsolidasi, kemudian dial gauge pada bacaan nol sehingga tidak menyulitkan kita pada pembacaan selanjutnya. Setelah kedudukan dial gauge pada bacaan nol, pasang beban pertama yang memberikan tekanan sebesar 0,25 kg/cm². Bersamaan dengan itu pula, baca waktu pada stopwatch dengan interval waktu 9.6,21.4,38.4. detik; 1,2.25,4,9,16,25,36,49,dan 64 menit, hingga 24 jam. Setelah

pada pembacaan ke 24 jam, beban ditambah dengan beban kedua, dan lakukan pembacaan seperti pada beban pertama, demikian pula untuk beban selanjutnya.

Setelah selesai dengan semua beban yang ada, percobaan dihentikan, keluarkan ring dari bak kuningan (alat konsolidasi). Keluarkan contoh tanah dengan hati-hati, sebelumnya ditimbang ring berikut contoh tanah tersebut. Setelah dikeluarkan, ukur tinggi contoh tanah tersebut, masukan kedalam oven kurang lebih 24 jam. Setelah dioven, keluarkan dan ditimbang berat keringnya.

BAB IV

PENYAJIAN DATA dan PEMBAHASAN

IV.1. Karakteristik Tanah

Hasil dari penelitian ini diberikan dalam bentuk tabel dan grafik. Pembahasannya meliputi karakteristik tanah dalam keadaan asli, yaitu meliputi percobaan Indeks Properties, Analisa Ukuran Butir, Atterberg Limit dan Konsolidasi. Dan juga dibahas hubungan antara parameter Konsolidasi dengan Batas Konsistensi.

IV.1.1. Indeks Properties dan Specific Gravity

Hasil dari pengujian Indeks Properties dan Spesifik Gravity adalah sebagai berikut :

Parameter	Nilai
Berat Isi (γ)	1,122
Kadar Air (w %)	512,567
Angka Pori (e)	8,368
Porositas (n)	0,8895
Derajat Kejenuhan (sr %)	105,35
Berat Isi Kering ($\gamma_d, \text{gr/cm}^3$)	0,185
Berat Isi Butir ($\gamma_s, \text{gr/cm}^3$)	1,684
Gs	1,684

Tabel 4.1. Nilai Parameter-Parameter Indeks Properties dan Specific Gravity

IV.1.2 Analisa Ukuran Butir

Data yang diperoleh dari hasil pengujian Analisa Ayakan dan Analisa Hidrometer adalah sebagai berikut :

Parameter	Nilai
Gravel (%)	0,147
Sand (%)	86,125
Silt (%)	12,871

Tabel 4.2. Nilai Parameter-Parameter Analisa Ukuran Butir

IV.1.3. Pengujian Atterberg Limit

Data yang diperoleh dari hasil pengujian Atterberg limit adalah sebagai berikut :

Parameter	Nilai
Batas Cair, LL (%) grafik	272,6
Batas Cair, LL (%) anal..	273,041
Batas Plastis, PL (%)	211,313
Batas Susut, SL (%)	64,779
Indek Plastis, PI (%)	61,083
Indek Kecairan, IL	7,44
Indek Konsistensi, I _c	-6,44
Indek Pengaliran, I _f	62,966
Indek Kekasaran, I _t	1,016

Tabel 4.3. Nilai Parameter-Parameter Atterberg Limit

Dengan menggunakan Plasticity Chart (terlampir) dan dengan menggunakan harga Batas Cair (LL) dan Indeks Plastis (PI) , maka dapat ditarik kesimpulan bahwa tanah yang diselidiki adalah jenis *tanah organik dengan batas cair yang tinggi*

Berdasarkan harga Indeks Plastis dibawah ini :

Plasticity Index	Degree of Plasticity
0 - 5 %	Non plastis
5 - 15 %	Moderatly plastis
15 - 40 %	Plastis
> 40 %	Highly plastis

Melihat Harga di atas, maka tanah yang diselidiki termasuk dalam *Highly plastis*.

Berdasarkan harga Index Kecairan (LI) :

$0 < LI < 1$	Tanah dalam keadaan plastis
$LI \geq 1$	Tanah dalam keadaan Liquid state
$LI < 0$	Tanah non plastis

Melihat harga di atas, maka tanah yang diselidiki termasuk tanah dalam keadaan *Liquid state*.

Berdasarkan harga Indeks Konsistensi (I_c) :

$I_c \sim 0$	Tanah mendekati Liquid Limit
$I_c \sim 1$	Tanah mendekati plastis
$I_c < 0$	Tanah memiliki kadar air yang lebih besar dari batas cairnya
$I_c > 1$	Tanah dalam keadaan semi solid state dan kaku

Melihat harga di atas, maka tanah tersebut termasuk *tanah yang memiliki kadar air yang lebih besar dari batas cairnya*.

IV.1.4 Pengujian Konsolidasi

Data yang diperoleh dari hasil pengujian Konsolidasi adalah sebagai berikut :

Parameter	Nilai
eo	10,474
w (%)	533,785
Po	0,102
Pc	2,25
OCR	22,114
Cc (lab)	3,163
Cc (lap)	14,771
Cv (10 ⁻³)	6,028
Cr	0,398

Tabel 4.4. Nilai Parameter-Parameter Konsolidasi

Berdasarkan literatur mengenai nilai Pc :

$P_c = P_o$	Normally consolidated
$P_c > P_o$	Over Consolidated
$P_c < P_o$	Under Consolidated

Maka tanah termasuk *Over Consolidated*

Berdasarkan literatur mengenai OCR (Over Consolidated Ratio):

OCR > 1	Under Consolidated
OCR = 1	Normally Consolidated
1 < OCR < 2	Highly Over Consolidated
2 < OCR < 4	Medium Over Consolidated
OCR > 4	Heavly Over Consolidated

Maka tanah tersebut termasuk dalam *Heavly Over Consolidated*.

Dari hasil pengujian Konsolidasi diatas diperoleh bahwa nilai Indeks Kompresi (Cc), lapangan lebih besar dari Indeks Kompresi (Cc),laboratorium. Hal ini menunjukkan adanya akibat efek dari pengambilan contoh (sampling) dan persiapan, contoh tanah pada uji oedometer akan sedikit terganggu. Hal ini diperlihatkan bahwa kenaikan tingkat ketergangguan contoh tanah akan

menghasilkan sedikit penurunan kemiringan garis kompresi asli, sehingga didapatkan kemiringan garis kompresi asli tanah dilapangan akan lebih besar daripada kemiringan garis tersebut yang didapat dari uji laboratorium. Karena angka pori lapangan (e_0) biasanya bukan merupakan nilai yang dimiliki contoh pada saat dimulainya uji konsolidasi karena sejumlah pemuaian telah terjadi akibat hilangnya tekanan tanah di atas contoh pada saat diambil dari lapangan. Dalam keadaan seperti di atas maka tanah tersebut sudah terkonsolidasi, sudah termasuk dalam over konsolidasi, dimana tekanan efektif overburden pada saat ini adalah lebih kecil dari tekanan yang pernah dialami oleh tanah itu sebelumnya. Hasil pengujian di atas tidak sesuai dengan keadaan yang seharusnya untuk jenis tanah gambut yang cenderung termasuk dalam keadaan Normally konsolidated, dimana tekanan efektif overburden pada saat ini adalah merupakan tekanan maksimum yang pernah dialami oleh tanah itu.

Keadaan yang menyimpang di atas untuk tanah gambut tersebut dapat disebabkan oleh :

1. Keadaan timbunan tanah atas yang besar yang kemudian mengalami erosi (suatu sebab yang terjadi sekali-sekali)
2. Siklus pembasahan dan pengeringan (penyusutan, sangat biasa terjadi)
3. Siklus pembasahan dan pengeringan dengan adanya garam-garam sodium, kalsium dan magnesium seperti yang terdapat pada deposit lautan yang terangkat (juga merupakan hal yang biasa terjadi)
4. Perubahan tekanan efektif akibat fluktuasi muka air tanah.
5. Tanah sudah terganggu saat pengambilan contoh tanah tersebut.

IV.2 Analisa Hasil Percobaan Laboratorium

Berdasarkan data-data hasil percobaan di Laboratorium seperti yang ditunjukkan pada sub Bab 4.1, maka dapat dianalisa klasifikasi tanah gambut Semarang.

IV.2.1 Klasifikasi Tanah Gambut Semarang

Klasifikasi tanah yang digunakan oleh penulis adalah Unified Soil Classification System dan AASHTO Soil Classification System.

Unified Soil Classification System

Berdasarkan hasil percobaan Atterberg Limit Tanah asli dan Plastisitas Chart (terlampir), tanah gambut Semarang diklasifikasikan kedalam kelompok OH (Organic Clay of High Compressibility) yaitu tanah organik dengan batas cair yang tinggi.

AASHTO Soil Classification System

Berdasarkan hasil percobaan Sieve Analysis dan hydrometer serta percobaan Atterberg Limit, maka menurut tabel 2.3, tanah gambut Semarang digolongkan sebagai kelompok A-8.

IV.2.2 Hubungan Antara Parameter-Parameter Konsolidasi dengan

Batas Konsistensi.

Hubungan antara parameter-parameter Konsolidasi dengan batas-batas Konsistensi dijelaskan pada grafik-grafik dibawah ini :

Hubungan antara Liquid Limit (LL) dengan Indeks Kompresi (Cc)

Hubungan antara Liquid Limit (LL) dengan Indeks Kompresi (C_c) dapat dilihat pada Grafik 4.1 dan 4.2, Dimana semakin besar Indeks Kompresi maka akan menaikkan besarnya nilai dari Liquid Limit.

Hubungan antara Plastic Limit (PL) dengan Indeks Kompresi (C_c)

Hubungan antara Plastic Limit (PL) dengan Indeks Kompresi (C_c), dapat dilihat pada Grafik 4.3 dan 4.4. Dimana semakin besar Indeks Kompresi maka akan menaikkan besarnya nilai dari Plastic Limit.

Hubungan antara Shrinkage Limit (SL) dengan Indeks Kompresi (C_c)

Hubungan antara Shrinkage Limit (SL) dengan Indeks Kompresi (C_c), dapat dilihat pada Grafik 4.5 dan 4.6. Dimana semakin kecil Indeks Kompresi maka akan menaikkan besarnya nilai dari Shrinkage Limit.

Hubungan antara Liquid Limit (LL) dengan Koefisien Konsolidasi (C_v)

Hubungan antara Liquid Limit (LL) dengan Koefisien Konsolidasi (C_v) dapat dilihat pada Grafik 4.7. Dimana semakin kecil Koefisien konsolidasi maka akan menaikkan besarnya nilai dari Liquid Limit.

Hubungan antara Plastic Limit (PL) dengan Koefisien konsolidasi (C_v).

Hubungan antara Plastic Limit (PL) dengan Koefisien Konsolidasi (C_v) dapat dilihat pada Grafik 4.8. Dimana semakin kecil Koefisien Konsolidasi maka akan menaikkan besarnya nilai dari Plastic Limit.

Hubungan antara Shrinkage Limit (SL) dengan Koefisien Konsolidasi (C_v).

Hubungan antara Shrinkage Limit (SL) dengan Koefisien Konsolidasi (C_v) dapat dilihat pada Grafik 4.9. Dimana semakin besar Koefisien Konsolidasi maka akan menaikkan nilai dari Shrinkage Limit.

Hubungan antara Angka Pori awal (eo) dengan Indeks Kompresi (Cc),.

Hubungan antara Angka Pori awal (eo) dengan Indeks Kompresi (Cc), dapat dilihat pada Grafik 4.10 dan 4.11. Dimana semakin besar Indeks Kompresi akan menaikkan nilai dari Angka Pori awal.

Hubungan antara Kadar Air asli (w) dengan Indeks Kompresi (Cc),

Hubungan antara Kadar air Asli (w) dengan Indeks Kompresi (Cc), dapat dilihat pada Grafik 4.12 dan 4.13. Dimana semakin besar Indeks Kompresi akan menaikkan nilai dari Kadar Air asli.

Hubungan antara Angka Pori awal (eo) dengan Koefisien Konsolidasi (Cv).

Hubungan antara Angka Pori awal (eo) dengan Koefisien Konsolidasi (Cv) dapat dilihat pada Grafik 4.14. Dimana semakin kecil Koefisien Konsolidasi akan menaikkan nilai dari Angka Pori awal.

Hubungan antara Kadar Air asli (w) dengan Koefisien Konsolidasi (Cv).

Hubungan antara Kadar Air asli (w) dengan Koefisien Konsolidasi (Cv) dapat dilihat pada Grafik 4.15. Dimana semakin kecil Koefisien Konsolidasi akan menaikkan nilai dari Kadar Air asli.

No	Berat Isi (γ)	Kadar Air (w) (%)	Angka Pori (e)	Porositas (n)	Derajat Kejujahan (sr) (%)	Berat Isi Kering (γ_d) (gr/cm ³)	Berat Isi Butir (γ_s) (gr/cm ³)	Spesifik Gravity (Gs)
1	1,133	448,4	7,169	0,877	105,6	0,207	1,686	1,687
2	1,137	508,7	8,96	0,889	107,2	0,188	1,686	1,686
3	1,124	496,4	7,928	0,888	105,3	0,189	1,681	1,680
4	1,097	485,9	8,034	0,887	102,5	0,185	1,680	1,682
5	1,110	627,5	10,037	0,909	105,2	0,153	1,686	1,684
6	1,132	508,5	8,082	0,887	106,3	0,189	1,683	1,682
Rata-rata	1,122	512,567	8,368	0,8895	105,35	0,185	1,684	1,684

Tabel IV.5. Hasil Pengujian Indeks Properties dan Spesifik Gravity

No	Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)
1	0,07	85,71	13,547
2	0,104	85,86	13,951
3	0,09	86,62	13,025
4	0,173	86,36	11,2
5	0,252	86,54	12,03
6	0,192	85,66	13,473
Rata-rata	0,147	86,125	12,871

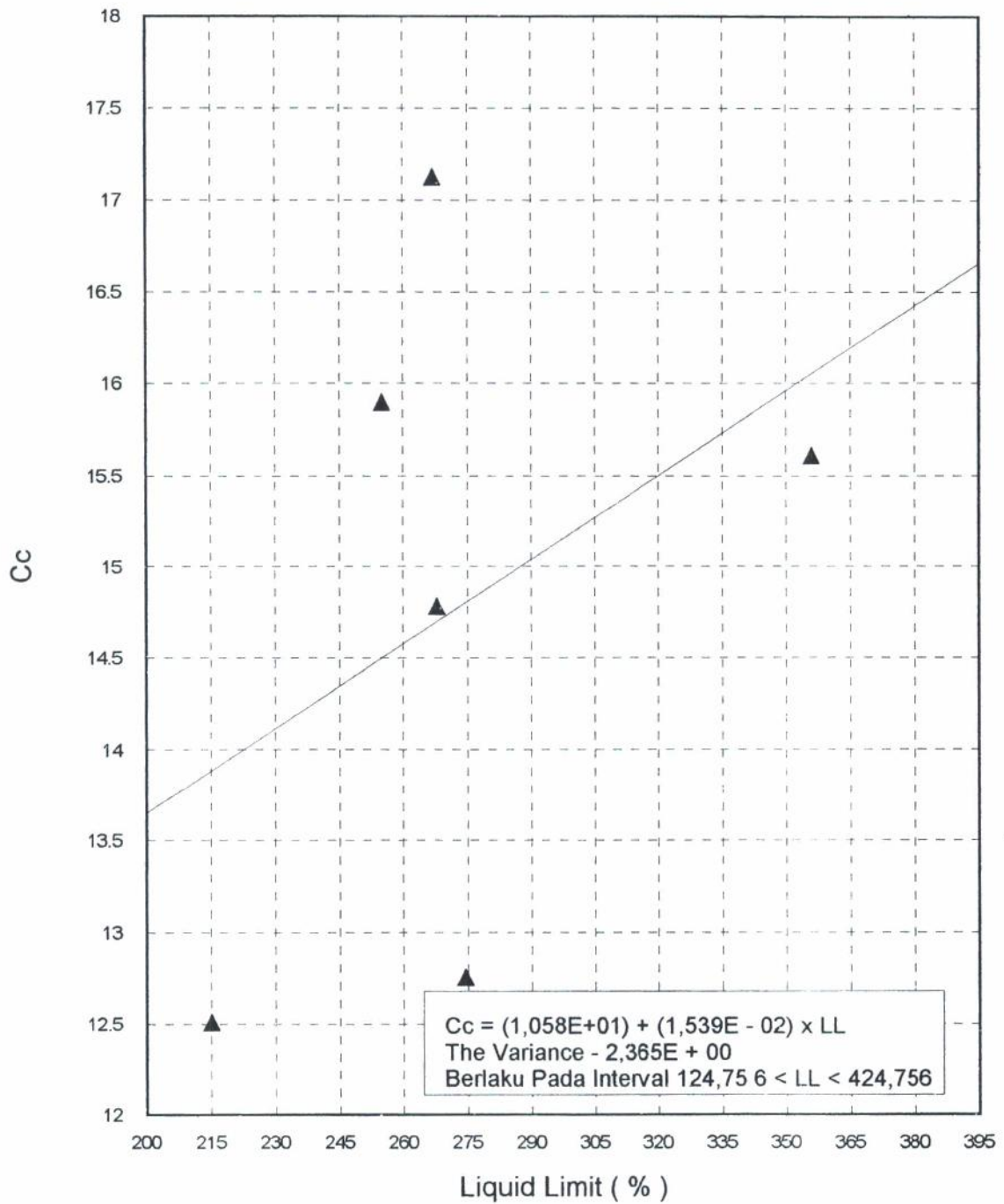
Tabel IV.6. Hasil Pengujian Analisa Ukuran Butir.

No	Batas Cair (LL) grafik (%)	Batas Cair (LL) analitis (%)	Batas Plastis (PL) (%)	Batas Susut (SL) (%)	Indeks Plastis (PI) (%)	Indeks Kecairan (IL)	Indeks Konsistensi (IC)	Indeks Pengaliran (If)	Indeks Kekasaran (IT)
1	255,1	255,747	202,925	62,325	52,175	7,490	-6,490	25,46	2,049
2	274,5	274,25	218,4	68	56,1	13,129	-12,129	48,034	0,560
3	268	268,946	196,35	63,35	71,425	5,582	-4,582	67,722	1,055
4	267	267,286	217	64,1	49	8,359	-7,359	67,939	0,721
5	356	356,637	273,125	63,9	82,875	4,830	-3,830	111,948	0,740
6	215	215,379	160,075	66,975	54,925	5,25	-4,250	56,690	0,969
Rata-rata	272,6	273,041	211,313	64,779	61,083	7,44	-6,44	62,966	1,016

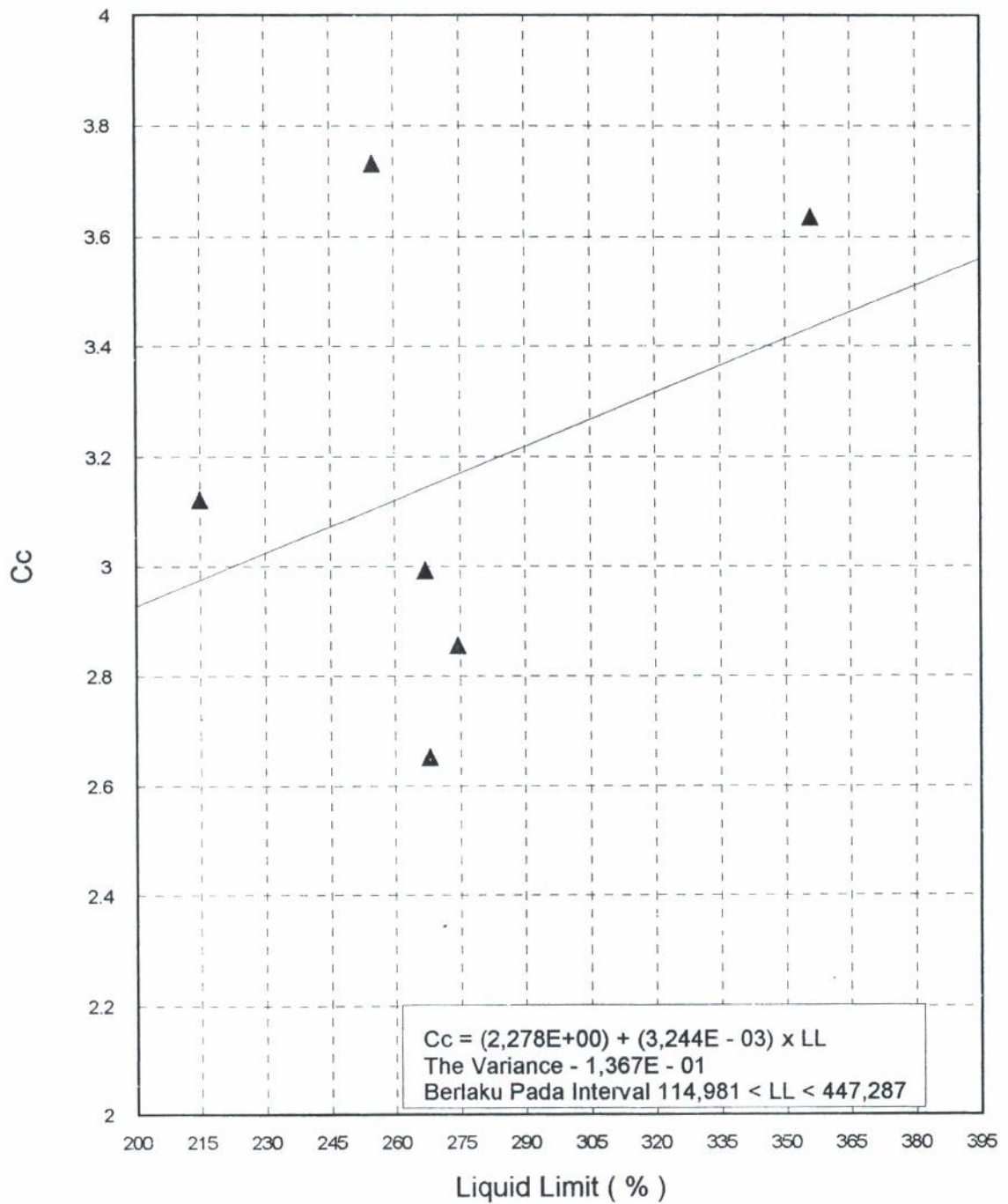
Tabel IV.7. Hasil Pegujian Atterberg Limit

No	eo	w (%)	Po	Pc	OCR	Cc (lab)	Cc (lap)	Cv (10 ⁻³)	Cr
1	10,517	621,827	0,1004	2,2	21,912	3,729	15,888	6,439	0,4
2	10,243	607,389	0,1008	1,85	18,353	2,852	12,745	11,644	0,419
3	9,097	538,767	0,1	2,5	25	2,651	14,773	6,0097	0,325
4	10,697	676,199	0,106	2,45	23,113	2,99	17,117	4,3243	0,229
5	11,189	673,6	0,101	2,2	21,782	3,633	15,603	1,6	0,503
6	11,099	684,926	0,103	2,32	22,524	3,120	12,5	6,15	0,514
Rata-rata	10,474	533,785	0,102	2,25	22,114	3,163	14,771	6,028	0,398

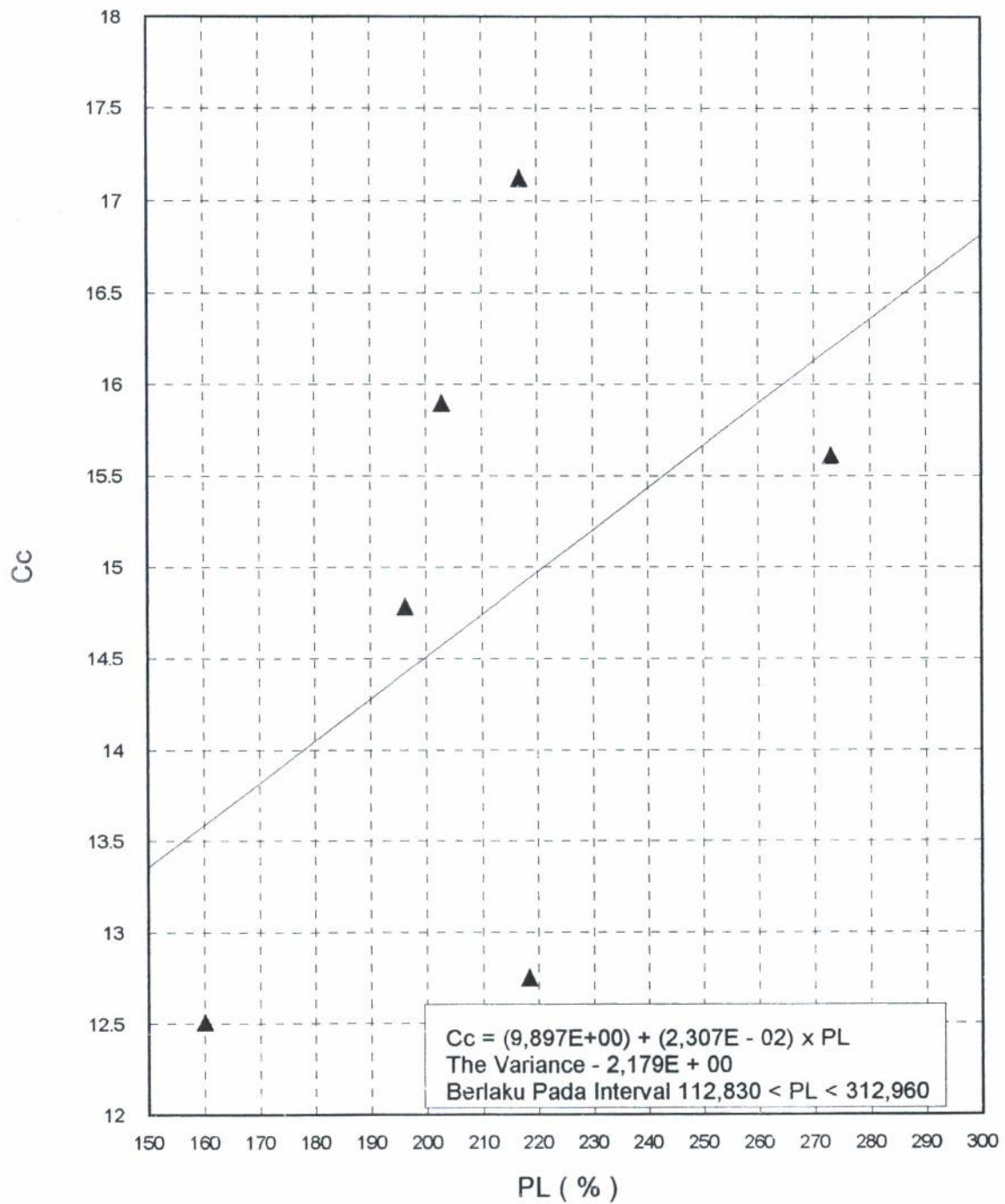
Tabel IV.8. Hasil Pengujian Konsolidasi



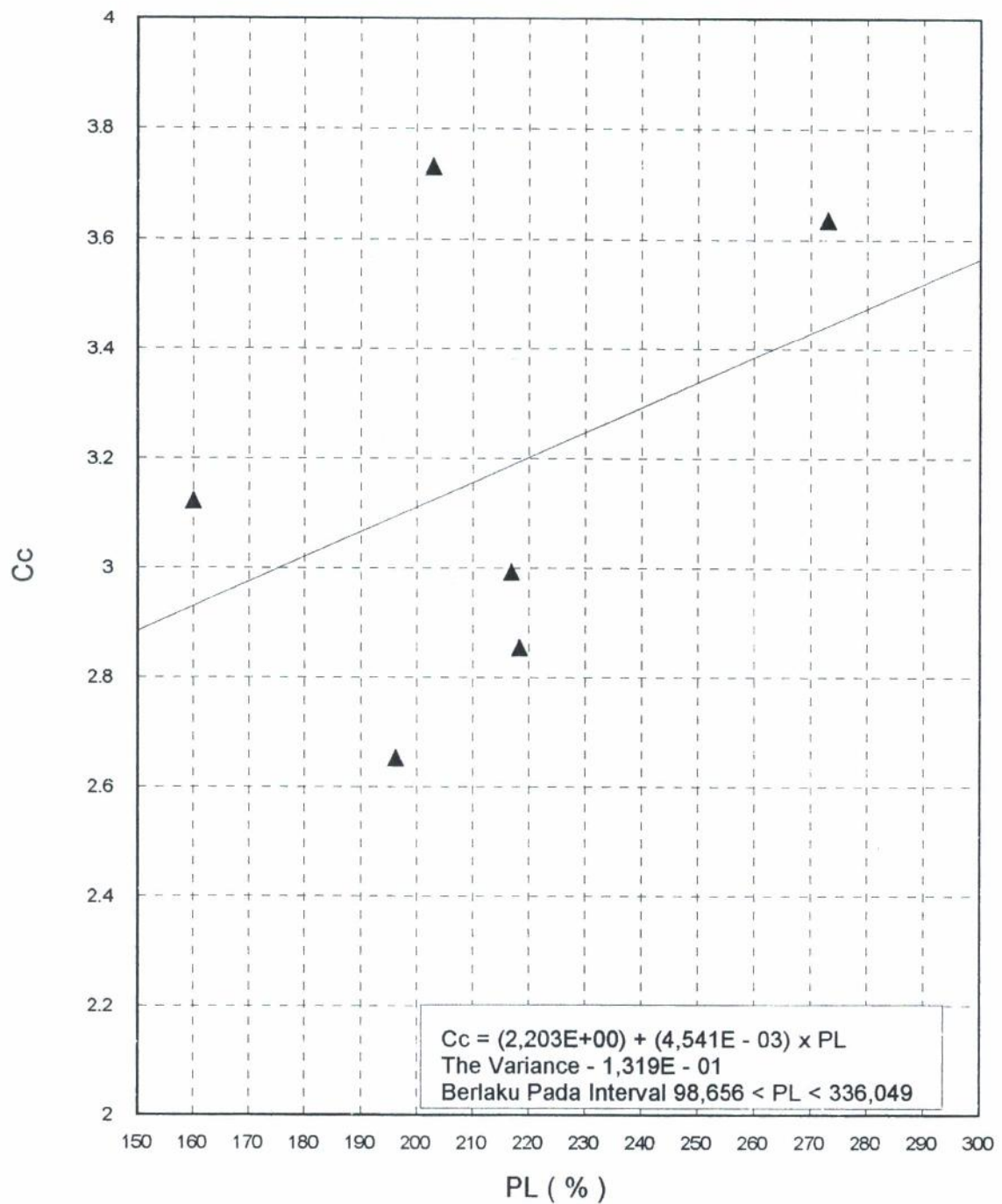
Grafik 4.1. Hubungan Antara Liquid Limit (LL) dengan Indeks Kompresi (Cc), lapangan.



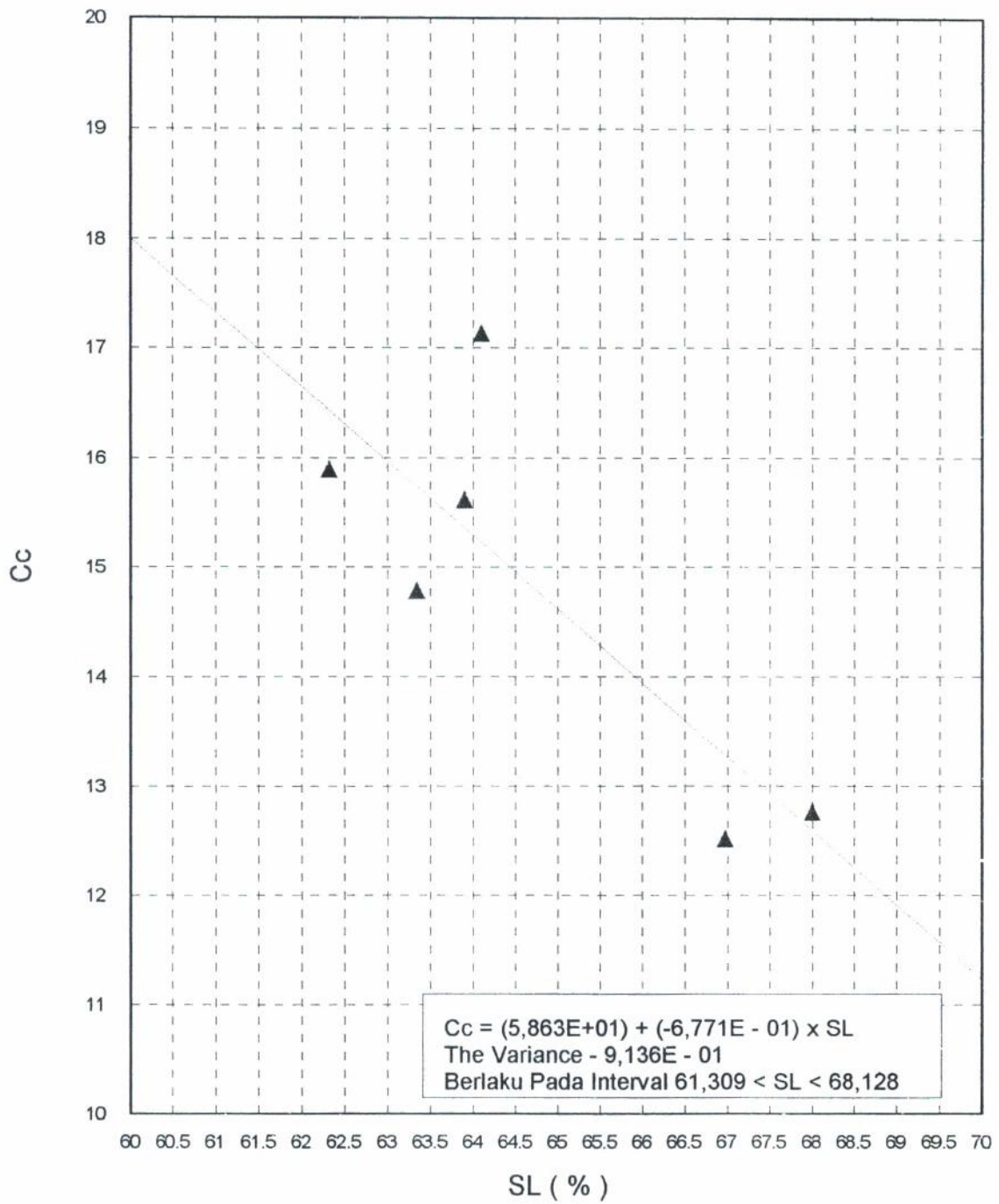
Grafik 4.2. Hubungan Antara Liquid Limit (LL) dengan Indeks Kompresi (Cc),laboratorium



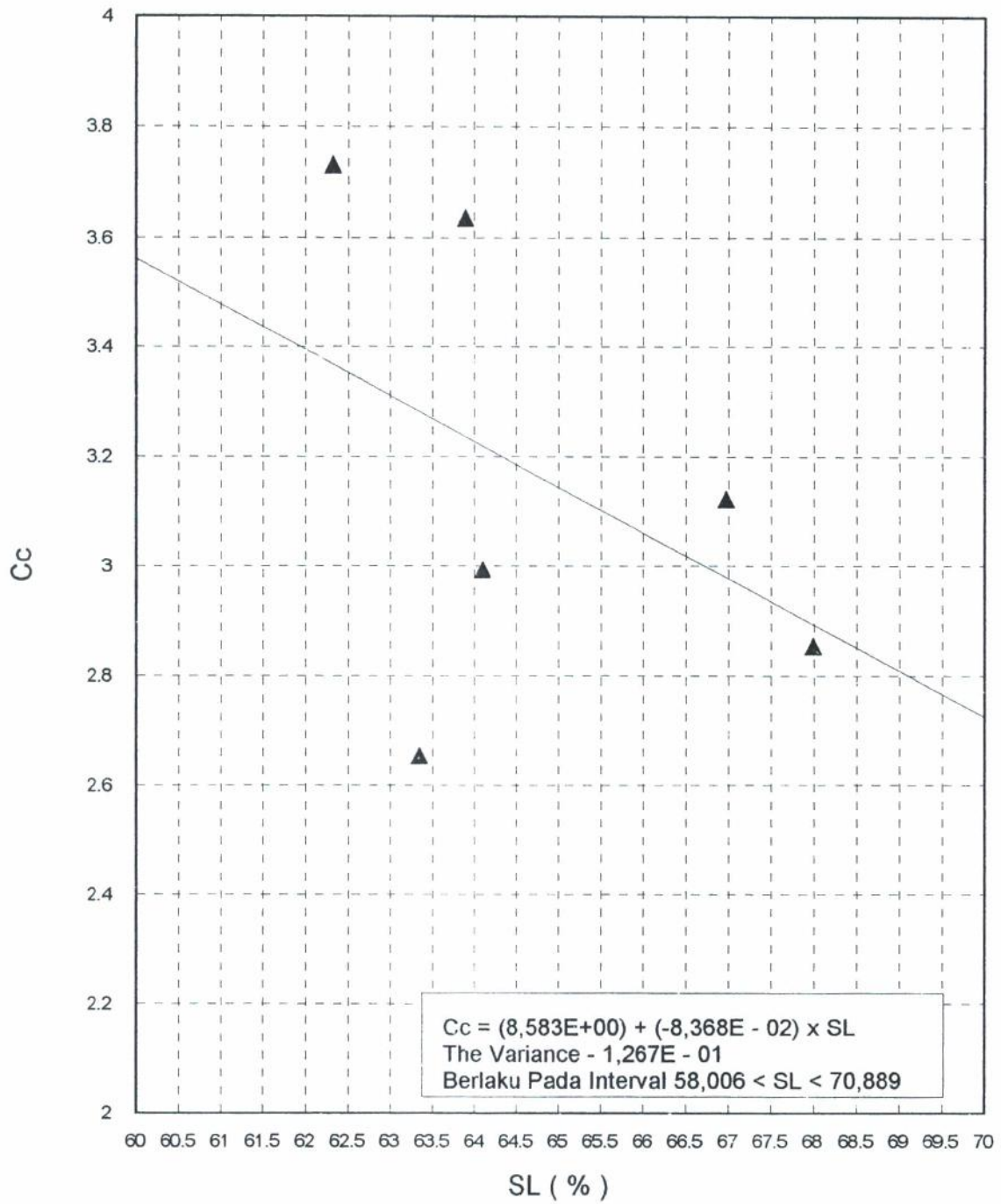
Grafik 4.3. Hubungan Antara Plastic Limit (PL) dengan Indeks Kompresi (Cc), lapangan



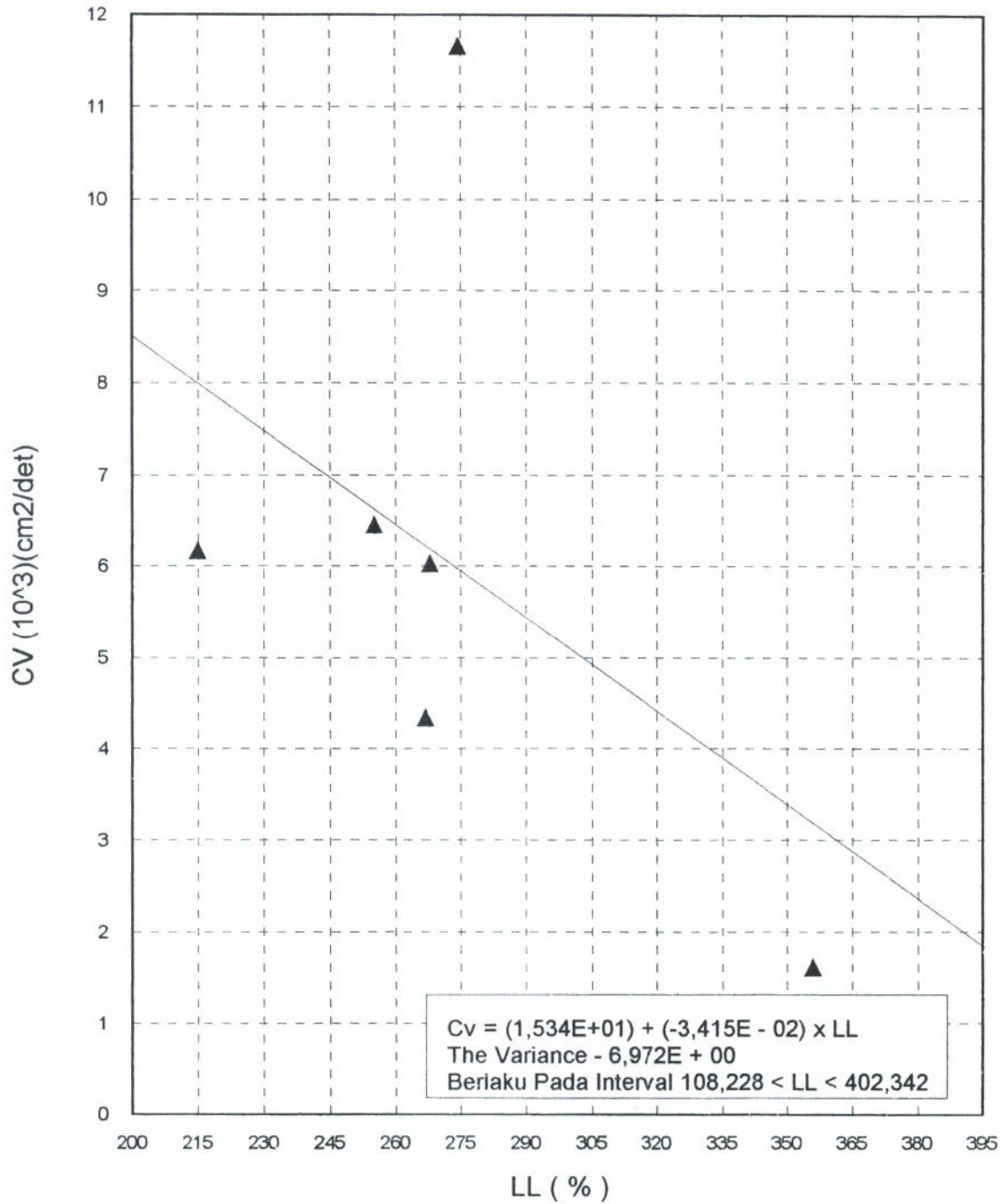
Grafik 4.4. Hubungan Antara Plastic Limit (PL) dengan Indeks Kompresi (Cc),laboratorium



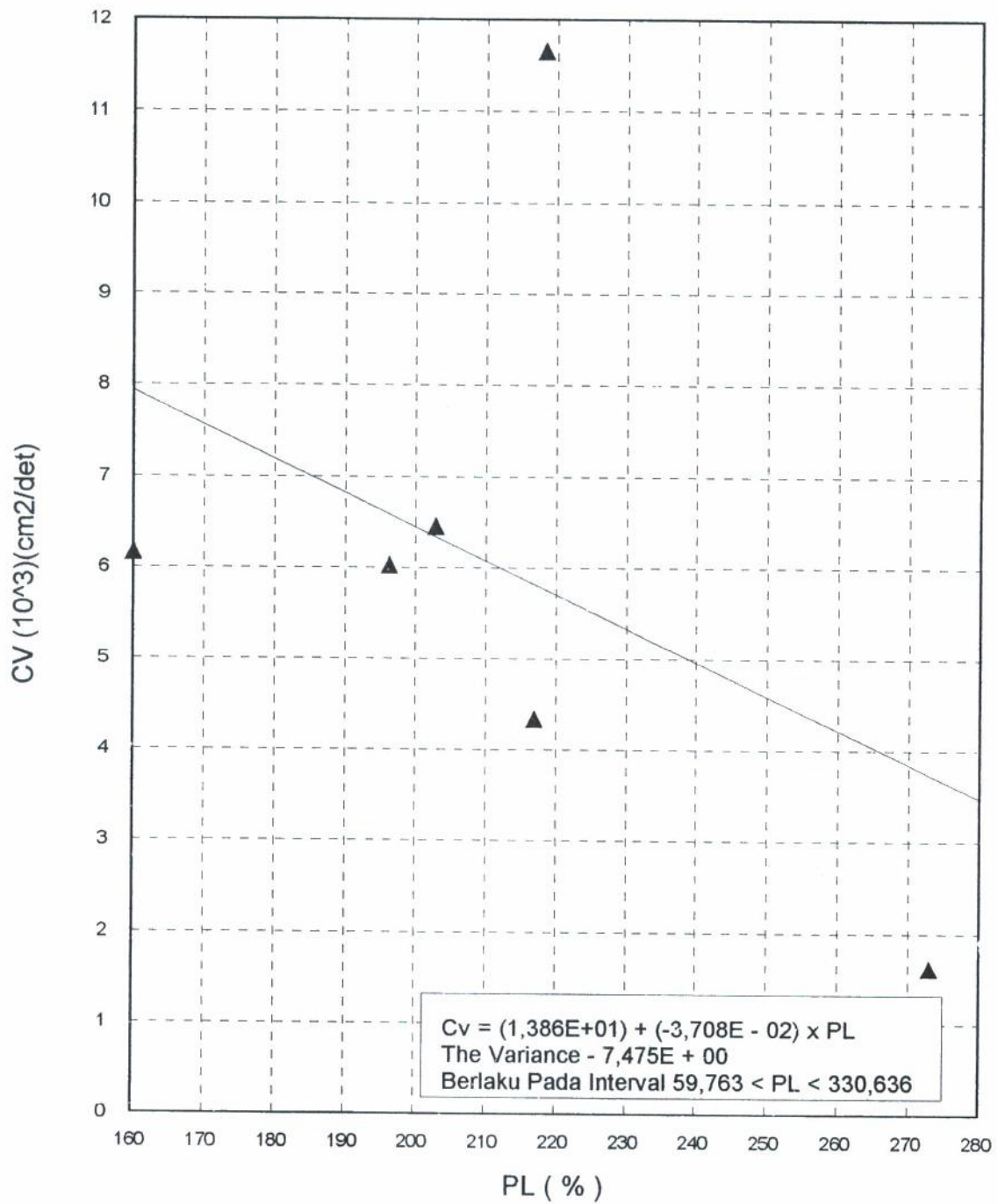
Grafik 4.5. Hubungan Antara Shrinkage Limit (SL) dengan Indeks Kompresi (Cc), lapangan



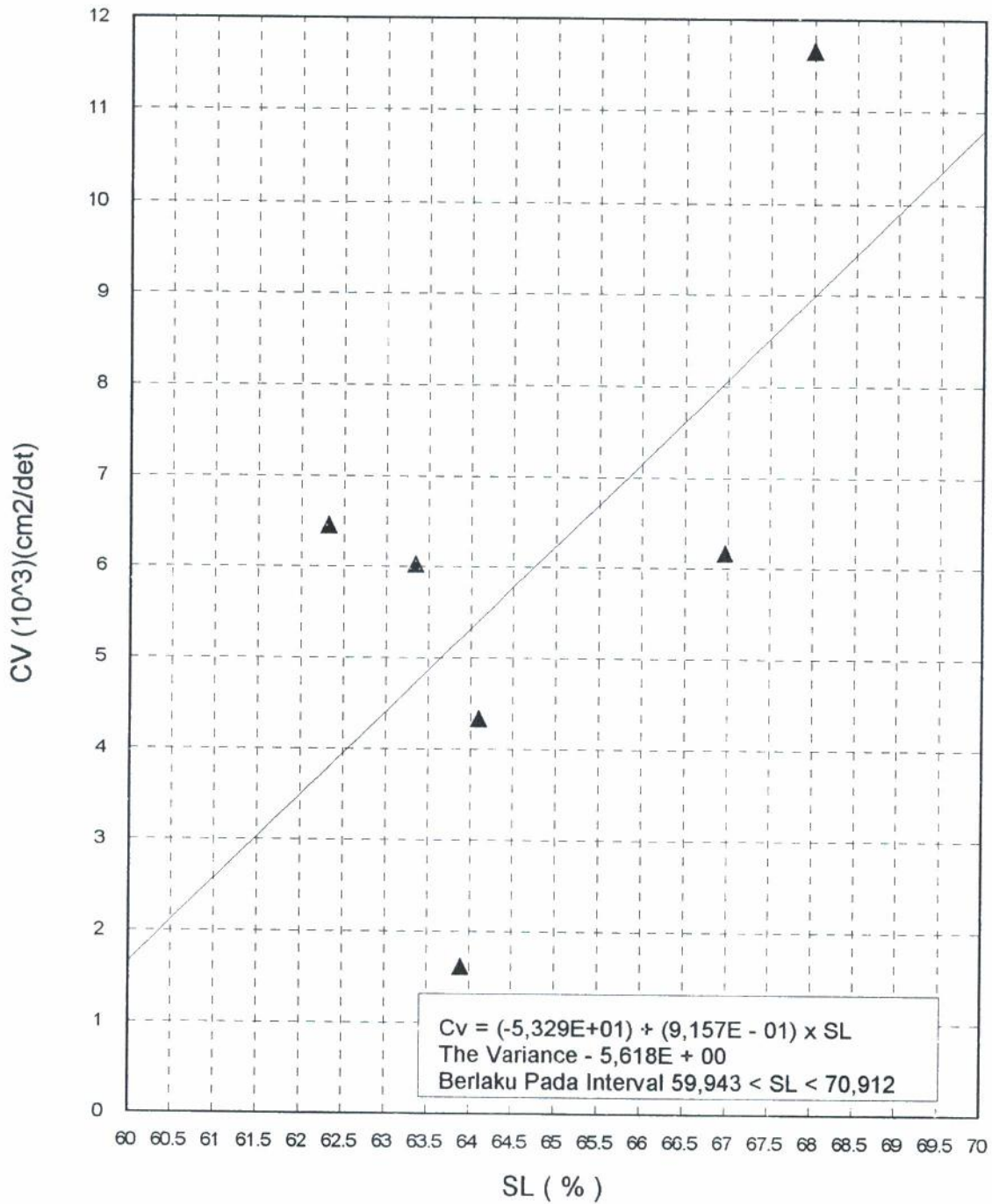
Grafik 4.6. Hubungan Antara Shrinkage Limit (SL) dengan Indeks Kompresi (Cc),laboratorium



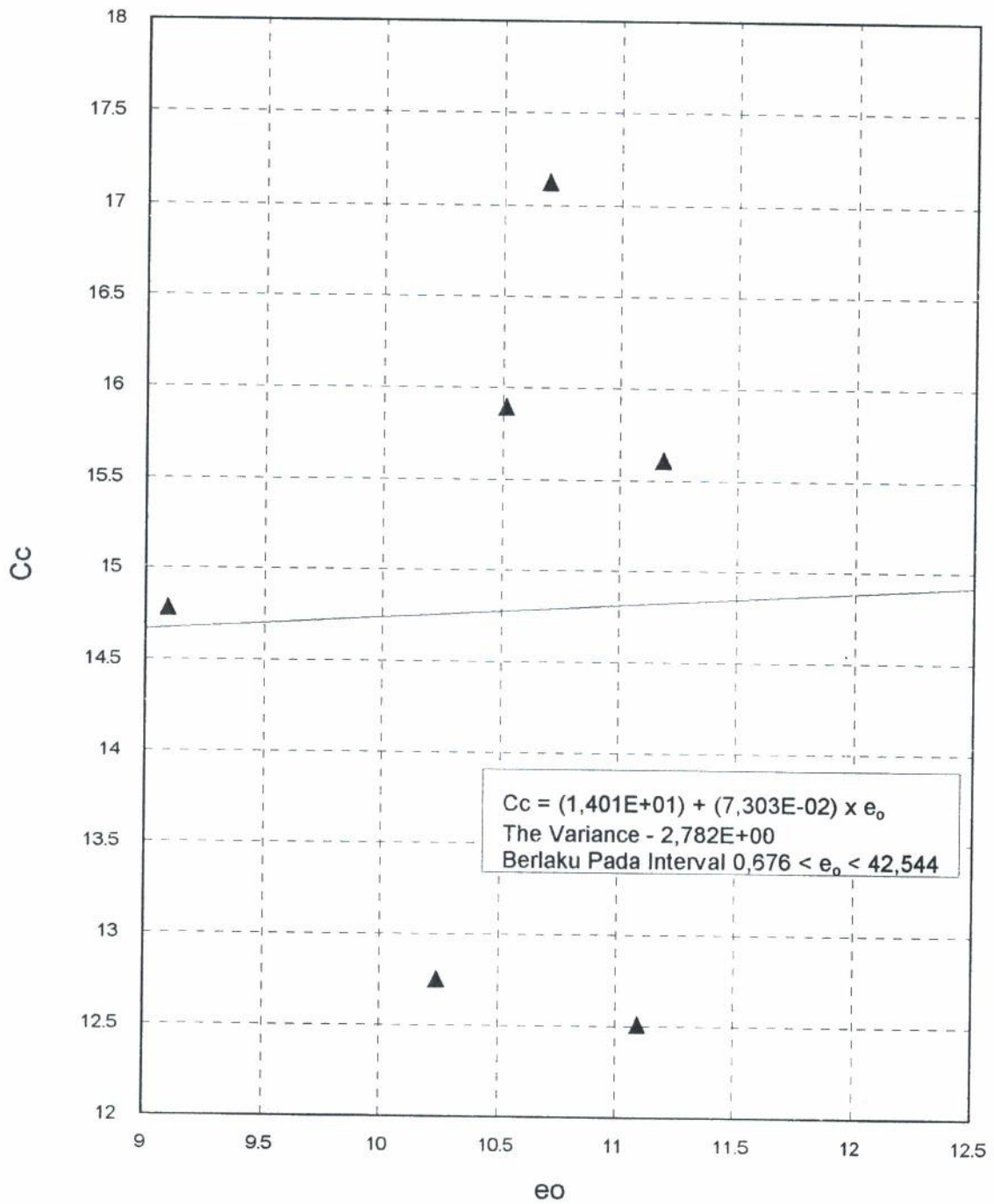
Grafik 4.7. Hubungan Antara Liquid Limit (LL) dengan Koefisien Konsolidasi (Cv)



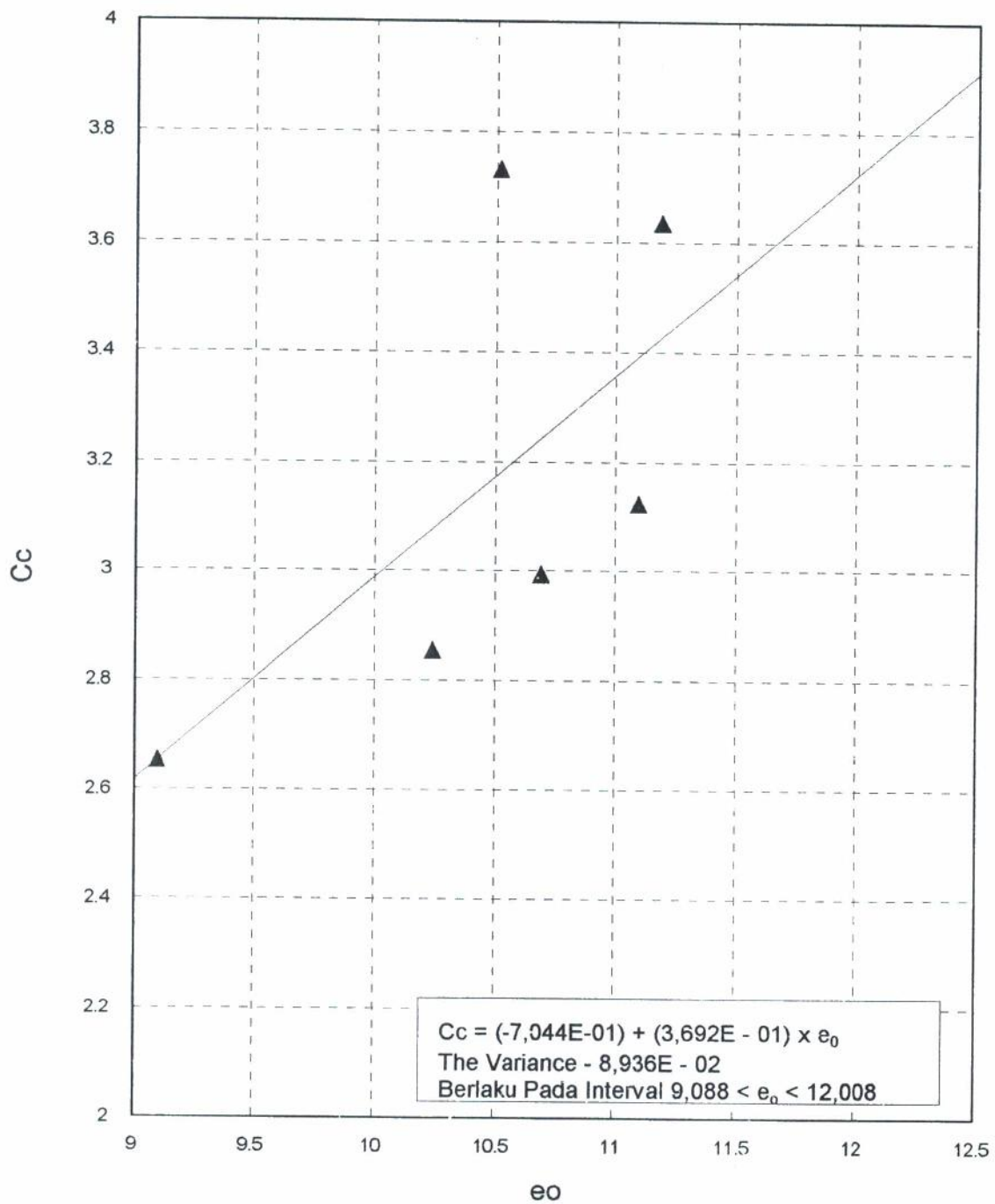
Grafik 4.8. Hubungan Antara Plastic Limit (PL) dengan Koefisien Konsolidasi (Cv).



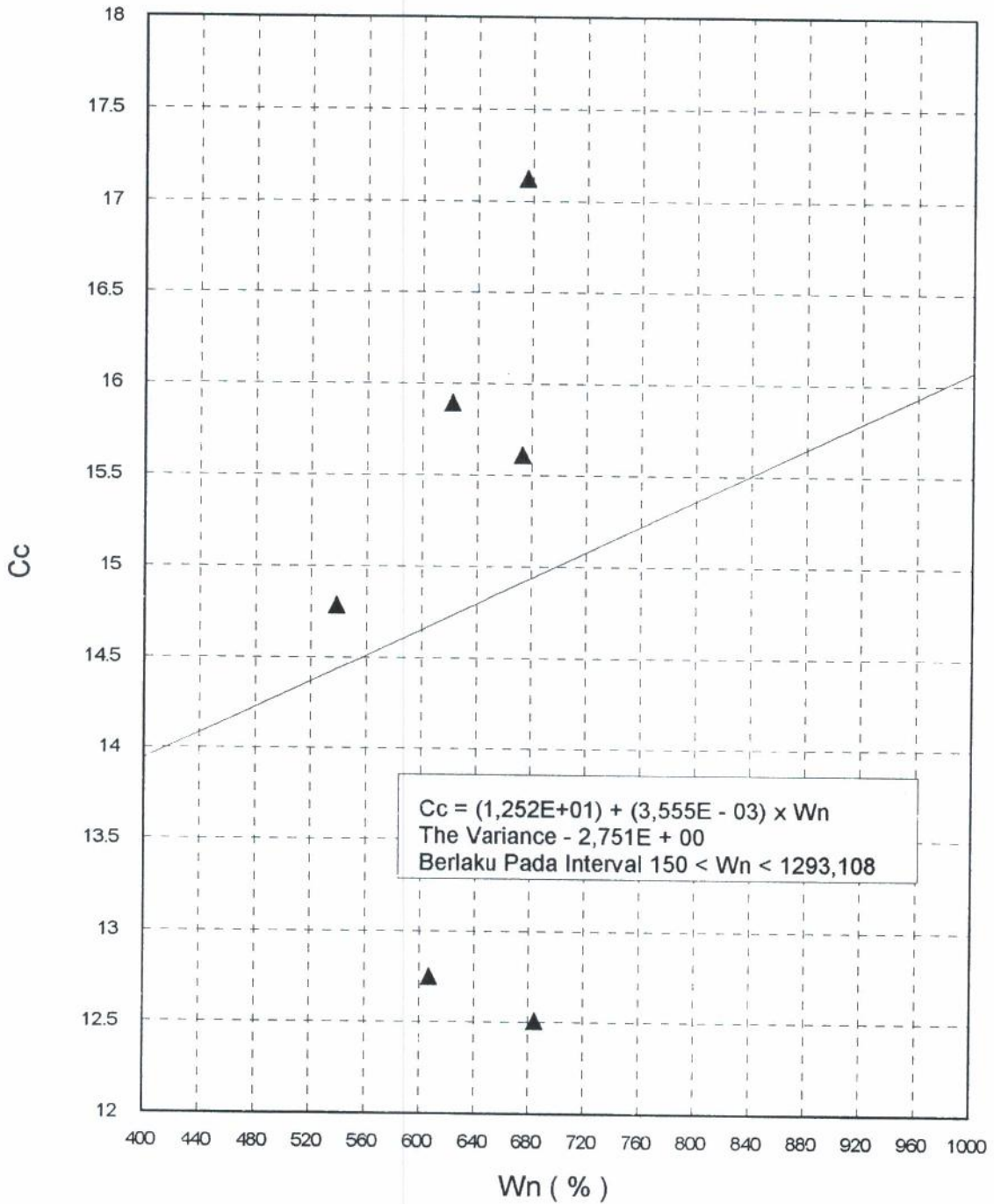
Grafik 4.9. Hubungan Antara Shrinkage Limit (SL) dengan Koefisien Konsolidasi (Cv)



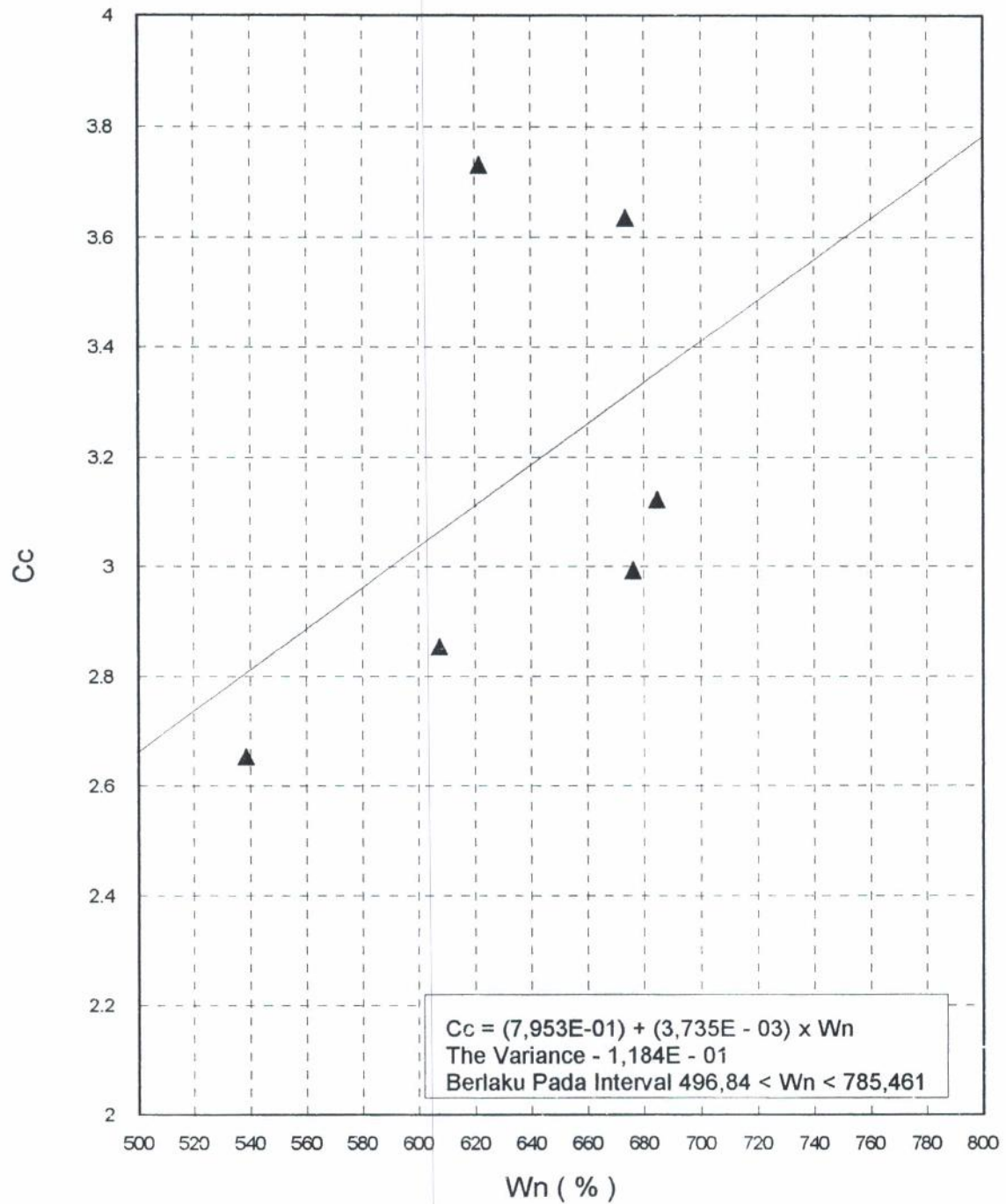
Grafik 4.10. Hubungan Antara Angka Pori Awal (e_0) dengan Indeks Kompresi (C_c), lapangan



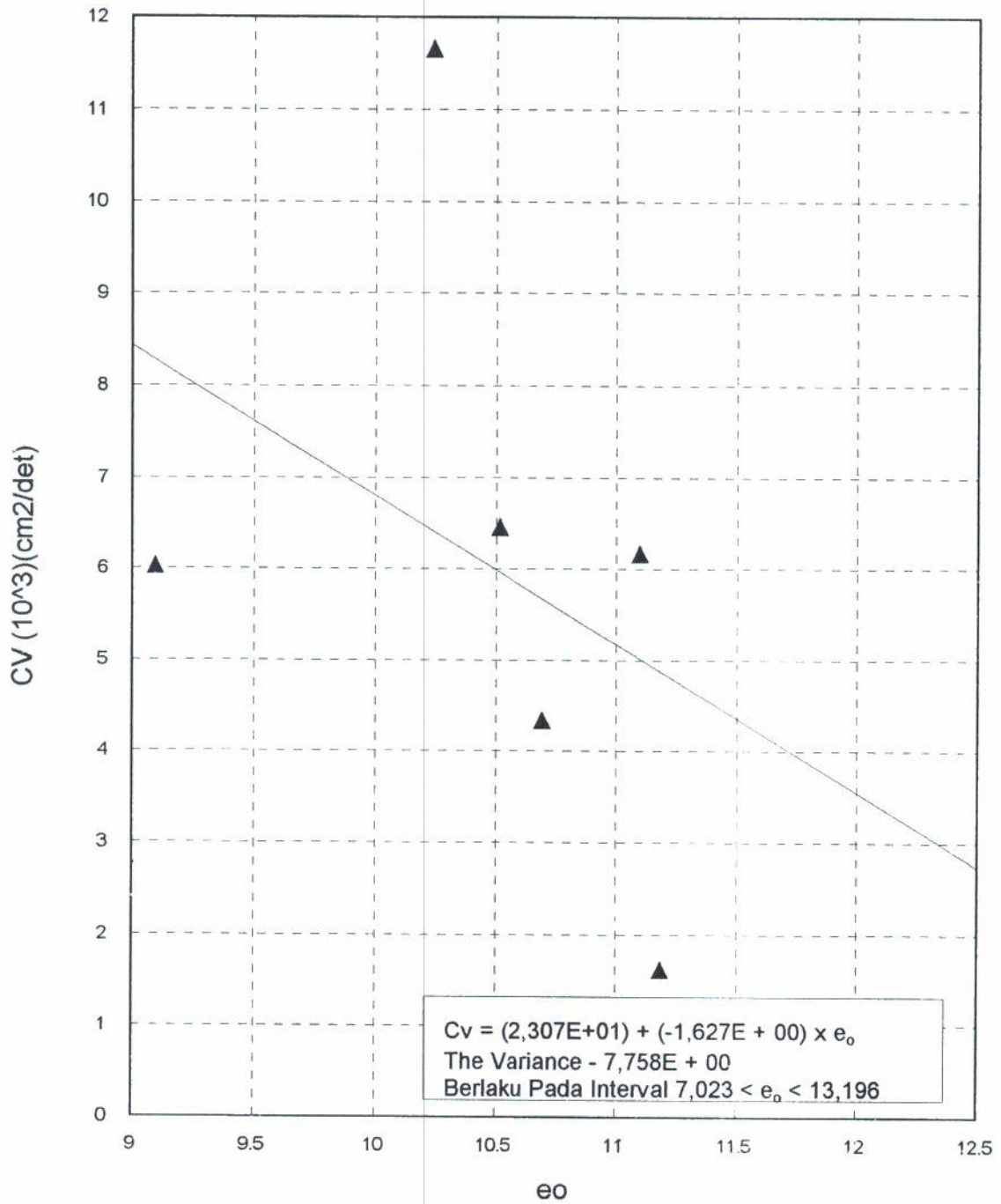
Grafik 4.11. Hubungan Antara Angka Pori Awal (e_0) dengan Indeks Kompresi (C_c),laboratorium



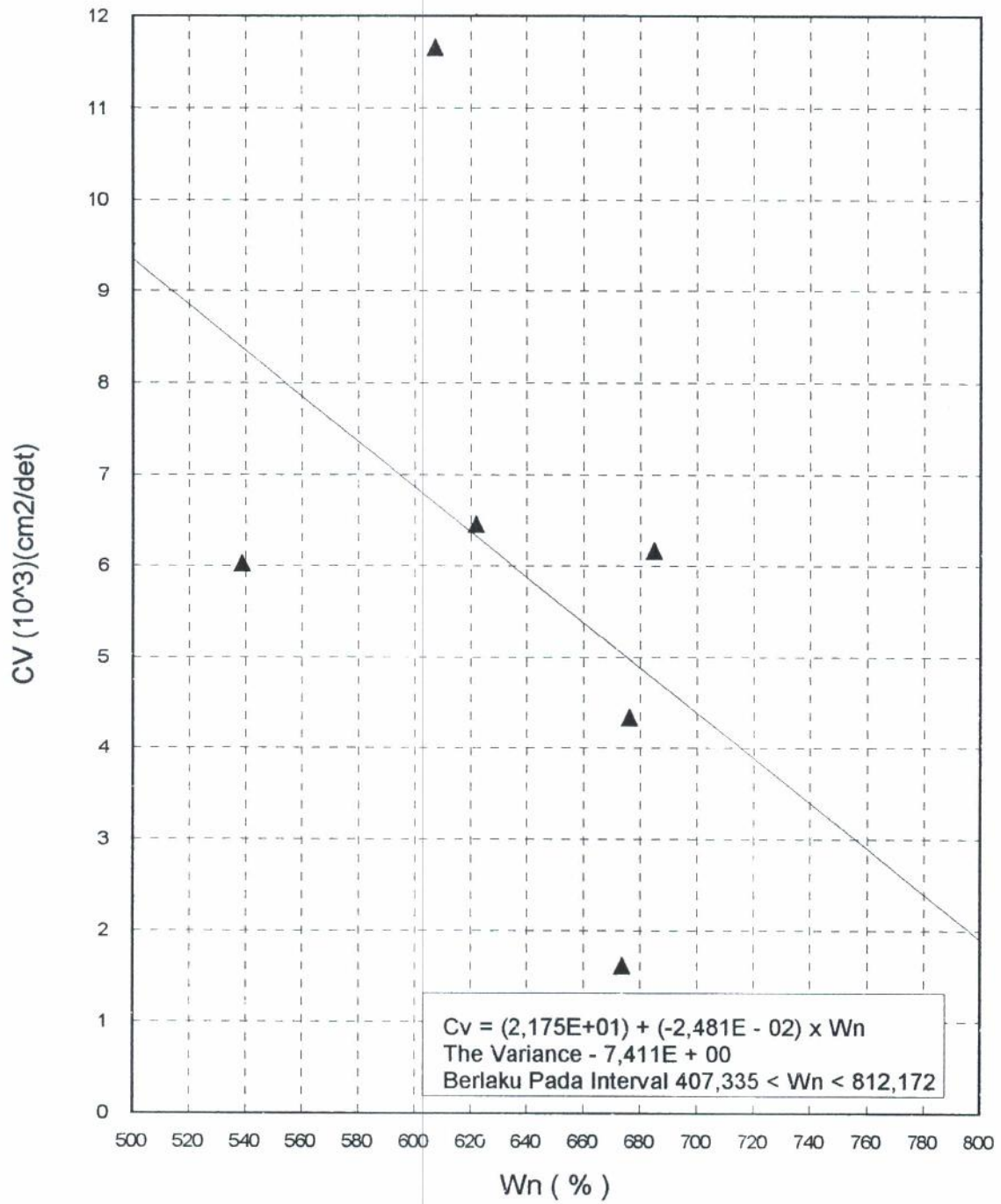
Grafik 4.12. Hubungan Antara Kadar Air Asli (Wn) dengan Indeks Kompresi (Cc),lapangan



Grafik 4.13. Hubungan Antara Kadar Air Asli (Wn) dengan Indeks Kompresi (Cc),laboratorium



Grafik 4.14. Hubungan Antara Angka Pori Awal (eo) dengan Koefisien Konsolidasi (Cv)



Grafik 4.15. Hubungan Antara Kadar Air Asli (Wn) dengan Koefisien Konsolidasi (Cv)

BAB V

KESIMPULAN dan SARAN

V.1. Kesimpulan

Dari hasil yang didapat melalui beberapa pengujian tanah gambut Semarang, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada contoh tanah gambut Semarang didapat kadar air asli sebesar 512,567 %, berat isi kering sebesar $0,185 \text{ gr/cm}^3$, data-data ini menunjukkan bahwa tanah gambut Semarang sangat jelek untuk dijadikan pondasi jalan atau pekerjaan konstruksi lainnya.
2. Berdasarkan kandungan serat $> 20 \%$, maka tanah gambut Semarang termasuk jenis tanah gambut Fibrous Peat, yaitu tanah gambut yang memiliki dua jenis pori yaitu macropori (pori-pori antar serat) dan micropori (pori-pori yang ada didalam serat).
3. Berdasarkan nilai dari Indeks Plastis ($I_p > 40 \%$), nilai dari Indeks Kecairan ($LI > 1$), dan berdasarkan nilai dari Indeks Konsistensi ($I_c < 0$), maka dapat diambil kesimpulan bahwa tanah gambut Semarang termasuk dalam *Highly Plastis, tanah dalam keadaan Liquid State dan tanah yang memiliki kadar air yang lebih besar dari batas cairnya.*
4. Dari hasil pengujian Konsolidasi diperoleh nilai $P_c > P_o$, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa tanah gambut Semarang termasuk dalam lapisan *Over Konsolidated*, ini berarti lapisan-lapisan bawah tanah gambut Semarang pada suatu saat dalam sejarah geologinya pernah

mengalami konsolidasi akibat tekanan yang lebih tinggi daripada tekanan yang berlaku di atasnya pada masa sekarang. Sedangkan menurut beberapa literatur menunjukkan bahwa tanah Gambut cenderung mendekati *Normally consolidated* ($P_o = P_c$). Hal ini dapat disebabkan dengan adanya gangguan pada saat pengambilan contohnya, sehingga menyebabkan adanya suatu perbedaan.

5. Berdasarkan hasil dari percobaan Konsolidasi didapat nilai Indeks Kompresi (C_c), laboratorium cenderung lebih baik dibandingkan dengan nilai Indeks Kompresi (C_c), lapangan.
6. Hasil hubungan antara Parameter Konsolidasi dengan Batas-batas Konsistensi :

Hubungan Antar Parameter	Persamaan	Syarat Batas
LL dengan C_c (lapangan)	$C_c = (1,058E+01) + (1,539E-02) \times LL$ The variance - 2,365E+00	$124,756 < LL < 424,756$
LL dengan C_c (laboratorium)	$C_c = (2,278E+00) + (3,244E-03) \times LL$ The Variance - 1,367E-01	$114,981 < LL < 447,287$
PL dengan C_c (lapangan)	$C_c = (9,897E+00) + (2,307E-02) \times PL$ The Variance - 2,179E+00	$112,830 < PL < 312,960$
PL dengan C_c (laboratorium)	$C_c = (2,203E+00) + (4,541E-03) \times PL$ The Variance - 1,319E-01	$98,656 < PL < 336,049$
SL dengan C_c (lapangan)	$C_c = (5,863E+01) + (-6,771E-01) \times SL$ The Variance - 9,136E-01	$61,309 < SL < 68,128$
SL dengan C_c (laboratorium)	$C_c = (8,583E+00) + (-8,368E-02) \times SL$ The Variance - 1,267E-01	$58,006 < SL < 70,889$
LL dengan C_v	$C_v = (1,534E+01) + (-3,415E-02) \times LL$ The Variance - 6,972E+00	$108,228 < LL < 402,342$
PL dengan C_v	$C_v = (1,386E+01) + (-3,708E-02) \times PL$ The Variance -7,475E+00	$59,763 < PL < 330,636$
SL dengan C_v	$C_v = (-5,329E+01) + (9,157E-01) \times SL$ The Variance - 5,618E+00	$59,943 < SL < 70,912$
eo dengan C_c (lapangan)	$C_c = (1,401E+01) + (7,303E-02) \times eo$ The Variance - 2,782E+00	$0,676 < eo < 42,544$
eo dengan C_c (laboratorium)	$C_c = (-7,044E-01) + (3,692E-01) \times eo$ The Variance - 8,936E-02	$9,088 < eo < 12,008$
Wn dengan C_c (lapangan)	$C_c = (1,252E+01) + (3,555E-03) \times Wn$ The Variance - 2,751E+00	$150 < Wn < 1293,108$
Wn dengan C_c (laboratorium)	$C_c = (7,953E-01) + (3,735E-03) \times Wn$ The Variance - 1,184E-01	$496,84 < Wn < 785,461$
eo dengan C_v	$C_v = (2,307E+01) + (-1,627E+00) \times eo$ The Variance - 7,758E+00	$7,023 < eo < 13,196$
Wn dengan C_v	$C_v = (2,175E+01) + (-2,481E-02) \times Wn$ The Variance - 7,411E+00	$407,335 < Wn < 812,172$

V.2. Saran

Dari hasil kesimpulan yang ada mengenai tanah gambut Semarang, maka dapat disarankan penulis bahwa tanah gambut Semarang merupakan tanah dasar yang tidak baik strukturnya. Dan bila ingin digunakan untuk dapat diambil manfaatnya maka dapat dicapai dengan melakukan metode preloading (pemberian beban awal), yaitu untuk memperbaiki daya dukung tanah gambut, atau dengan melakukan stabilisasi tanah.

DAFTAR PUSTAKA

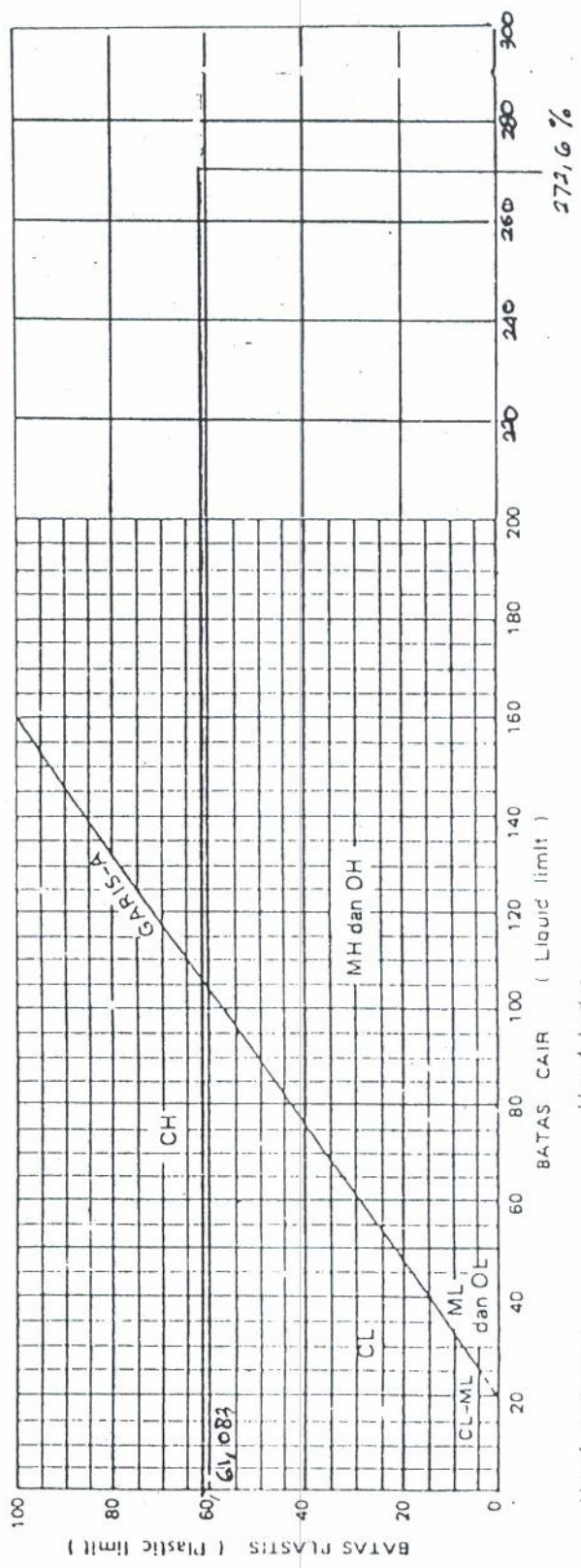
1. Bowles, Joseph E, Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah, Edisi kedua, Penerbit Erlangga, 1993.
2. Wesley, L.D. Dr. Ir, Mekanika Tanah, Penerbit PU, 1988.
3. Braja M. Das, Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis), Jilid 1 Penerbit Erlangga, 1988.
4. R.F. Craig, Budi Susilo Soepanji Dr. Ir., Mekanika Tanah, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, 1989.
5. Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Penerbit Universitas Lampung, 1986.
6. Buku Pedoman Praktikum Mekanika Tanah, ISTN.

Hasil Analisa Kimia Tanah Gambut Semarang

Komponen	Komposisi Kimia (%) Berat
SiO ₂	24,20
AL ₂ O ₃	15,32
Fe ₂ O ₃	1,67
TiO ₂	0,74
CaO	2,43
MgO	0,56
Na ₂ O	0,46
K ₂ O	0,12
Hilang Pijar	54,48
Jumlah	99,98

Sumber : Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Keramik, Bandung

Lampiran - Lampiran



Huruf pertama :
 M = lanau (silt)
 C = lempung (clay)
 O = organik

Huruf kedua :
 L = batas cair rendah (low LL)
 H = batas cair tinggi (high LL)

Gambar 2. PLASTICITY CHART.



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP.
 INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL - JAKARTA
 Kampus ISTN Dhumi Serpong Telp. 7270092

Tanggal Prakték s/d
 Tanggal Laporan
 Regu / Gelombang
 Nama / No. Pokok
 Asisten

A 10 DATA PERCOBAAN

Index Properties.

D	Pengukuran (cm)		Nomor Cincin	Berat cincin (Gram) W ₁	Berat cincin Tanah basah (Gram) / W ₂	Volume cincin (Cm) ³ V _t	Berat cincin Tanah kering (Gram) / W ₃	Berat tnh basah./Gr W _t = W ₂ - W ₁	Berat tnh kering./Gr W _s = W ₃ - W ₁	Berat air. (Gram) W _w = W ₃ - W ₂
	H	Ø								
2,45	2,89		555	22,40	37,78	13,408	25,28	15,73	2,88	12,42
2,43	2,85		E	21,84	36,73	13,223	24,43	14,89	2,59	12,3
2,47	2,92		E	19,45	35,73	13,297	22,39	15,85	2,94	12,91

Specific Gravity.

No.	Pengukuran		
	1	2	3
1.	1A	1B	1C
2.	40,36	30	40,53
3.	138,83	135,96	139,55
4.	27°C	27°C	27°C
5.	45,36	43	45,53
6.	140,8	137,98	141,63
7.	33,23	19,46	18,69
8.	38,20	24,35	23,54
9.	4,97	4,84	4,85
10.			

Catatan :



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP.
 INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL - JAKARTA
 Kampus ISTN Bhumi Serpong Telp. 7270092

Tanggal Laporan :
 Regu / Gelombang :
 Nama / No. Pokok :
 Asisten :

① Index Properties. DATA PERHITUNGAN A10

Nomor Cincin	Berat isi $\gamma = \frac{wI}{Vt}$ gr/cm ³	Kadar Air $W = \frac{W_w}{W_s}$ %	Angka pori $e = \frac{w \cdot G_s(1+w) - I}{\gamma}$	Porositas $n = \frac{e}{1+e}$	Derajat kejenuhan $S_r = \frac{w \cdot G_s}{e}$ %	Berat isi kering $\gamma_d = \frac{\gamma_w, G_s}{1+e}$ gr/cm ³	Berat isi butir $\gamma_s = \frac{\gamma(1 - w/W_t)}{1-n}$ gr/cm ³
1.	1,141	4,313	6,786	0,872	1,063	0,215	1,678
2.	1,126	4,749	7,567	0,883	1,053	0,196	1,674
3.	1,132	4,391	7,153	0,877	1,051	0,210	1,707
	1,133	4,484	7,169	0,877	1,056	0,207	1,686

Specific Gravity.	1	2	3	Rata 2
Spec. Gravity / Cara I. $G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	1,672	1,678	1,712	1,687
Spec. Gravity / Cara II. $G_s = \frac{W_s \cdot G_t}{W_s - W_1 + W_2}$				

$G_s = 1,687$

Kesimpulan :



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP.
 INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL - JAKARTA
 Kampus ISTN Dharmasraya Telp. 7270092

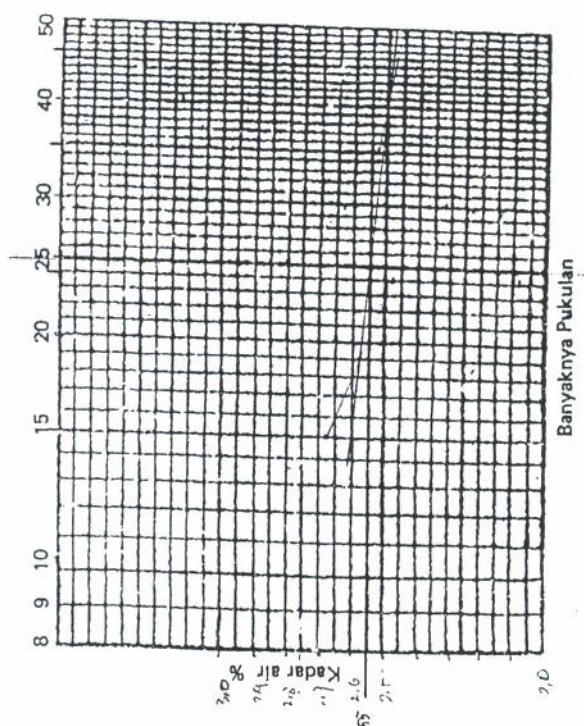
A3 BATAS-BATAS ATTERBERG

REGU _____ s/d _____
 GELOMBANG _____
 NAMA PRAKTIKAN : 1. _____
 2. _____
 3. _____
 4. _____
 5. _____

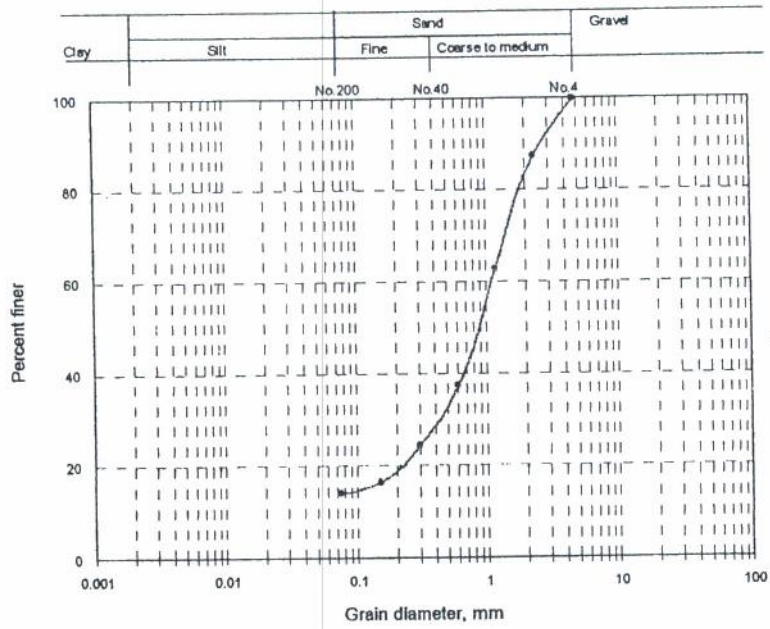
TANGGAL PRAKTEK _____
 BATAS LAPORAN _____
 ASSISTEN _____
 KEDALAMAN TANAH _____
 LOKASI _____
 SUHU RUANGAN : SBL. _____ °C SELAGI. _____ °C.

BATAS CAIR			BATAS PLASTIS		
	35	24	15		
1. Jumlah Pukulan	46	1	2	-	-
2. Nomor Cawan	8,05	2	3	1	3
3. Berat Cawan	10,17	9,85	10,02	12,08	12,28
4. Berat Cawan + Tanah Basah	26,32	27,50	30,02	12,72	13,03
5. Berat Cawan + Tanah Kering	14,73	14,90	15,43	12,27	12,48
6. Berat Air (4 - 5)	11,59	12,6	14,59	0,45	0,52
7. Berat Tanah Kering (5 - 3)	4,56	5,05	5,41	0,19	0,23
8. Kadar Air (6/7 X 100 %)	2,480	2,495	2,697	2,368	2,261
					1,522

BATAS SUSUT		
	35	24
1. Jumlah Pukulan	46	24
2. Nomor Cawan	1	3
3. Berat Cawan	15,67	16,34
4. Berat Cawan + Tanah Basah	35,78	36,34
5. Berat Cawan + Tanah Kering	21,6	22,24
6. Berat Hg Yang dipindahkan	100,08	95,10
7. Berat Jenis Hg	13,60	13,60
8. Volume Tanah Kering (V) = (6/7)	7,359	6,993
9. Berat jenis Butir Tanah (G _s) → A 10	1,686	1,686
10. Berat Tanah Kering (W _s) = (5 - 3)	5,97	5,78
11. Berat Isi Air (T _w)	1	1
12. BJ Air pada temperatur Percobaan (G _t)	0,9951	0,9951
13. SL = $\frac{T_w \cdot W_s}{W_s} - \frac{G_t}{G_s}$	0,642	0,620
14. Kadar Air (W) = (4 - 5 / 5 - 3) X 100 %	2,369	2,450

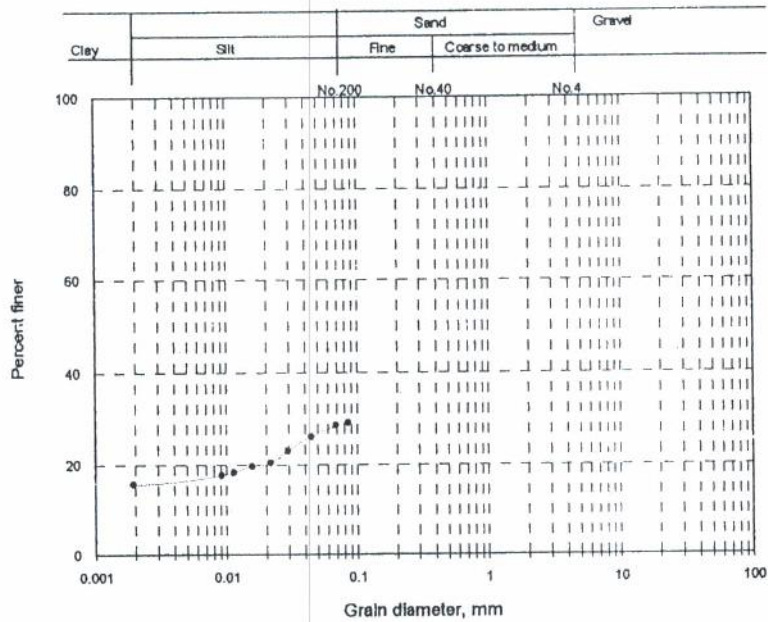


2020



Grain Size Distribution (Analisa Ayakan)

Gravel : 0.07 %
 Sand : 85.71 %
 Silt : 13.547 %



Grain Size Distribution (Hydrometer)



TANGGAL PRAKTEK : s/d
 TANGGAL LAPORAN :
 BATAS LAPORAN :
 GELOMBANG :
 R E G U :
 N A M A : 1.
 2.
 3.
 4.
 5.

A6_A

ASSISTEN : (

①

BERAT CONTOH SEBELUM PERCOBAAN : Gr.
 BERAT CONTOH SESUDAH PERCOBAAN : 50 Gr.
 SUHU RUANGAN SEWAKTU PERCOBAAN : 31 °C.

	I		II		III	
t	r	H (Cm)	r	H (Cm)	r	H (Cm)
1/4	1,029	2,92	1,029	2,92	1,029	2,92
1/2	1,0275	3,36	1,027	3,46	1,0295	3,36
1	1,0285	3,61	1,027	3,46	1,027	3,46
2	1,0235	4,42	1,023	4,54	1,0235	4,42

	IV	
t	r	H (Cm)
2	1,0235	4,42
5	1,019	5,59
10	1,015	6,66
20	1,014	6,93
40	1,012	7,48
60	1,011	7,76
24 Jam	1,008	8,59

DIAMETER TABUNG CONTOH : 6,98 mm
 VOLUME KEPALA HYDROMETER: 58 ml
 TINGGI KEPALA HYDROMETER –
 (DARI LEHER SAMPAI DASAR) h : 139,4 Cm
 PEMBACAAN HYDROMETER DI –
 AQUADEST (r_w) : 0,985
 PEMBACAAN THERMOMETER DI –
 AQUA DEST : 28°C
 H = JARAK DARI PEMBACAAN – KELEHER
 HYDROMETER.



TANGGAL PRAKTEK : _____
TANGGAL LAPORAN : _____
BATAS LAPORAN : _____
GELOMBANG : _____
R E G U : _____
N A M A : 1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

A_{6B}

ASSISTEN : _____

①

BERAT TANAH BASAH : 1000 Gr.
BERAT TANAH KERING : 442,16 Gr.
BERAT TANAH YANG TERJAHAN-
AYAKAN No : 200 (KERING) : 381,25 Gr.

AYAKAN		BERAT (Gram)		
No.	Min	AYAKAN	PERCOBAAN I : AYAKAN I SOIL	PERCOBAAN II : AYAKAN I SOIL
8/4	4,750		0,31	
10/8	2,360		55,15	
20/16	1,18		109,34	
40/30	0,600		112,67	
60/50	0,300		57,19	
140/100	0,150		34,01	
200/75	0,075		10,63	
CONTAINER :			0,83	
JUMLAH :			380,13	

SUHU RUANGAN SEBELUM PERCOBAAN : 31 °C.
SUHU RUANGAN SESUDAH PERCOBAAN : 31 °C.



Asal tanah :
 Macam tanah :
 Kedalaman : -

Tanggal percobaan :
 Tanggal laporan :
 Dates laporan :
 Gelombang :
 Regu :
 Nama praktikan :
 1.
 2.
 3.
 4.
 5.
 Subruangan :

①
 Asisten :

Kadar Air dan Berat Isi	Sbl	Ssd	Angka pori dan Derajat kejenuhan	Sbl	Ssd
Diameter contoh (Cm)	0,47	0,47	Tinggi contoh (Cm)	2,05 H ₀	0,56
Berat contoh basah + ring (Gr)	289,4	234,83	Angka pori $e_0 = \frac{H_0 - H_t}{H_t}$	10,517	2,146
Berat Ring (Gr)	213,3	213,3	Kadar Air (%)	621,827	119,933
Berat contoh basah (Gr)	71,1	21,63	Derajat kejenuhan (%)	99,74	94,014
Berat contoh kering (Gr)	9,85	9,85	Berat jenis (Gr/Cm ³)	1,687	1,687
Berat Air (Gr)	61,25	11,78	Keterangan :		
Berat Isi (Gr/cc)	1,057	1,726	$H_t = \frac{BK}{A \cdot G}$ (Cm)	0,178	0,178

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 = 32,361$$

PEMBACAAN ARLOJI (x 10³ Cm)

BEBAN :									
Tekanan Kg/Cm ²		0,25	0,50	1	2	4	8	2	0,25
Jam	Waktu								
	0								
	9,6 dt	125	743	970	1217,5	1414,5	1548,5	1619,5	1576,5
	21,4 dt	185	749,5	975	1222,5	1416,5	1551,5	1618	1576
	38,4 dt	230	754	980	1227,5	1419,5	1554,5	1617,5	1575,5
	1 mt	265	760	986	1246,5	1421,5	1557,5	1617	1575
	2 1/4 mt	321	771	997	1255,5	1426,5	1559,5	1616	1574
	4 mt	425	786	1010	1272,5	1432,5	1569,5	1615	1573,5
	9 mt	540	813	1033	1291,5	1445,5	1579,5	1613	1571,5
	16 mt	586	838	1059,5	1312,5	1455,5	1591	1611,5	1570
	25 mt	614	859,5	1070	1323	1465,5	1598,5	1610	1569
	36 mt	638	869	1083,5	1335,5	1473	1609,5	1609	1567
	49 mt	654	879,5	1096	1346,5	1478	1609,5	1608	1566
	54 mt	662	881	1104	1350,5	1484	1613,5	1607	1565
11:40	24 jam	723	942	1167,5	1395,5	1520	1642,5	1598	1543

10



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP.
 INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL - JAKARTA
 Kampus ISTN Bhumisrengas Telp. 7270092

- Tanggal percobaan: _____
- Tanggal laporan: _____
- Batas laporan: _____
- Geometri: _____
- Regu: _____
- Nama praktikan: _____
- _____
- _____
- _____

Asisten: _____

Suhu ruangan: _____

①

Tekanan (Kg/cm ²)	Pembacaan Arloji (cm)	Penurunan kotor	Koreksi- Alat	Penurunan yang se- benarnya ΔH (cm)	$\Delta e = \frac{\Delta H}{H_0}$	Angka pori $e = e_0 - \Delta e$	Penurunan merata	Tinggi contoh merata Hm	t = 90 detik	Coefisien pe- mampatan $C_v = \frac{0.212 H}{t \cdot 90 \text{ dt}}$
0	0			0	0	10,517	0,3615	1,6885	375	0,00161
0,25	0,723			0,723	4,062	6,495	0,8805	1,2175	1730,214	0,00018
0,50	0,942			0,942	5,292	5,295	1,05475	0,99525	1603,734	0,00013
1	1,1675			1,1675	6,559	3,958	1,2815	0,7685	2018,4	0,000062
2	1,3955			1,3955	7,840	2,677	1,45775	0,59225	16,79	0,00443
4	1,520			1,520	8,539	1,978	1,58105	0,46875	1749,6	0,000027
8	1,6425			1,6425	9,228	1,289	1,62005	0,42075		6,430.10 ⁻³
2	1,598			1,598	8,978	1,539	1,5705	0,4795		
0,25	1,543			1,543	8,669	1,848				

Kesimpulan

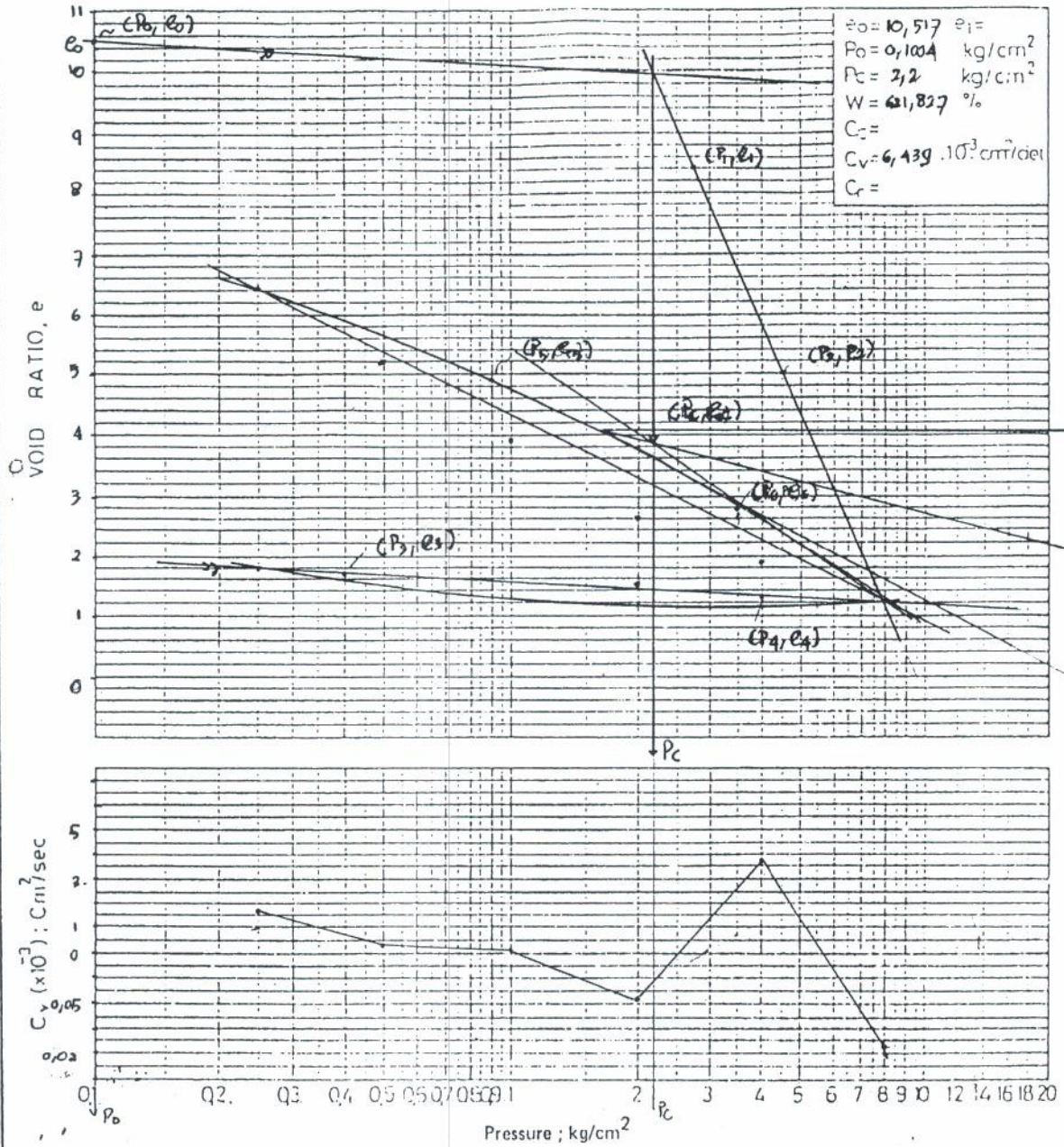
Saran



CONSOLIDATION TEST

Project :
 Location :
 Boring no :

Depth of sample :
 Date of test :
 Test by :



$$P_0 = \frac{\gamma \cdot H}{1000}$$

$$P_0 = \frac{1,057 \cdot 95}{1000}$$

$$P_0 = 0,1004$$

$$OCR = P_c / P_0$$

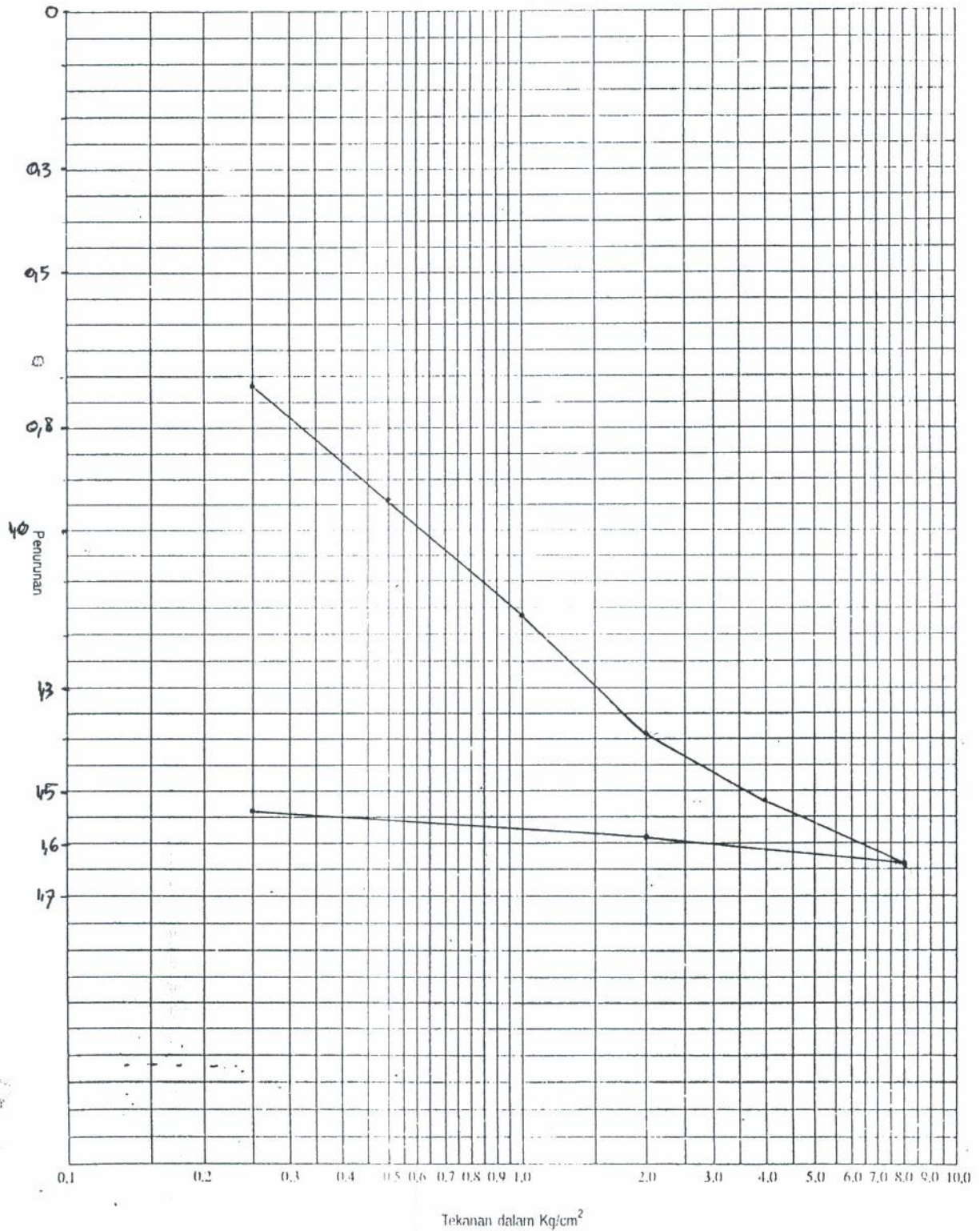
$$OCR = 21,912$$

$$C_c = \frac{e_1 - e_0}{\log P_2 / P_1} = \frac{8,4 - 5}{\log 4,8 / 2,175} = 5,888$$

$$C_r = \frac{e_3 - e_4}{\log P_4 / P_3} = \frac{2,7 - 1,3}{\log 4 / 0,4} = 0,4$$

$$C_c = \frac{e_5 - e_6}{\log P_6 / P_5} = \frac{4,9 - 2,8}{\log 7,5 / 0,99} = 3,729$$

LOKASI :
NO BORING :
TINGGI CONTOH :
Ø CONTOH :
TANGGAL TEST :
PEMERIKSAAN :



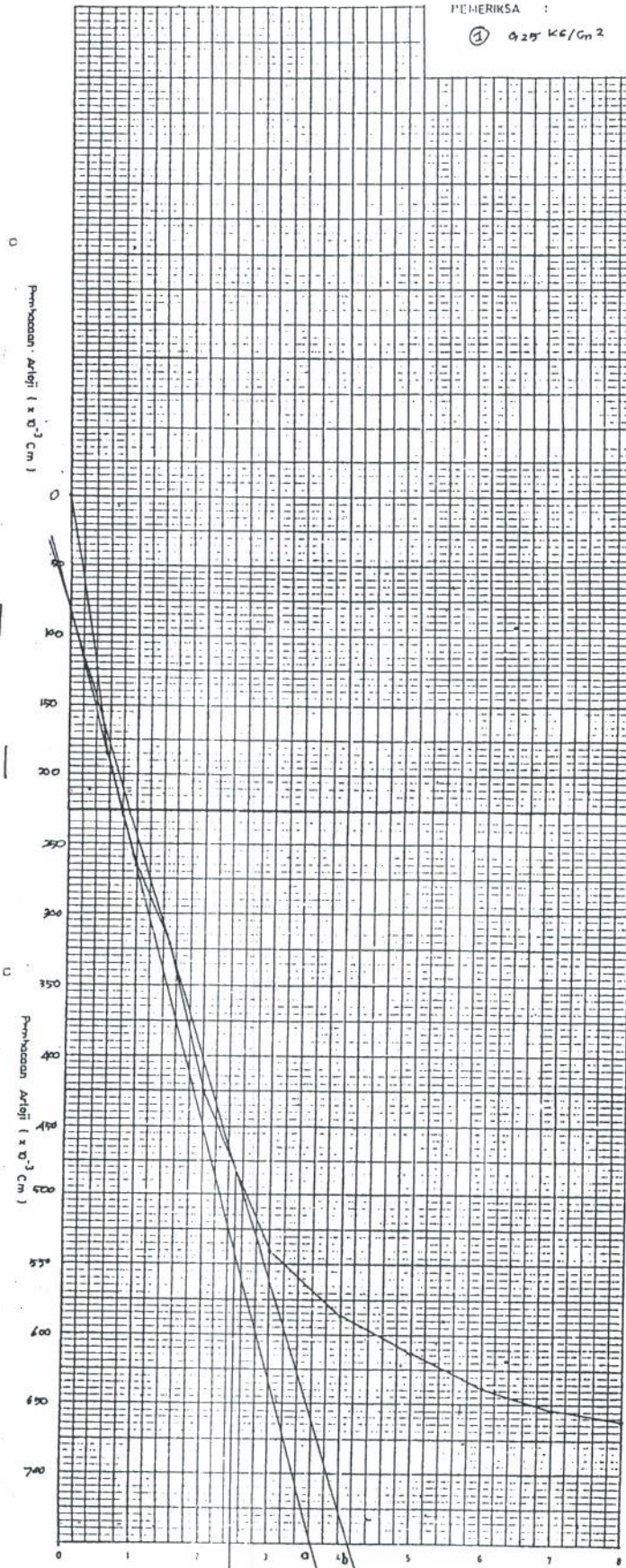


PEHAMPIATAN (C).

ASAL TANAH :
 BORING NO. :
 KEDALAMAH :

PEMERIKSA :

① 0,25 kg/cm²



$V_{\text{maksu}} = 3,5$
 $b_{90} = (0,9)^2 \times 60$
 $b_{90} = 37,5$
 $a = 7,2 \text{ cm}$
 $b = 1,15 \times 7,2$
 $b = 8,28$

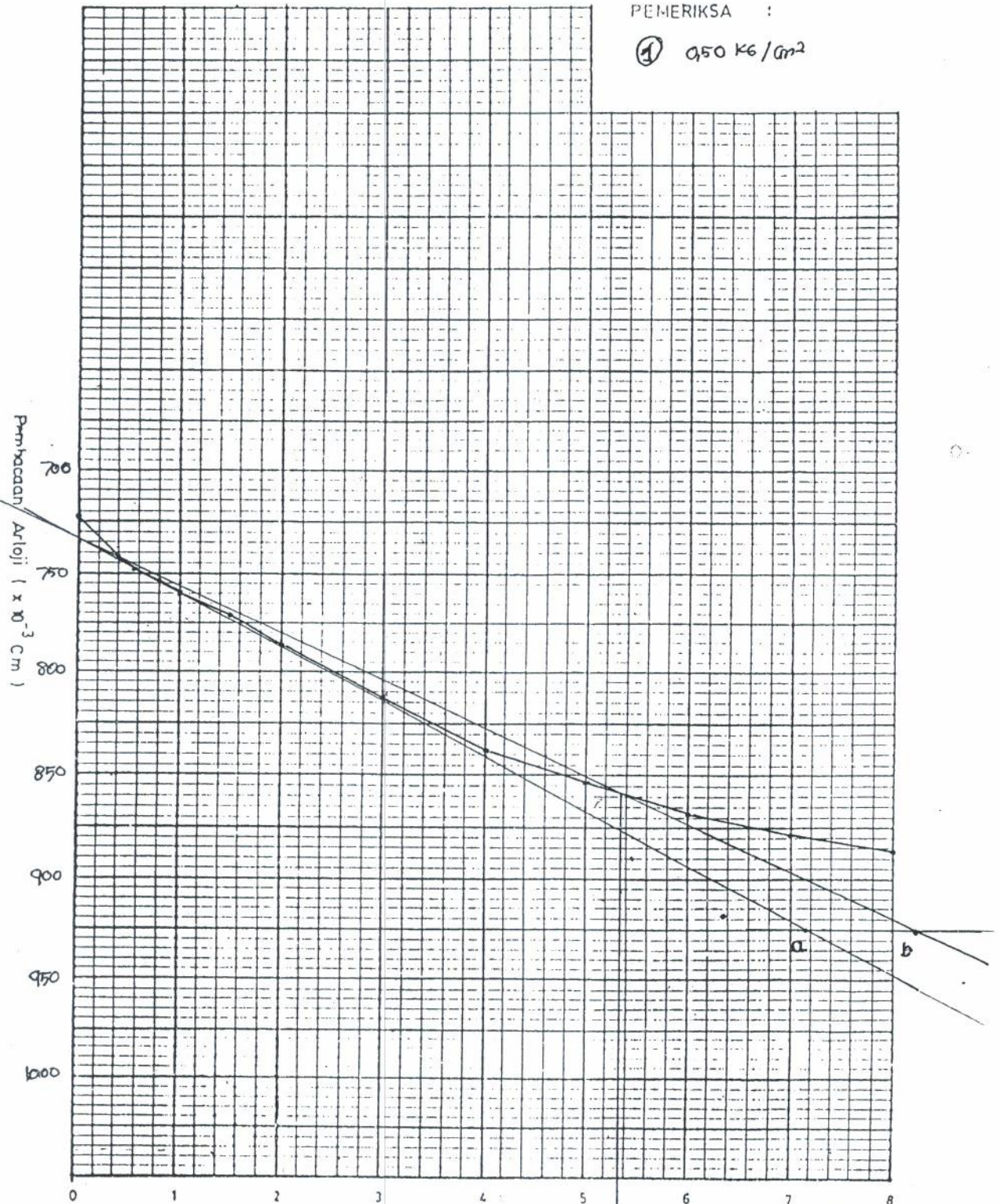


PEMAMPATAN (C).

ASAL TANAH :
 BORING NO. :
 KEDALAMAN :

PEMERIKSA :

① 950 kg/cm²



$\sqrt{\text{Waktu}}$

$\sqrt{\text{Menit}}$

$\sqrt{t_{90}} = 5,37$

$t_{90} = (5,37)^2 \times 60$

$t_{90} = 1730,214$

$D = 4,3 \text{ cm}$

$b = 415 \times 14,3$

$b = 16,445 \text{ cm}$



PEMAMPATAN (C).

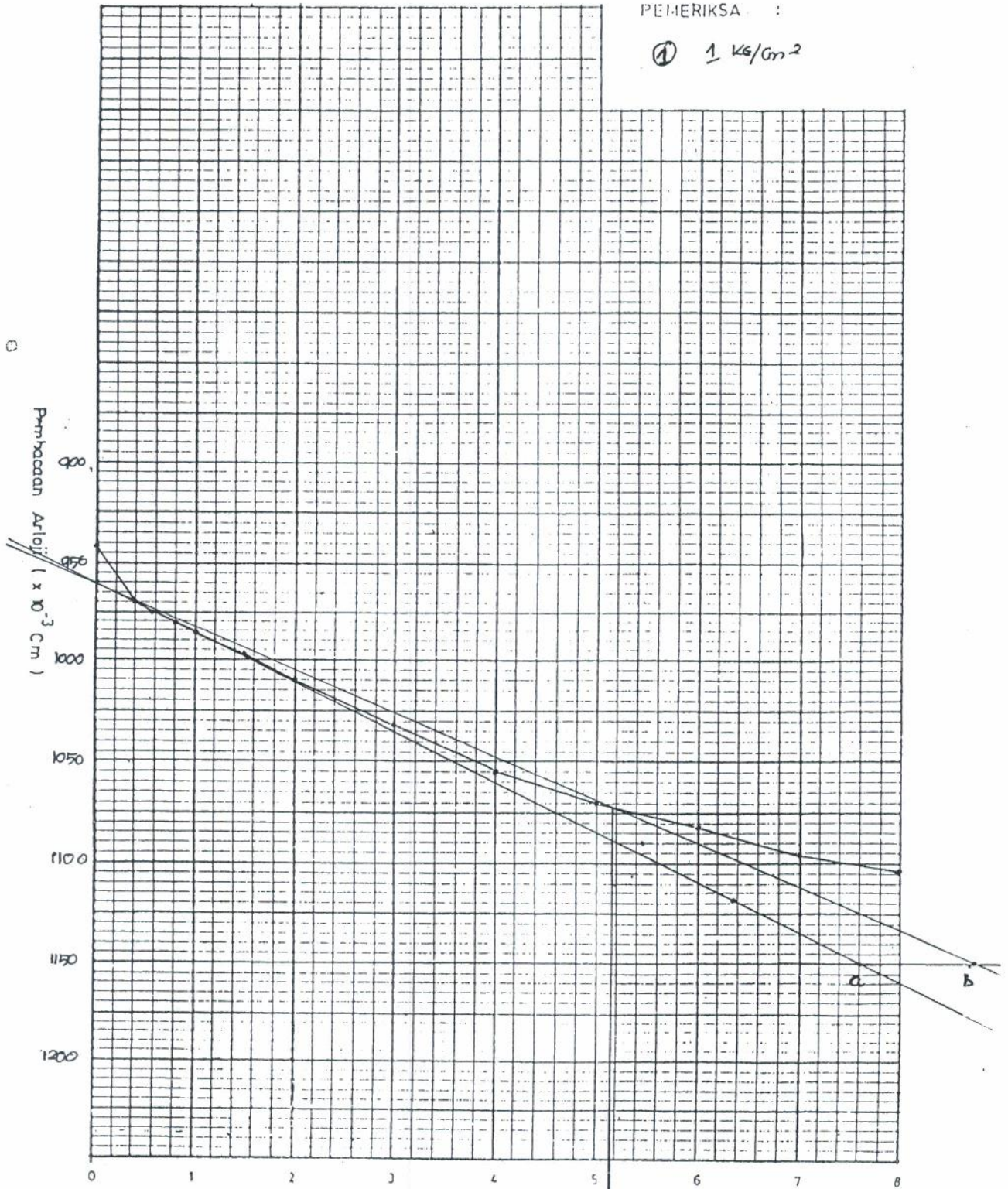
ASAL TANAH :

BORING NO. :

KEDALAMAN :

PEMERIKSA :

① 1 kg/cm^2



$\sqrt{\text{Waktu}}$ $\sqrt{\text{Menit}}$

$$\begin{aligned} \sqrt{t_{90}} &= 5,17 \\ t_{90} &= (5,17)^2 \times 60 \\ t_{90} &= 1603,734 \end{aligned}$$

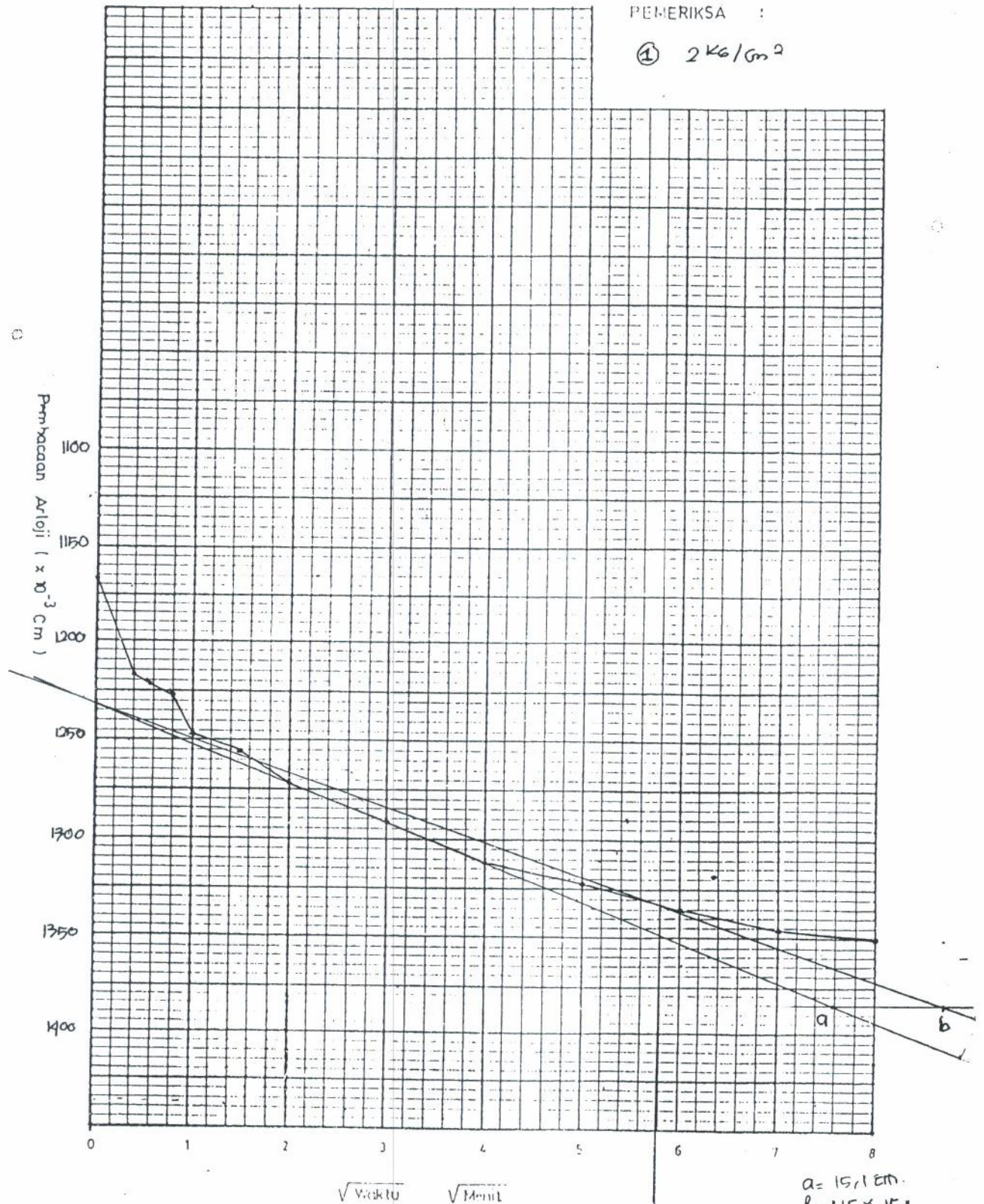
$$\begin{aligned} D &= 15,15 \text{ cm} \\ b &= 1,15 \times 15,15 \\ b &= 17,425 \text{ cm} \end{aligned}$$



PEMAMPATAN (C).

ASAL TANAH :
BORING NO. :
KEDALAMAN :
PEMERIKSA :

① 2 Kg/cm²



$V_{t_{90}} = 5,8$
 $t_{90} = (5,8)^2 \times 60$
 $t_{90} = 2018,4$

$a = 15,1 \text{ cm}$
 $b = 1,15 \times 15,1$
 $b = 17,365 \text{ cm}$



PEMAMPATAN (C).

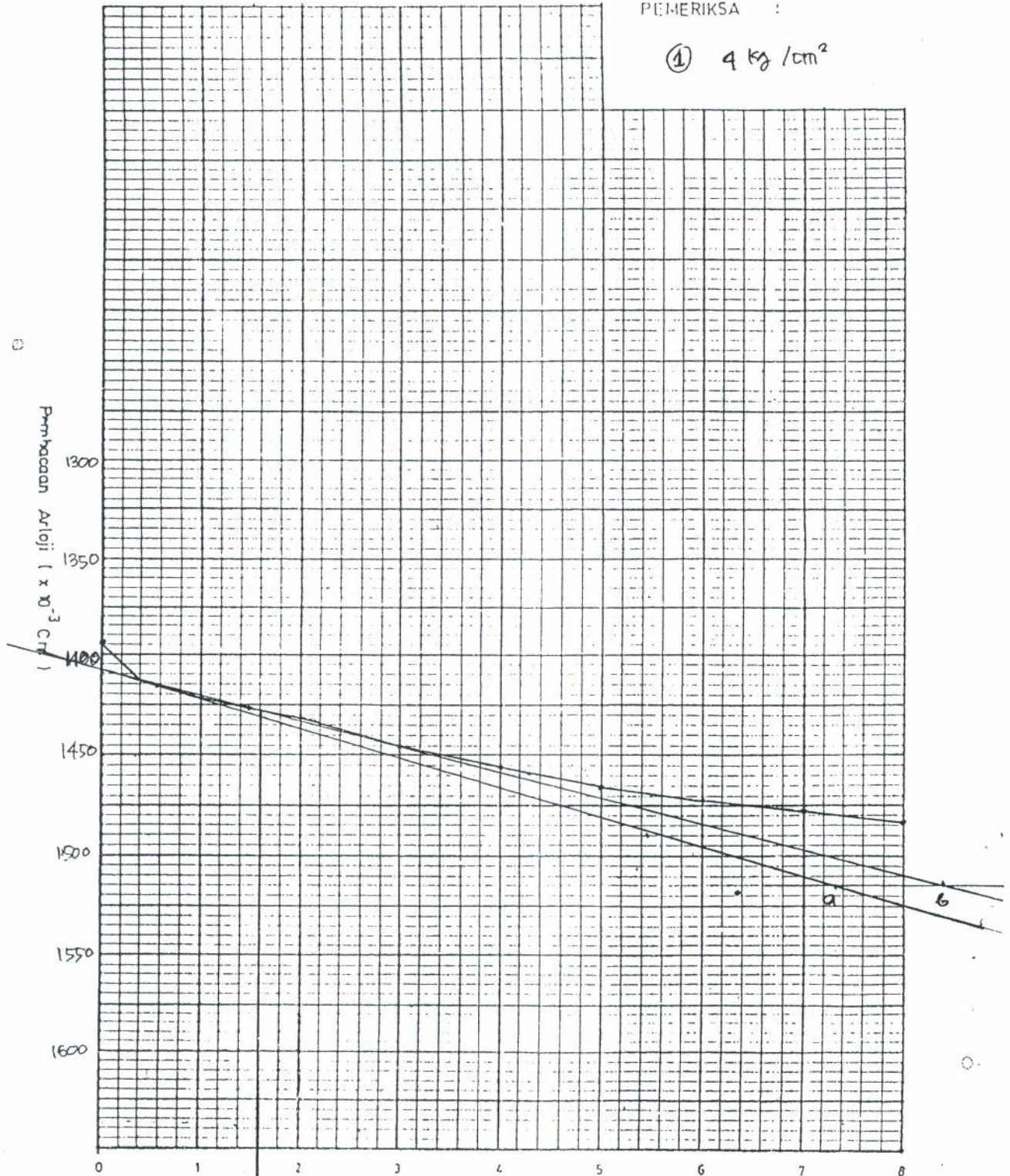
ASAL TANAH :

BORING NO. :

KEDALAMAN :

PEMERIKSA :

① 4 kg/cm²



$\sqrt{t_{90}} = 1,61$
 $t_{90} = (1,61)^2 \times 60$
 $t_{90} = 155,526$

$a = 14,6 \text{ cm}$
 $b = 1,15 \times 14,6$
 $b = 16,79 \text{ cm}$



PEMAMPATAN (C).

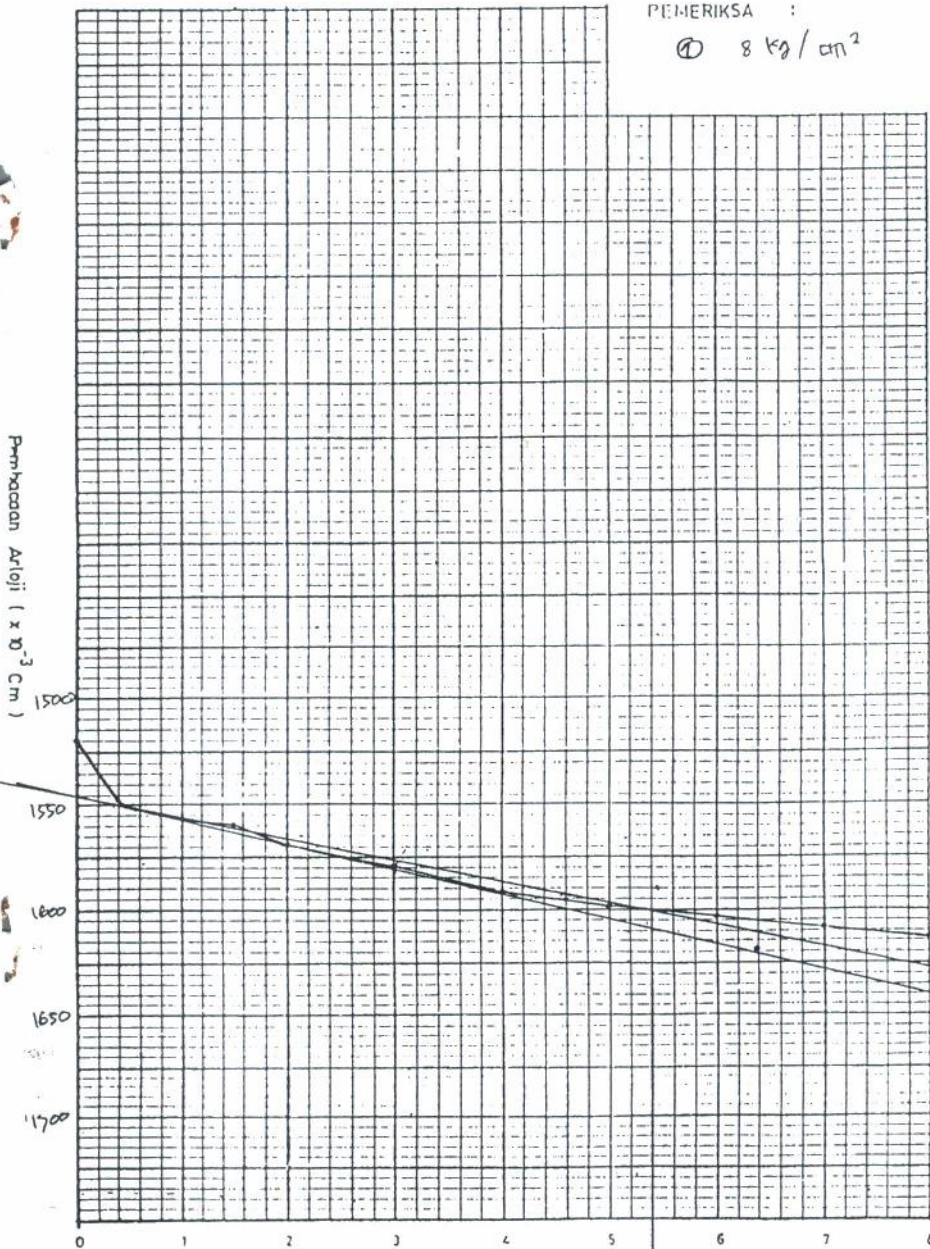
ASAL TANAH :

BORING NO. :

KEDALAMAN :

PEMERIKSA :

⊙ 8 kg/cm²



$\sqrt{\text{Waktu}}$ $\sqrt{\text{Ment}}$

$V_{t_{90}} = 5,4$
 $t_{90} = (5,4)^2 \times 60$
 $t_{90} = 1749,6$

$a = 21,75 \text{ cm}$
 $b = 1,15 \times 21,75$
 $b = 25,0125$