



TESIS - RC142501

PERUMUSAN INDEKS PEMAMPATAN SEKUNDER DAN METODE MENGHILANGKAN PEMAMPATAN SEKUNDER PADA TANAH LEMPUNG

EGA DHIANTY
NRP. 03111650010007

DOSEN PEMBIMBING :
Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,Ph.D

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN GEOTEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



THESIS - RC142501

PERUMUSAN INDEKS PEMAMPATAN SEKUNDER DAN METODE MENGHILANGKAN PEMAMPATAN SEKUNDER PADA TANAH LEMPUNG

EGA DHIANTY
NRP. 03111650010007

DOSEN PEMBIMBING :
Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,Ph.D

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN GEOTEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TESIS - RC142501

FORMULATION OF SECONDARY COMPRESSION INDEX AND METHOD OF REMOVING SECONDARY COMPRESSION ON CLAY

EGA DHIANTY
NRP. 03111650010007

SUPERVISOR :
Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,Ph.D

POST GRADUATE PROGRAM
MASTER PROGRAM OF GEOTECHNIC
FACULTY OF CIVIL, ENVIRONMENTAL, AND GEO ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (M.T)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

Ega Dhianty

NRP. 03111650010007

Tanggal Ujian : 17 Juli 2018

Periode Wisuda : September 2018

Disetujui oleh :

Indrasurya B. Mochtar

1. Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,Ph.D

(Pembimbing)

NIP. 195304081976031002

Noor Endah

2. Prof.Ir. Noor Endah, M.Sc.,Ph.D

(Penguji)

NIP. 195107081976032001

Herman Wahyudi

3. Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

(Penguji)

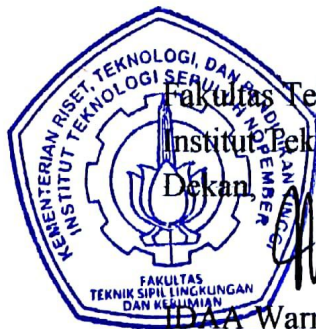
NIP. 195503291980031002

Yudhi Lastiasih

4. Dr. Yudhi Lastiasih, ST.,MT

(Penguji)

NIP. 197701222005012002



Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Dekan

Warmadewanthi
W.A. Warmadewanthi, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197502121999032001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat dan kesempatan yang telah dilimpahkan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul **“Perumusan Indeks Pemampatan Sekunder dan Metode Menghilangkan Pemampatan Sekunder pada Tanah Lempung”**. Selama proses penyusunan Tesis ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, bantuan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, rasa hormat, dan rasa sayang yang besar penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas limpahan rahmat serta anugerah-Nya.
2. Kedua orang tua dan kakak penulis yang selalu mendoakan, memberi dukungan, serta kasih sayang untuk kelancaran Tesis ini.
3. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan serta bimbingannya dalam proses penyusunan Tesis ini.
4. Dosen-Dosen bidang Geoteknik yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan mengenai geoteknik sehingga menunjang penyusunan Tesis ini.
5. Teman-teman S2 Geoteknik 2016 yang senantiasa memberikan motivasi dan berjuang bersama penulis selama masa perkuliahan.

Penulis berharap Tesis ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak. Penulis juga memohon maaf atas segala kekurangan yang ada dalam penulisan Tesis ini.

Surabaya, Juli 2018

(Penulis)

PERUMUSAN INDEKS PEMAMPATAN SEKUNDER DAN METODE MENGHILANGKAN PEMAMPATAN SEKUNDER PADA TANAH LEMPUNG

Nama Mahasiswa : Ega Dhianty
NRP : 03111650010007
Pembimbing : Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,Ph.D

ABSTRAK

Pemampatan akibat konsolidasi tanah merupakan salah satu faktor yang menghambat pembangunan konstruksi sipil di atas tanah lunak. Akibat beban luar, tanah lunak akan mengalami pemampatan primer maupun sekunder. Dengan adanya perbaikan tanah dengan metode *preloading* menggunakan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD), waktu pemampatan primer menjadi lebih pendek sehingga terjadinya pemampatan sekunder menjadi lebih awal, hal ini tentunya akan berdampak pada stabilitas bangunan. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian atau penyelidikan lebih lanjut mengenai perumusan dan metode menghilangkan pemampatan sekunder pada tanah lempung.

Penelitian ini dilakukan berdasarkan studi eksperimental uji konsolidasi tanah lempung dengan variasi waktu pembebanan dan analisis statistik untuk mengetahui perilaku pemampatan sekunder. Pemampatan primer dan sekunder dianalisis dengan waktu tinjau terjadinya pemampatan sekunder adalah 5, 10, 25, dan 50 tahun serta variasi beban timbunan.

Hasil menunjukkan bahwa terdapat korelasi empiris antara indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) dengan angka pori awal (e_0), angka pori akhir konsolidasi primer (e_p), dan tegangan konsolidasi efektif (P'). Korelasi yang didapatkan dari studi ini adalah $C\alpha' = (0,0072e_0 - 0.0067)P'$ dan $C\alpha' = (0,0077e_p - 0.0060)P'$. Prosentase besarnya pemampatan sekunder terhadap konsolidasi primer (S_s/S_c) memiliki rentang 6% - 30% untuk semua tipe lebar timbunan dan waktu tinjau terjadinya pemampatan sekunder. Semakin besar tegangan konsolidasi efektif (P'), maka semakin besar indeks pemampatan sekundernya. Sehingga penambahan tegangan (ΔP) mempengaruhi besar pemampatan sekunder. Dalam perbaikan tanah, pemampatan sekunder dihilangkan dengan memberi beban tambahan (Δq) yang menyebabkan penambahan pemampatan pada konsolidasi primer yang besarnya sama dengan prediksi pemampatan sekunder. Kemudian Δq ini dibongkar pada akhir konsolidasi primer. Sehingga setelah perbaikan tanah dengan *preloading* selesai, tidak ada lagi pemampatan yang terjadi akibat konsolidasi primer dan pemampatan sekunder.

Kata Kunci : Konsolidasi Tanah, Konsolidasi Primer, Pemampatan Sekunder, PVD, *Preloading*, Tanah Lempung.

FORMULATION OF SECONDARY COMPRESSION INDEX AND METHOD OF REMOVING SECONDARY COMPRESSION ON CLAY

By : Ega Dhianty
Student Identity Number : 03111650010007
Supervisor : Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,Ph.D

ABSTRACT

Compression due to soil consolidation is one of the factors that hinder the construction of civil construction on soft soil. Due to external loads, the soft soil will undergo a large compression of both primary and secondary compression. With soil improvement using preloading method with prefabricated vertical drain (PVD), the time of primary compression becomes shorter so that secondary compression occurs in short time, this will certainly have an impact on the stability of the building. Therefore, further study or investigation of the formulation and method of removing secondary compression of clay is required.

This research was conducted based on experimental study of clay consolidation test with variation of loading time and statistical analysis to know the behavior of the secondary compression. Primary and secondary compression were analyzed with 5, 10, 25 and 50 years of secondary compression time and embankment load variation.

The results show that there is an empirical correlation among the secondary compression index ($C\alpha'$), initial void ratio (e_0), void ratio at end of primary consolidation (e_p), and effective consolidation stress (P'). The correlations obtained from this study are $C\alpha' = (0,0072e_0 - 0.0067)P'$ and $C\alpha' = (0,0077e_p - 0.0060)P'$. The percentage of secondary compression to the primary consolidation (S_s/S_c) has a range of 6% - 30% for all types of embankment width and timing of secondary consolidation occurred. The greater the effective consolidation stress, the greater the secondary compression index will become. Therefore, in soil improvement secondary compression can be removed by giving an extra load (Δq) that causes additional compression to the primary consolidation with the magnitude equals to the expected secondary compression. Then, this Δq could be removed at the end of the primary consolidation.

Keywords: Soil Consolidation, Primary Consolidation, Secondary Compression, PVD, Preloading, Clay

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL ENGLISH	ii
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan	6
1.4. Batasan Masalah	6
1.5. Manfaat Penelitian	7
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	 9
2.1. Klasifikasi Tanah	9
2.2. Konsistensi Tanah Lempung	11
2.3. Pemampatan Konsolidasi Tanah	14
2.3.1. Konsolidasi Primer (<i>Primary Consolidation</i>)	16
2.3.2. Konsolidasi Sekunder (<i>Secondary Consolidation</i>)	20
2.4. Perbaikan Tanah	23
 BAB 3 METODE PENELITIAN	 25
3.1. Diagram Alir Penyelesaian Penelitian	25
3.2. Metodologi Pengerjaan Penelitian	26
3.2.1. Persiapan Sampel Tanah	26
3.2.2. Tes Fisik Laboratorium	30

3.2.3.	Uji Konsolidasi	30
3.2.4.	Analisis Statistik Hasil Pengujian Konsolidasi	31
3.2.5.	Perhitungan Pemampatan Tanah.....	31
3.2.6.	Analisis Hasil Pengujian Konsolidasi dan Pemampatan Tanah.....	31
3.2.7.	Kesimpulan	32
BAB 4	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	33
4.1.	Hasil Pengujian Laboratorium	33
4.1.1	Hasil Pembentukan Sampel <i>Remolded</i>	33
4.1.2	Hasil Pengujian Fisik Tanah	36
4.1.3	Hasil Pengujian Konsolidasi	36
4.2.	Perumusan Indeks Pemampatan Sekunder	46
4.2.1	Analisis Hubungan Kuat Geser <i>Undrained</i> dengan Angka Pori.....	47
4.2.2	Analisis Hubungan Angka Pori dengan Indeks Pemampatan Sekunder.....	50
4.2.3	Analisis Hubungan Tegangan Konsolidasi Efektif dengan Indeks Pemampatan Sekunder	53
4.2.4	Korelasi Empiris Indeks Pemampatan Sekunder dengan Angka Pori dan Tegangan Konsolidasi Efektif	54
4.3.	Metode Menghilangkan Pemampatan Sekunder	58
4.3.1	Pemodelan Tanah Dasar dan Timbunan	59
4.3.2	Perhitungan Pemampatan Tanah.....	61
4.3.3	Desain <i>Preloading</i> untuk Menghilangkan Pemampatan Tanah.....	70
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1.	Kesimpulan	79
5.1.	Saran	80
LAMPIRAN 1	Hasil Uji Batas <i>Atterber</i>, Volumetri-Gravimetri, <i>Unconfined Compression Test</i>	81
LAMPIRAN 2	Hasil Uji Konsolidasi	95
LAMPIRAN 3	Perhitungan Perbaikan Tanah	123
DAFTAR PUSTAKA		xiii

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Tanah Berdasarkan <i>Unified Soil Classification System</i> (USCS).....	10
Tabel 2.2	Konsistensi dan Kekuatan Tanah Kohesif menurut Terzaghi & Peck (1948).....	13
Tabel 2.3	Konsistensi Tanah untuk Tanah Dominan Lempung dan Lanau menurut Mochtar (2012).....	13
Tabel 2.4	Konsistensi Tanah Lempung dan Lanau menurut Mesri (1975)	14
Tabel 3.1	Rencana Pembuatan Konsistensi Tanah Uji	27
Tabel 4.1	Parameter Tanah Dasar	33
Tabel 4.2	Hasil Pengujian <i>Unconfined Compression Test</i>	34
Tabel 4.3	Konsistensi Sampel Tanah Lempung <i>Remolded</i>	36
Tabel 4.4	Parameter Fisik Tanah Lempung <i>Remolded</i>	36
Tabel 4.5	Rekapitulasi Hasil Pengujian Konsolidasi 24 Jam/Pembebanan.....	41
Tabel 4.6	Parameter Hasil Uji Konsolidasi Tanah Lempung <i>Remolded</i>	42
Tabel 4.7	Rekapitulasi Hasil Pengujian Konsolidasi 128 Jam/Pembebanan.....	44
Tabel 4.8	Koefisien Determinasi dan Korelasi Hubungan $C_u - e_0$	49
Tabel 4.9	Koefisien Determinasi dan Korelasi Hubungan $C_u - e_p$	49
Tabel 4.10	Koefisien Determinasi dan Korelasi Hubungan $e_0 - C\alpha'$	52
Tabel 4.11	Koefisien Determinasi dan Korelasi Hubungan $e_p - C\alpha'$	52
Tabel 4.12	Koefisien Determinasi dan Korelasi Hubungan $P' - C\alpha'$	54
Tabel 4.13	Korelasi antara Indeks Pemampatan Sekunder ($C\alpha'$), Angka Pori (e), dan Tegangan Konsolidasi Efektif (P')	57
Tabel 4.14	Parameter Tanah Dasar	59
Tabel 4.15	Rekapitulasi Nilai S_c , S_s , $H_{initial}$, dan H_{final}	66
Tabel 4.16	Rekapitulasi Nilai $H_{initial(p+s)}$ dan $H_{final-lap}$ dengan $B = 40$ m.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Grafik Hubungan Pemampatan Primer dan Pemampatan Total dengan Beban Timbunan.....	4
Gambar 2.1	Variasi Volume Total Tanah dengan Perubahan Kadar Air	12
Gambar 2.2	Grafik Hubungan Waktu dengan Pemampatan Tanah.....	14
Gambar 2.3	Grafik Penentuan Nilai C_c , C_s , dan P_c' dari Percobaan di Laboratorium.....	17
Gambar 2.4	Grafik Hubungan Kadar Air (w_c) dan Indeks Kompresi (C_c).....	17
Gambar 2.5	Grafik Hubungan Angka Pori (e) dan Indeks Kompresi (C_c).....	18
Gambar 2.6	Grafik Hubungan Kadar Air (w_c) dan Indeks Mengembang (C_s)...	18
Gambar 2.7	Grafik Hubungan Angka Pori (e) dan Indeks Mengembang (C_s)....	18
Gambar 2.8	Pengaruh Tegangan Timbunan pada Tanah	19
Gambar 2.9	Grafik Hubungan Antara Angka Pori dan Waktu Pemampatan	21
Gambar 2.10	Grafik Hubungan antara Kadar air dan Indeks Pemampatan Sekunder C_{α}'	22
Gambar 3.1	Diagram Alir Penyelesaian Penelitian	25
Gambar 3.2	Alat Pembuatan Sampel Tanah Uji Metode Pemberian Beban pada Tanah Kondisi Slurry.....	28
Gambar 3.3	Alat Pembuatan Sampel Tanah Uji dengan Metode Pemampatan dengan Berat Volume Tertentu	29
Gambar 3.4	Penambahan Beban Akhir (Δq) untuk Menghilangkan Pemampatan Konsolidasi Sekunder	32
Gambar 4.1	Hubungan Kadar Air dengan Kuat Geser <i>Undrained</i>	35
Gambar 4.2	Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Kering.....	35
Gambar 4.3	Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Jenuh.....	35
Gambar 4.4	Variasi Waktu Pembebanan Uji Konsolidasi	37
Gambar 4.5	Hubungan Waktu dengan Perubahan Angka Pori pada Sampel 1 Konsistensi <i>Soft</i> dengan $P' = 1 \text{ kg/cm}^2$ (Akhir Primer/Tahap Pembebanan)	38
Gambar 4.6	Hasil Pengujian Konsolidasi Akhir Primer/Tahap Pembebanan pada Tanah Lempung dengan Konsistensi : (a) <i>Very Soft</i> ; (b) <i>Soft</i> ; (c) <i>Medium</i>	39

Gambar 4.7	Hubungan Waktu dengan Perubahan Angka Pori pada Sampel 1 Konsistensi <i>Soft</i> dengan Beban Konsolidasi 1 kg/cm ² (24 jam/Tahap Pembebanan)	41
Gambar 4.8	Hubungan Waktu dengan Perubahan Angka Pori pada Sampel 1 Konsistensi <i>Soft</i> dengan Beban Konsolidasi 1 kg/cm ² (128 jam/Tahap Pembebanan)	43
Gambar 4.9	Hubungan Tegangan Konsolidasi Efektif dengan Angka Pori Berdasarkan Variasi Waktu Pembebanan untuk Tanah dengan Konsistensi: (a) <i>Very Soft</i> ; (b) <i>Soft</i> ; (c) <i>Medium</i>	46
Gambar 4.10	Hubungan Kuat Geser <i>Undrained</i> dengan Angka Pori Awal.....	48
Gambar 4.11	Hubungan Kuat Geser <i>Undrained</i> dengan Angka Pori Akhir Konsolidasi Primer	49
Gambar 4.12	Hubungan Angka Pori Awal dengan Angka Pori Akhir Konsolidasi Primer	50
Gambar 4.13	Hubungan Angka Pori Awal dengan Indeks Pemampatan Sekunder	51
Gambar 4.14	Hubungan Angka Pori Akhir Konsolidasi Primer dengan Indeks Pemampatan Sekunder	52
Gambar 4.15	Hubungan Tegangan Konsolidasi Efektif dengan Indeks Pemampatan Sekunder	54
Gambar 4.16	Hubungan Angka Pori Awal dengan $C\alpha'/P'$: (a) Regresi Linier; (b) Regresi Eksponensial	56
Gambar 4.17	Hubungan Angka Pori Akhir Primer dengan $C\alpha'/P'$: (a) Regresi Linier; (b) Regresi Eksponensial	56
Gambar 4.18	Perbandingan Nilai Korelasi Empiris Terhadap Data yang Diperoleh dari Laboratorium.....	58
Gambar 4.19	Geometri Tanah Dasar dan Timbunan.....	61
Gambar 4.20	Pengaruh Beban Timbunan Akhir Terhadap Pemampatan Sekunder	67
Gambar 4.21	Pengaruh Lebar Timbunan Terhadap Pemampatan Tanah : (a) Konsolidasi Primer; (b) Pemampatan Sekunder ($t_2 = 5$ tahun); (c) Pemampatan Sekunder ($t_2 = 10$ tahun); (d) Pemampatan Sekunder ($t_2 = 25$ tahun); (e) Pemampatan Sekunder ($t_2 = 50$ tahun).	69

Gambar 4.22	Bagan Alir Tahapan untuk Menghilangkan Pemampatan Konsolidasi Primer dan Sekunder Secara Bersamaan dengan <i>Preloading</i>	71
Gambar 4.23	Hubungan <i>Settlement</i> dengan q_{akhir} ($B = 40$ m).....	73
Gambar 4.24	Hubungan q_{akhir} dengan $H_{initial}$ ($B = 40$ m)	73
Gambar 4.25	Hubungan $H_{initial}$ dengan H_{final} ($B = 40$ m).....	74
Gambar 4.26	Hubungan $H_{final-lap}$ dengan $H_{initial(p+s)}$: (a) $B = 11$ m; (b) $B = 40$ m; (c) $B = 1000$ m	78

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan bertambahnya populasi penduduk tiap tahun, ke butuhan lahan akan tempat tinggal juga semakin meningkat. Kurangnya lahan untuk mendirikan bangunan menyebabkan banyak bangunan didirikan diatas tanah sulit / tanah lunak. Mendirikan bangunan di atas tanah lunak banyak menimbulkan masalah, diantaranya adalah daya dukung tanah rendah dan pemampatan tanah yang besar. Daya dukung tanah yang rendah disebabkan karena kuat geser tanah yang kecil, sehingga bila tegangan geser yang ditimbulkan pondasi bangunan besar, maka bangunan akan runtuh. Sedangkan pemampatan tanah yang besar dan relatif tidak merata (*differential settlement*) disebabkan karena adanya peristiwa konsolidasi tanah dalam jangka waktu yang cukup lama. Sehingga ketika bangunan didirikan diatas tanah lunak, dalam jangka waktu tertentu bangunan akan mengalami keruntuhan. Melihat kondisi tersebut, bangunan yang didirikan diatas tanah lunak harus memperhatikan dan memperhitungkan berapa besar daya dukung tanah dan besar pemampatan tanah .

Pemampatan tanah di lapangan dibagi menjadi dua, yaitu pemampatan konsolidasi primer dan pemampatan sekunder. Dalam Das (1985), pemampatan primer adalah pemampatan yang terjadi pada tanah akibat keluarnya air pori dari dalam pori tanah akibat adanya penambahan beban dipermukaan tanah atau bisa diartikan sebagai perubahan tekanan air pori. Sedangkan pemampatan sekunder dapat didefinisikan sebagai pemampatan yang terjadi setelah pemampatan primer tanpa adanya perubahan tekanan air pori. Pemampatan sekunder juga merupakan pemampatan rangkak (*creep*) dari tanah karena perubahan matriks tanah secara lambat laun akibat adanya penambahan beban pada tanah seperti yang dijelaskan oleh Alihudien dan Mochtar (2009).

Hingga saat ini, dalam perencanaan geoteknik konsolidasi primer dianggap paling penting untuk diperhatikan dan diperhitungkan sedangkan konsolidasi sekunder cenderung diabaikan. Konsolidasi primer dianggap paling penting

karena memiliki pemampatan tanah yang besar dan terjadi puluhan hingga ratusan tahun sehingga berbahaya untuk struktur bangunan maupun jalan kedepannya. Sedangkan pemampatan sekunder cenderung diabaikan, karena terjadi setelah pemampatan primer selesai dan diperkirakan menghasilkan pemampatan yang sangat kecil dibandingkan dengan pemampatan primer. Akan tetapi dengan adanya perkembangan teknologi perbaikan tanah menggunakan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD), waktu pemampatan primer dari puluhan hingga ratusan tahun, dapat dipercepat hingga dalam waktu bulanan saja, sehingga terjadinya pemampatan sekunder menjadi lebih awal. Dari beberapa kenyataan di lapangan, pembuatan *embankment* di atas tanah dasar lempung yang diperbaiki menggunakan PVD, ternyata pemampatan masih terjadi dan cukup besar, walaupun waktu pemampatan primer diperkirakan sudah selesai. Berdasarkan kejadian tersebut, perlu dilakukan kajian atau penyelidikan lebih lanjut tentang besar atau kecilnya pengaruh pemampatan sekunder.

Dalam penentuan pemampatan sekunder (S_s), besarnya pemampatan dapat dicari dengan menggunakan referensi dari Mesri (1973) yang umum digunakan yaitu :

$$S_s = C\alpha' H \log (t_2/t_1) \quad (1.1)$$

dimana :

$$C\alpha' = C\alpha / (1+e_p)$$

$C\alpha$ = koefisien pemampatan sekunder

H = tebal lapisan tanah

t_2 = prediksi waktu pemampatan sekunder

t_1 = waktu selesainya pemampatan primer

e_p = angka pori pada akhir konsolidasi primer

Dari persamaan 1.1 di atas, dapat dilihat bahwa besarnya pemampatan sekunder berbanding lurus dengan tebal lapisan tanah, indeks pemampatan sekunder, dan rasio waktu pemampatan (dalam fungsi logaritma). Menurut Alihudien dan Mochtar (2009), besar indeks pemampatan sekunder berbanding lurus dengan besarnya angka pori awal, batas cair, dan tegangan konsolidasi efektif seperti yang disajikan dalam persamaan 1.2 berikut :

$$C\alpha' = (0,013 e_{0i} - 0,000062 LL - 0,003)P_i' \quad (1.2)$$

dimana :

$C\alpha'$ = indeks pemampatan sekunder

e_{0i} = angka pori awal sampel pada tahapan tegangan no. i

LL = batas cair

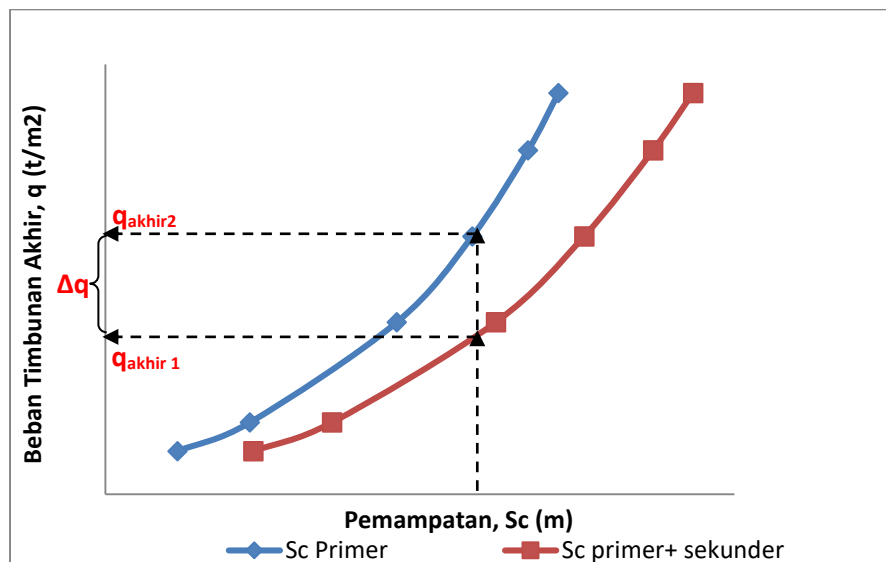
P_i' = tegangan konsolidasi efektif ke i

Dari persamaan 1.1 dan 1.2 diatas, dapat disimpulkan bahwa besar pemampatan konsolidasi sekunder juga dipengaruhi oleh angka pori awal, batas cair, dan tegangan konsolidasi efektif. Namun jika dilihat kembali, parameter batas cair (LL) sangat kecil pengaruhnya atau hampir tidak berpengaruh terhadap besarnya indeks pemampatan sekunder, sehingga parameter batas cair (LL) dapat diabaikan dan perlu dilakukan kajian atau penelitian lebih lanjut untuk menyempurnakan rumus dari persamaan indeks pemampatan sekunder tersebut.

Menurut Mesri (1973), perbandingan pemampatan sekunder terhadap pemampatan primer untuk suatu lapisan tanah dengan ketebalan tertentu adalah tergantung pada perbandingan antara penambahan tegangan (ΔP) dengan tegangan efektif awal (P'). Apabila $\Delta P/P'$ kecil, maka perbandingan pemampatan sekunder dan primer adalah besar. Dari teori tersebut belum diketahui secara pasti berapa besar prosentase perbandingan pemampatan sekunder pada waktu tertentu terhadap pemampatan primer, oleh sebab itu perlu dilakukan kajian penelitian lebih lanjut.

Selama ini, penurunan tanah pada jalan akibat pemampatan sekunder ditanggulangi dengan cara *overlay* setiap beberapa tahun sekali, namun perbaikan semacam itu tentunya tidak cocok untuk bangunan. Ketika bangunan sudah didirikan dan kemudian pemampatan masih terjadi dan cukup besar akibat pemampatan sekunder, tidak mungkin bangunan dibongkar dan dilakukan perbaikan tanah. Berbeda halnya dengan pemampatan primer, penurunan tanah akibat pemampatan primer dapat ditanggulangi dengan metode *preloading* dan dipercepat menggunakan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) sebelum bangunan didirikan. Dari masalah tersebut, timbul pertanyaan apakah pemampatan sekunder dapat dihilangkan diawal sebelum bangunan didirikan seperti halnya pemampatan primer. Hingga saat ini belum ada penelitian untuk menyelesaikan masalah tersebut. Alihudien dan Mochtar (2009) menyatakan bahwa indeks pemampatan

sekunder ($C\alpha'$) dipengaruhi oleh tegangan konsolidasi efektif (P'). Semakin besar tegangan konsolidasi efektif (P'), maka semakin besar indeks pemampatan sekundernya. Sehingga dapat dikatakan bahwa penambahan tegangan (ΔP) mempengaruhi besar pemampatan sekunder. Berdasarkan pernyataan tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui apakah pemampatan sekunder dapat dihilangkan dengan metode *preloading* dengan cara memberi beban tambahan (Δq) yang dibebankan pada saat *preloading* pemampatan primer yang kemudian dibongkar ketika *preloading* selesai seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 1.1** di bawah ini.



Gambar 1.1 Grafik Hubungan Pemampatan Primer dan Pemampatan Total dengan Beban Timbunan

Beban tambahan timbunan (Δq) untuk menghilangkan pemampatan sekunder didapatkan melalui perpotongan antara pemampatan total primer dan sekunder (S_{total}) dengan beban akhir timbunan (q_{akhir1}) yang kemudian ditarik garis lurus ke atas hingga memotong kurva pemampatan primer (Sc). Kemudian dari perpotongan kurva pemampatan primer tersebut, ditarik garis lurus ke kiri untuk mengetahui beban akhir timbunan baru (q_{akhir2}). Sehingga beban timbunan tambahan (Δq) yang dibutuhkan untuk menghilangkan pemampatan sekunder adalah $\Delta q = q_{akhir2} - q_{akhir1}$. Nilai Δq tersebut nantinya akan dibongkar setelah

perbaikan tanah selesai. Sehingga setelah *preloading* selesai, diharapkan sudah tidak ada lagi pemampatan primer maupun sekunder.

Berdasarkan dari hal-hal yang disampaikan sebelumnya, perlu dilakukan kajian penelitian yang lebih detail mengenai pemampatan sekunder. Dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui korelasi baru antara indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) dengan angka pori (e) dan tegangan konsolidasi efektif (P'), besar prosentase perbandingan pemampatan sekunder pada waktu tertentu terhadap pemampatan primer, serta metode menghilangkan pemampatan sekunder dengan *preloading* pada tanah lempung.

Dalam penelitian ini, dilakukan uji konsolidasi dengan variasi konsistensi sampel tanah dan waktu pembebanan serta analisis statistik untuk mendapatkan korelasi antara angka pori awal (e), tegangan konsolidasi efektif (P'), dan indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$). Kemudian pemampatan sekunder dicoba dihilangkan dengan metode *preloading* dengan cara diberi beban tambahan (Δq) yang dibebankan pada saat *preloading* pemampatan primer, yang kemudian dibongkar ketika *preloading* selesai. Pemampatan primer dan sekunder dianalisis dengan waktu tinjau terjadinya pemampatan sekunder yaitu 5, 10, 25 dan 50 tahun serta variasi beban timbunan. Dimana beban timbunan digolongkan menjadi 3 tipe timbunan yaitu timbunan sempit (jalan biasa, lebar = 11 m), timbunan menengah (jalan tol, lebar = 40 m), dan timbunan luas (area reklamasi, lebar = 1000 m). Dari hasil analisis pemampatan primer dan sekunder, akan diketahui pengaruh lebar timbunan terhadap besarnya pemampatan tanah, serta besar prosentase pemampatan sekunder pada waktu tertentu terhadap pemampatan primer.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, masalah yang ingin dikaji dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi angka pori (e) terhadap besarnya indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) tanah lempung dengan tegangan konsolidasi efektif (P') tetap?
2. Bagaimana pengaruh variasi tegangan konsolidasi efektif (P') terhadap besarnya indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) tanah lempung ?

3. Bagaimana perumusan hubungan antara indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$), angka pori (e), dan tegangan konsolidasi efektif (P')?
4. Bagaimana prosentase besar pemampatan sekunder pada saat 5, 10, 25, dan 50 tahun terhadap pemampatan konsolidasi primer?
5. Bagaimana membuktikan jika pemampatan konsolidasi sekunder pada saat 5, 10, 25 dan 50 tahun sudah dihabiskan oleh konsolidasi primer yang disebabkan oleh beban tambahan *preloading* yang kemudian dibongkar pada akhir konsolidasi primer, pemampatan konsolidasi sekunder dapat dianggap nol dengan beban akhir sesudah pembongkaran ?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan sebelumnya, tujuan yang ingin dikaji dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh variasi angka pori (e) terhadap besarnya indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) tanah lempung dengan tegangan konsolidasi efektif (P') tetap.
2. Mengetahui pengaruh variasi tegangan konsolidasi efektif (P') terhadap besarnya indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) tanah lempung.
3. Mendapatkan perumusan hubungan antara indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$), angka pori (e), dan tegangan konsolidasi efektif (P').
4. Mengetahui prosentase besar pemampatan sekunder pada saat 5, 10, 25, dan 50 tahun terhadap pemampatan konsolidasi primer.
5. Dapat membuktikan jika pemampatan konsolidasi sekunder pada saat 5, 10, 25 dan 50 tahun sudah dihabiskan oleh konsolidasi primer yang disebabkan oleh beban tambahan *preloading* yang kemudian dibongkar pada akhir konsolidasi primer, pemampatan konsolidasi sekunder dapat dianggap nol dengan beban akhir sesudah pembongkaran.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, permasalahan dibatasi oleh pokok-pokok bahasan sebagai berikut :

1. Benda uji yang digunakan adalah benda uji tanah lempung anorganik dari kawasan Surabaya Timur.

2. Prediksi waktu terjadinya pemampatan sekunder yang ditinjau adalah 5, 10, 25 dan 50 tahun.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin didapat dari penelitian ini adalah memberikan perumusan baru indeks pemampatan sekunder yang dapat memprediksi penurunan sekunder dari tanah lempung di lapangan secara lebih akurat, mengetahui besar prosentase pemampatan sekunder pada saat 5, 10, 25 dan 50 tahun terhadap pemampatan primer, dan memberikan metode menghilangkan pemampatan sekunder dengan *preloading* pada tanah lempung.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Tabel 2.1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan *Unified Soil Classification System* (USCS)

Klasifikasi umum		Simbol klasifikasi	Nama jenis	Kriteria klasifikasi		
Tanah berbutir kasar, lebih dari 50% tertahan pada ayakan 75 μ	50% atau lebih bagian kasar dari butiran kasar tertahan pada ayakan 4,76 mm	Kerikil bersih	GW	Klasifikasi berdasarkan pada persentase butiran halus 50% atau kurang : GW, GP, SW, SP Lebih dari 12% : GM, GC, SM, SC 5% s/d 12% : Batasan Klasifikasi yang mempunyai simbol ganda.	$U_c = D_{60}/D_{10}$ lebih besar dari 4 $U_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ bernilai antara 1-3	
			GP		Tidak sesuai dengan kriteria GW.	
		Kerikil berikut butiran halus	GM		Batas Atterberg terletak di bawah garis A atau Index Plastisitas < dari 4	Bila batas Atterberg berada pada daerah yang diarsir dari diagram di bawah ini, dipakai 2 simbol sehubungan dengan batasan penggolongan
			GC		Batas Atterberg terletak di atas garis A dan Index Plastisitas > dari 7	
	50% atau lebih pasir kasar dari butiran kasar lolos melalui ayakan 4,76 mm	Pasir bersih	SW		$U_c = D_{60}/D_{10}$ lebih besar dari 6 $U_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ bernilai antara 1-3	
			SP		Tidak sesuai dengan kriteria SW	
		Pasir berikut butiran halus	SM		Batas Atterberg terletak di bawah garis A atau Index Plastisitas < dari 4	Bila batas Atterberg berada pada daerah yang diarsir dari diagram di bawah ini, dipakai 2 simbol sehubungan dengan batasan klasifikasi
			SC		Batas Atterberg terletak di atas garis A atau Index Plastisitas > dari 7	

Tanah berbutir halus lebih dari 50% lolos ayakan 75 μ	Lanau dan lempung LL ≤ 50	ML		
		CL		
	Lanau dan lempung LL > 50	OL		
		MH		
		CH		
		OH		

Tanah dengan kadar organik tinggi	PT	Gambut, lumpur hitam dan tanah berkadar Organik tinggi lainnya	Dapat dibedakan dengan mata dan tangan ASTM lihat D 2488-66T.
-----------------------------------	----	--	---

(sumber : ASTM, 1982)

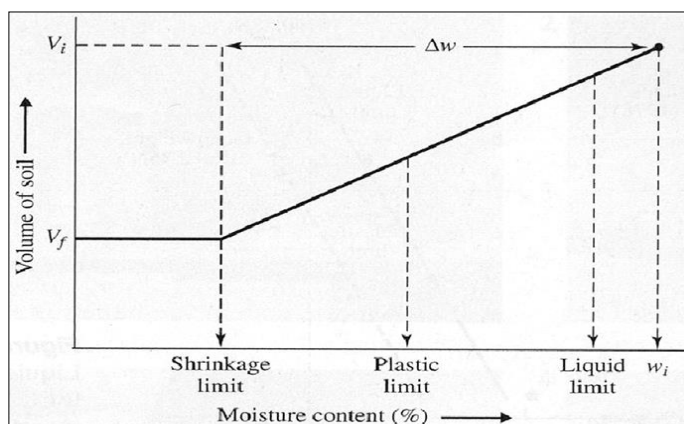
2.2. Konsistensi Tanah Lempung

Kekuatan tanah bergantung pada kondisi strukturnya. Apabila struktur asli dari tanah telah mengalami gangguan (*disturbed*) atau perubahan dalam susunan partikel atau susunan kimiawi, kekuatan tanah dapat berkurang dari kekuatan aslinya. Saat tanah dalam keadaan *remolded* (dipadatkan kembali / berubah dari kondisi aslinya), kekuatan tanah sangat bergantung pada pengaruh kadar air. Pada kadar air rendah kekuatan tanah cenderung lebih tinggi atau sebaliknya. Waktu dan perubahan pada tegangan serta perubahan lingkungan sejak terjadinya tanah, dapat menyebabkan tanah memiliki kekuatan yang lebih tinggi dalam keadaan terganggu (*undisturbed*) daripada keadaan dipadatkan kembali (*remolded*). Keadaan ini diistilahkan dengan sensitivitas tanah, yaitu istilah yang digunakan untuk menerangkan perbandingan antara kekuatan geser tekanan tak tersekap tanah asli dengan kekuatan geser tekanan tak tersekap tanah dipadatkan kembali (*remolded*). Sensitivitas berkaitan pula dengan indeks kecairan (*Liquidity Index*, LI), karena tanah akan kehilangan kekuatannya yang terbesar terjadi keadaan *highly flocculated*, dimana kadar airnya sangat besar dibandingkan dengan batas cairnya.

Konsistensi tanah pada kondisi dipadatkan kembali (*remolded*) untuk tanah lempung sangat bervariasi dalam proporsi kadar air. Pada kadar air tinggi, campuran tanah dan air memiliki sifat menyerupai *liquid*. Sedangkan pada kadar air rendah, volume campuran berkurang sehingga tanah menunjukkan sifat plastis. Dan dalam keadaan kadar air sangat rendah, campuran tanah berperilaku semi *solid* dan akhirnya menjadi *solid*. Kadar air yang menunjukkan perbedaan pada keadaan cair dan plastis disebut kadar air batas cair (LL). Kadar air menunjukkan perbedaan tanah pada keadaan plastis dan semi *solid* disebut kadar air batas plastis (PL). Kadar air yang menunjukkan perbedaan tanah pada keadaan semi solid dan solid disebut dengan kadar air batas susut (SL).

Pada kadar air di atas batas susut, volume total dari campuran tanah – air berubah sesuai dengan perubahan kadar airnya. Sedangkan pada kadar air di bawah batas susut, volume campuran tanah – air tidak banyak berubah (bahkan tidak terjadi perubahan) meskipun kadar airnya telah berubah di bawah batas

susut. **Gambar 2.1** menunjukkan variasi dari volume total tanah dengan perubahan kadar airnya.



Gambar 2.1. Variasi Volume Total Tanah dengan Perubahan Kadar Air

Konsistensi merupakan gambaran kondisi tekstur tanah dan kekokohan tanah, sering dihubungkan langsung dengan kekuatan tanah. Banyak penelitian yang telah mengkaji tentang konsistensi tanah ini yang dihubungkan dengan kekuatan geser tanah. Diantara peneliti-peneliti tersebut adalah Terzaghi dan Peck (1948), Mochtar (2012), dan Mesri (1975).

Terzaghi dan Peck (1948) mengklasifikasikan tanah lempung berdasarkan uji kekuatan geser tekan bebas (*unconfined compression strength*) dan kuat geser tanah atau disebut juga kohesi. Kekuatan tanah dibagi berdasarkan tanah sangat lunak (*very soft*), lunak (*soft*), kaku sedang (*medium stiff*), kaku (*stiff*) seperti yang ditunjukkan dalam **Tabel 2.2**.

Mochtar (2012) menentukan konsistensi tanah lempung dan lanau berdasarkan uji *Cone Penetration Test* (CPT), *Standard Penetration Test* (SPT), dan *Vane Shear Test*, dapat dibedakan atas beberapa istilah yaitu : *very soft*, *soft*, *medium*, *stiff*, *very stiff*, dan *hard* seperti yang ditunjukkan dalam **Tabel 2.3**.

Alternatif lain menentukan konsistensi tanah lempung dan lanau berdasarkan tingkat konsolidasi. Mesri (1975) menentukan konsistensi tanah berdasarkan pada uji konsolidasi (mulai dikonsolidasi dari bentuk *slurry*) terhadap sampel tanah lempung atau lanau. Tanah lanau atau lempung dibedakan dalam 4 jenis konsistensi yaitu *very soft*, *soft*, *medium*, dan *stiff* seperti yang ditunjukkan dalam **Tabel 2.4**.

Menurut Ardana dan Mochtar (1999), kekuatan geser *undrained* tanah terkonsolidasi normal memiliki keterkaitan dengan indeks plastisitas (PI) dan tegangan *overburden* efektif (P_o'), seperti yang disajikan dalam rumusan berikut :

a. Untuk harga *Plasticity Index*, PI tanah < 120%

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \text{ PI}) P_o' \quad (2.1)$$

b. Untuk harga *Plasticity Index*, PI tanah > 120%

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0,0737 + (0,0454 - 0,00004 \text{ PI}) P_o' \quad (2.2)$$

Dimana harga P_o' dalam kg/cm²

Dari perumusan di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai kekuatan geser *undrained* (C_u) berbanding lurus dengan nilai indeks plastisitas (PI) dan tegangan *overburden* efektif (P_o').

Tabel 2.2. Konsistensi dan Kekuatan Tanah Kohesif menurut Terzaghi dan Peck (1948)

Konsistensi Tanah	Shear Strength	Unconfined Compression Strength (UCS)
	kg/cm ²	kg/cm ²
Very soft	< 0.12	< 0.25
Soft	0.12 - 0.25	0.25 - 0.50
Medium	0.25 - 0.50	0.50 - 1.00
Stiff / Firm	0.50 - 1.00	1.00 - 2.00
Very Stiff	1.00 - 2.00	2.00 - 4.00
Hard	> 2.00	> 4.00

(sumber : Terzaghi dan Peck, 1948)

Tabel 2.3. Konsistensi Tanah untuk Tanah Dominan Lempung dan Lanau menurut Mochtar (2012)

Konsistensi Tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C_u		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, q_c (dari sondir)	
	kPa	ton/m ²		kg/cm ²	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000 – 2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.0	5 – 10	20 – 40	2000 – 4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10.0	10 – 20	40 – 75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10.0 – 20.0	20 – 40	75 – 150	7500 – 15000
Keras (hard)	> 200	> 20.0	> 40	> 150	> 15000

(sumber : Mochtar, 2012)

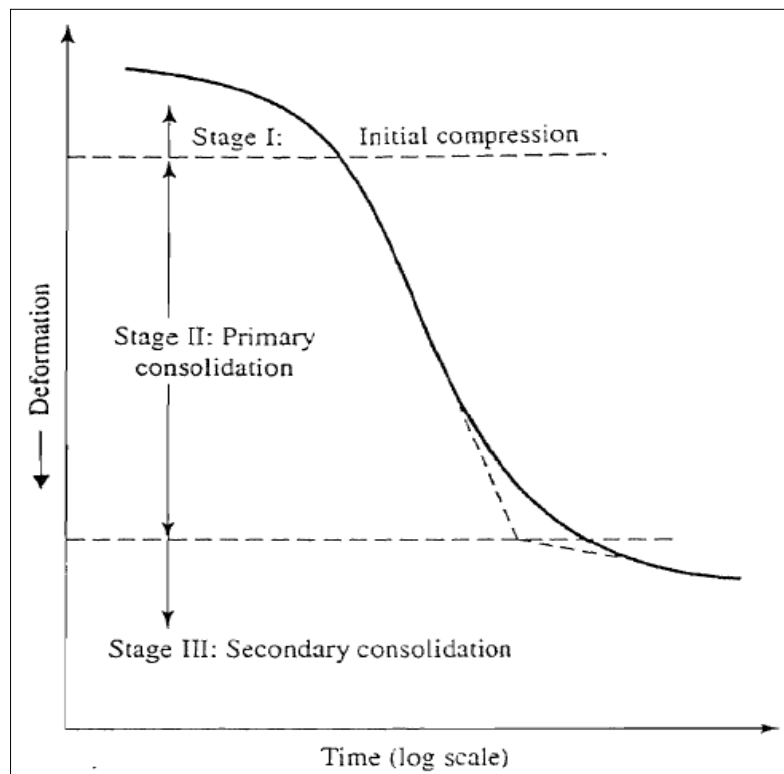
Tabel 2.4. Konsistensi Tanah Lempung dan Lanau menurut Mesri (1975)

Tingkat Konsolidasi	Harga Cu menurut Mesri	Konsistensi Tanah
kg/cm ²	kg/cm ²	
0.5	0.11	Very soft
1.0	0.22	Soft
2.0	0.44	Medium
4.0	0.88	Stiff

(sumber : Mesri, 1975)

2.3. Pemampatan Konsolidasi Tanah

Secara umum penambahan beban di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air pori atau udara dari dalam pori dan sebab-sebab lainnya. Pada umumnya bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara pemampatan dan waktu adalah seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2** berikut.



Gambar 2.2. Grafik Hubungan Waktu dengan Pemampatan Tanah

(sumber : Braja M. Das, 1986)

Dari grafik pada **Gambar 2.2** diatas, dapat dilihat bahwa ada tiga tahapan pemampatan berbeda yang terjadi pada tanah yaitu :

1. Tahap I Pemampatan awal (*initial compression*), yang pada umumnya disebabkan oleh *preloading* (beban awal)
2. Tahap II Konsolidasi primer (*primary consolidation*) yaitu periode selama beban air pori secara lambat laun dipindahkan ke dalam beban efektif, sebagai akibat dari keluarnya air dari pori-pori tanah.
3. Tahap III Konsolidasi sekunder (*secondary consolidation*) yaitu terjadi setelah beban air pori hilang seluruhnya. Pemampatan yang terjadi disebabkan oleh penyesuaian yang bersifat plastis dari butiran tanah.

Tanah di lapangan dibedakan atas dua kondisi yaitu *normally consolidated* (NC soil) dan *over consolidated* (OC soil). Kondisi ini terjadi akibat pengaruh dari tegangan *overburden* efektif (P_o') dan tegangan prakonsolidasi (P_c'). Dimana tegangan *overburden* efektif merupakan tegangan yang terjadi pada tanah akibat beban tanah itu sendiri. Sedangkan tegangan prakonsolidasi adalah tegangan yang terjadi pada tanah akibat beban maksimum yang pernah diterima oleh tanah tersebut dalam sejarah geologinya. Kondisi *normally consolidated* dan *over consolidated* suatu tanah ditentukan berdasarkan nilai *Over Consolidated Ratio* (OCR) dengan persamaan sebagai berikut :

$$OCR = P_c' / P_o' \quad (2.3)$$

$$OCR \leq 1 = \text{Normally Consolidated (NC-soil)}$$

$$OCR > 1 = \text{Over Consolidated (OC-soil)}$$

dimana :

OCR = *over consolidated ratio*

P_c' = tegangan prakonsolidasi

P_o' = tegangan *overburden* efektif

Pemampatan konsolidasi tanah yang telah dikenal di lapangan dibedakan atas pemampatan primer dan pemampatan sekunder. Kedua jenis pemampatan terjadi dalam waktu yang tidak bersamaan yaitu dimulai dengan pemampatan primer dan dilanjutkan dengan pemampatan sekunder.

2.3.1 Konsolidasi Primer (*Primary Consolidation*)

Konsolidasi primer adalah pemampatan yang terjadi pada tanah akibat keluarnya air pori dari dalam pori tanah akibat adanya penambahan beban di permukaan tanah. Lapisan tanah lempung apabila dibebani akan mengalami pemampatan konsolidasi primer (Sc) yang besar dan berlangsung pada waktu yang sangat lama.

Besarnya penurunan yang diakibatkan oleh peristiwa konsolidasi primer (Sc) yang telah dikembangkan oleh Terzaghi (1942) dapat diperhitungkan dalam beberapa kondisi sebagai berikut :

- a. Tanah *Normally Consolidated* (NC Soil)

$$Sc \sim = \left[\frac{C_c}{1+e_o} \log \frac{P'_{o0} + \Delta P}{P'_{o0}} \right] H \quad (2.4)$$

- b. Tanah *Over Consolidated* (OC Soil)

Jika $(P'_{o0} + \Delta P) \leq P_c'$

$$Sc \sim = \left[\frac{C_s}{1+e_o} \log \frac{P'_{o0} + \Delta P}{P'_{o0}} \right] H \quad (2.5)$$

Jika $(P'_{o0} + \Delta P) > P_c'$

$$Sc \sim = \left[\frac{C_s}{1+e_o} \log \frac{P_c'}{P'_{o0}} + \frac{C_c}{1+e_o} \log \frac{P'_{o0} + \Delta P}{P_c'} \right] H \quad (2.6)$$

dimana :

C_c = Indeks kompresi (*compression indeks*)

C_s = Indeks mengembang (*swelling indeks*)

P'_{o0} = Tegangan *overburden* efektif

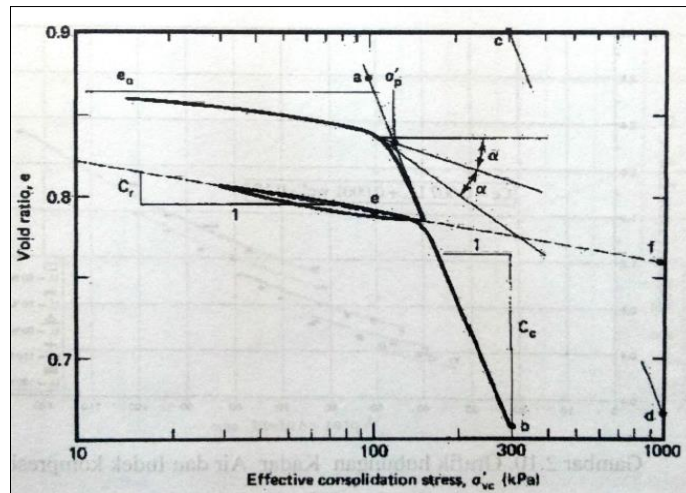
P_c' = Tegangan prakonsolidasi

ΔP = Penambahan beban vertikal

q = Tegangan vertikal efektif di muka tanah berupa timbunan

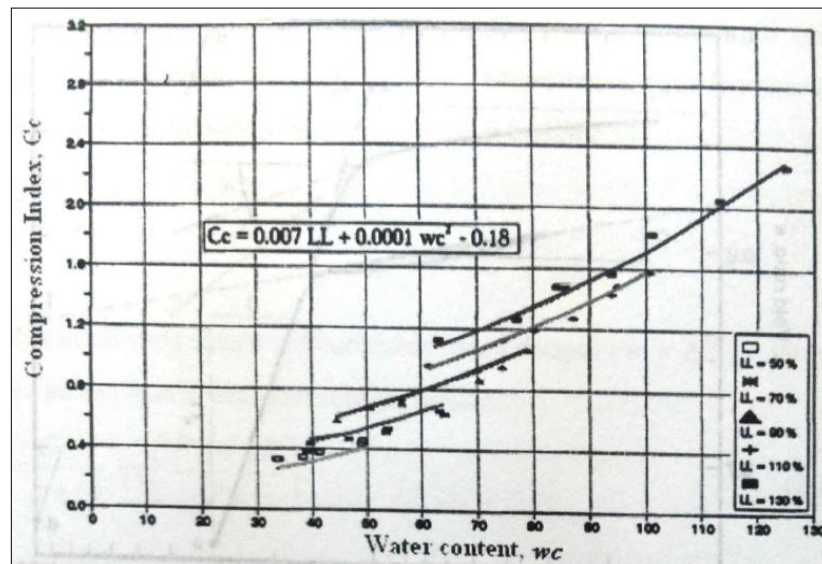
e_o = Angka pori

Nilai C_c dan C_s dapat ditentukan di laboratorium bersamaan dengan menentukan nilai tegangan prakonsolidasi (P_c'). Skema penentuan nilai C_c , C_s , dan P_c' dapat dilihat pada **Gambar 2.3**. Namun banyak penelitian yang mencoba meneliti dan mempresentasikan parameter-parameter konsolidasi dengan beberapa parameter lainnya.

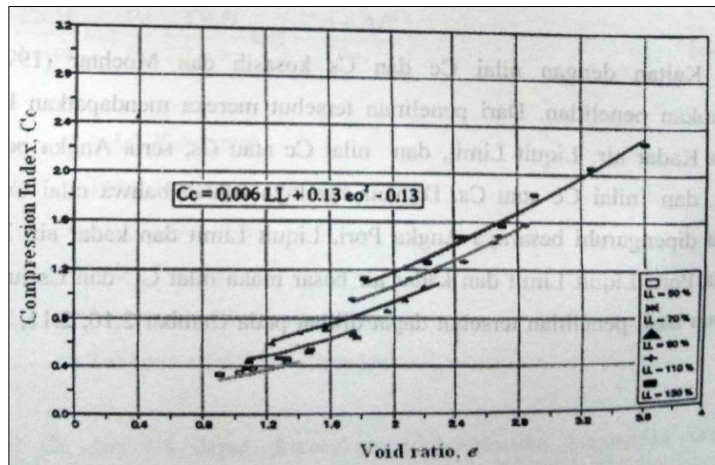


Gambar 2.3. Grafik Penentuan Nilai C_c , C_s , dan P_c' dari Percobaan di Laboratorium (sumber : Braja M. Das, 1986)

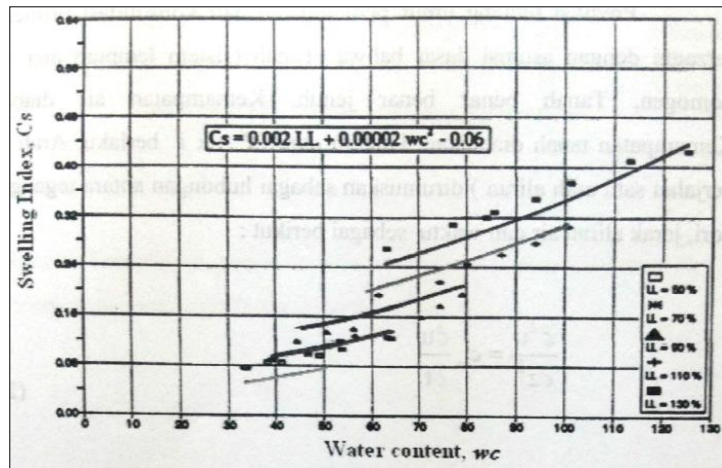
Menurut Kosasih dan Mochtar (2007), nilai C_c dan C_s sangat dipengaruhi oleh besarnya angka pori (e), batas cair (LL), dan kadar air (w_c). Semakin besar nilai angka pori (e), batas cair (LL), dan kadar air (w_c) maka nilai C_c dan C_s juga semakin besar. Adapun hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.4 - 2.7 berikut.



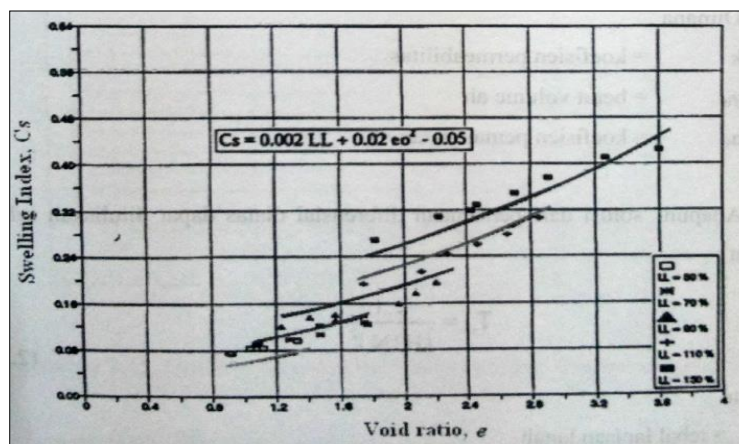
Gambar 2.4. Grafik Hubungan Kadar Air (w_c) dan Indeks Kompresi (C_c) (sumber : Mochtar dan Kosasih, 2007)



Gambar 2.5. Grafik Hubungan Angka Pori (e) dan Indeks Kompresi (C_c) (sumber : Mochtar dan Kosasih, 2007)



Gambar 2.6. Grafik Hubungan Kadar Air (w_c) dan Indeks Mengembang (C_s) (sumber : Mochtar dan Kosasih, 2007)



Gambar 2.7. Grafik Hubungan Angka Pori (e) dan Indeks Mengembang (C_s) (sumber : Mochtar dan Kosasih, 2007)

Dari **Gambar 2.4 - 2.7** diatas, didapatkan persamaan hubungan antara indeks kompresi (C_c) dan indeks mengembang (C_s) dengan angka pori (e), batas cair (LL), dan kadar air (w_c) sebagai berikut :

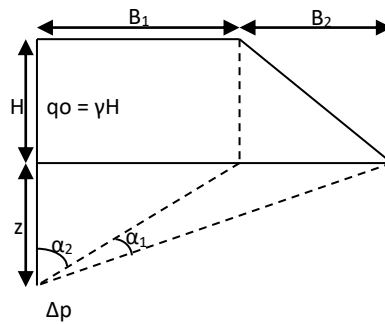
$$C_c = 0.007 LL + 0.0001 w_c^2 - 0.18 \quad (2.7)$$

$$C_c = 0.006 LL + 0.13 e_0^2 - 0.13 \quad (2.8)$$

$$C_s = 0.002 LL + 0.00002 w_c^2 - 0.06 \quad (2.9)$$

$$C_s = 0.002 LL + 0.02 e_0^2 - 0.05 \quad (2.10)$$

Selain tegangan *overburden* efektif (P'_o), pemampatan konsolidasi tanah juga dipengaruhi oleh tegangan akibat beban di permukaan tanah. Menurut Braja M. Das (1986), dalam bukunya “*Principles of Foundation Engineering, Second Edition*” pengaruh tegangan tanah akibat beban timbunan dapat dihitung dengan diagram dan persamaan pengaruh tegangan timbunan sebagai berikut :



Gambar 2.8. Pengaruh Tegangan Timbunan pada Tanah
(sumber : Braja M.Das, 1986)

$$\Delta p = \frac{q_0}{\pi} \left\{ \frac{(B_1 + B_2)}{B_2} (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} (\alpha_2) \right\} \quad (2.11)$$

Dimana,

q_0 = beban timbunan (t/m^2) : $q_0 = \gamma_{timb} \times h_{timb}$

Δp = besarnya tegangan akibat pengaruh beban timbunan ditinjau di tengah-tengah lapisan (t/m^2)

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1 + B_2}{z} \right\} - \tan^{-1} \left(\frac{B_1}{z} \right) \text{ (radian)} \quad (2.12)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{B_1}{z} \right) \text{ (radian)} \quad (2.13)$$

B_1 = $\frac{1}{2}$ lebar timbunan

B_2 = panjang proyeksi horizontal kemiringan timbunan

Menghitung tinggi pelaksanaan timbunan, $H_{initial}$

$$H_{initial} = \frac{q + S_c \times (\gamma_{timb} - \gamma'_{timb})}{\gamma_{timb}} \quad (2.14)$$

Menghitung tinggi akhir timbunan, H_{final}

$$H_{final} = H_{initial} - S_c \quad (2.15)$$

Seperti telah dipahami sebelumnya, bahwa pada akhir dari konsolidasi primer (setelah beban air pori sama dengan nol), penurunan masih terus terjadi sebagai akibat dari penyesuaian plastis butiran-butiran tanah yang disebut pemampatan sekunder.

2.3.2 Konsolidasi Sekunder (*Secondary Consolidation*)

Konsolidasi sekunder dapat didefinisikan sebagai pemampatan yang terjadi setelah pemampatan primer selesai, yang merupakan penyesuaian yang bersifat plastis butiran-butiran tanah. Seperti telah diketahui, bahwa pada akhir dari konsolidasi primer (setelah tekanan air pori sama dengan nol), penurunan masih terus terjadi sebagai akibat dari penyesuaian plastis butiran-butiran tanah. Selama tahap penurunan ini berlangsung, hubungan kurva antara deformasi dan log waktu merupakan garis lurus (**Gambar 2.9**). Mesri (1973) menyatakan bahwa besarnya penurunan yang diakibatkan oleh peristiwa konsolidasi sekunder dapat diperhitungkan sebagai berikut :

$$S_s = C\alpha' H \log (t_2/t_1) \quad (2.16)$$

Dimana,

$C\alpha'$: Indeks pemampatan sekunder

H : Tinggi lapisan tanah

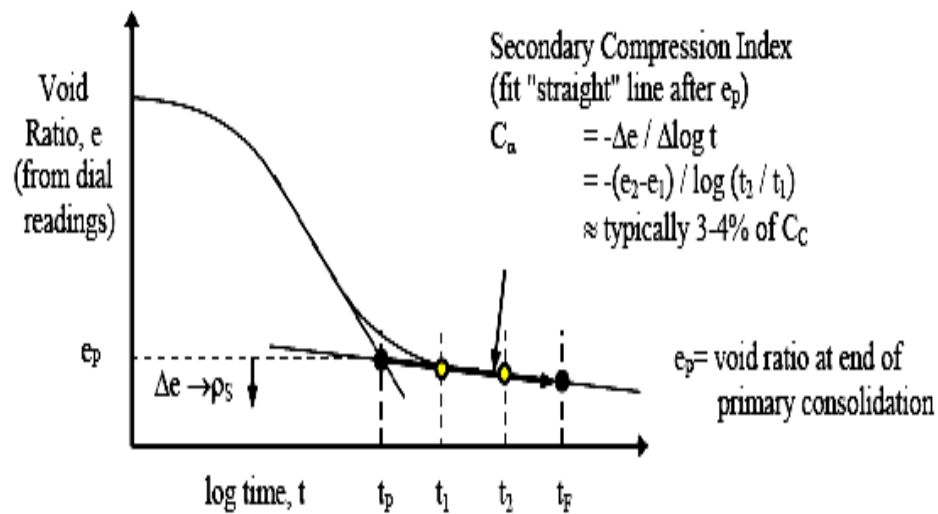
t_1 : Waktu selesainya pemampatan primer

t_2 : Waktu terjadinya pemampatan sekunder

$$C\alpha' = C\alpha / (1 + e_p) \quad (2.17)$$

e_p : Angka pori pada akhir konsolidasi primer $= (e_o - \Delta e_p)$

$$\Delta e = C_c \{ \log(p'_o + \Delta p) - \log p_o \} \quad (2.18)$$



Gambar 2.9. Grafik Hubungan Antara Angka Pori dan Waktu Pemampatan (sumber : Mesri, 1973)

Menurut Alihudien dan Mochtar (2009), pemampatan sekunder merupakan pemampatan rangkak (*creep*) dari tanah karena perubahan matriks tanah secara lambat laun akibat adanya penambahan beban pada tanah. besar indeks pemampatan sekunder berbanding lurus dengan besarnya angka pori awal, batas cair, dan tegangan konsolidasi efektif seperti yang disajikan dalam persamaan 2.19 berikut :

$$C\alpha' = (0,013 e_{0i} - 0,000062 LL - 0,003) P_i' \quad (2.19)$$

dimana :

$C\alpha'$ = indeks pemampatan sekunder

e_{0i} = angka pori awal sampel pada tahapan tegangan no. i

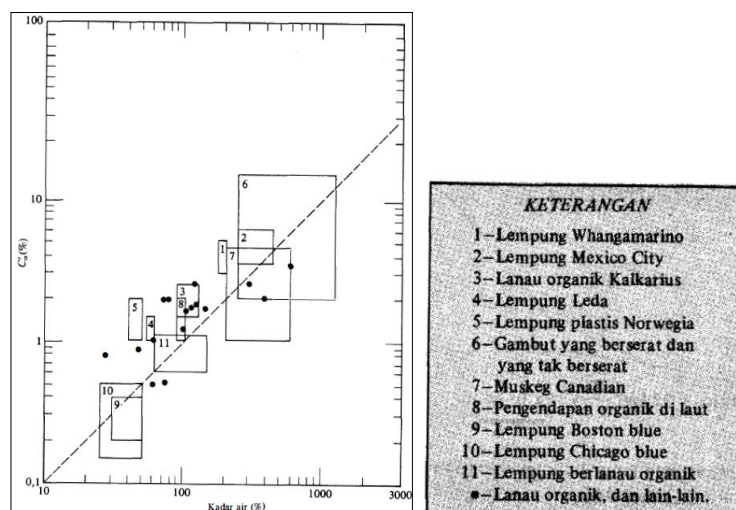
LL = batas cair

P_i' = tegangan konsolidasi efektif ke i

Mesri (1973) mengungkapkan bahwa ada banyak faktor yang mungkin mempengaruhi besar kecilnya pemampatan sekunder, beberapa dari faktor –faktor tersebut belum dapat dimengerti dengan jelas. Perbandingan pemampatan sekunder terhadap pemampatan primer untuk suatu lapisan tanah dengan ketebalan tertentu adalah tergantung dari perbandingan antara penambahan tegangan (ΔP) dengan tegangan efektif awal (P'). Apabila $\Delta P/P'$ kecil, perbandingan pemampatan sekunder dan primer adalah besar.

Seperti menentukan C_c dan C_s , untuk menentukan koefisien pemampatan sekunder (C_α) juga dapat dilaksanakan di laboratorium. Seperti pada **Gambar 2.9**, grafik hubungan antara angka pori dan waktu pemampatan (dalam fungsi logaritma), koefisien pemampatan sekunder didapat dari kemiringan grafik setelah pemampatan primer selesai.

Mesri (1973) telah melakukan penyelidikan tentang koefisien pemampatan sekunder, dimana kadar air dan koefisien pemampatan sekunder saling berhubungan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.10**. Koefisien pemampatan sekunder yang diteliti terdiri dari beberapa jenis lempung dan lokasi. Dari hasil penelitiannya nampak bahwa meskipun titik hubungan antara nilai kadar air dan koefisien pemampatan sekunder cenderung menyebar, akan tetapi hubungan tersebut masih dapat ditarik sebuah garis lurus yang mewakili titik tersebut. Garis lurus yang mewakili titik tersebut memperlihatkan setiap kenaikan kadar air tanah diikuti dengan kenaikan nilai indeks pemampatan sekunder C_α' (%), dengan demikian semakin besar kadar air yang terkandung dalam tanah maka semakin besar pula nilai indeks pemampatan sekunder C_α' (%). Atau semakin besar kadar air yang terkandung didalam tanah, maka kecepatan pemampatan sekunder semakin besar pula. Selain hal tersebut, dari penelitian Mesri (1973) dapat ditunjukkan bahwa jenis lempung yang mengalami pemampatan cukup besar dialami oleh lempung jenis gambut (*peat soil*).



Gambar 2.10. Grafik Hubungan antara Kadar air dan Indeks Pemampatan Sekunder C_α' (sumber : Mesri, 1973)

2.4. Perbaikan Tanah

Akibat beban luar, tanah lunak akan mengalami pemampatan yang besar baik pemampatan primer maupun sekunder. Pemampatan primer terjadi dalam jangka waktu yang sangat lama, sedangkan pemampatan sekunder terjadi setelah pemampatan primer selesai. Besar dan lamanya pemampatan primer dapat ditanggulangi dengan perbaikan tanah dengan metode *preloading* menggunakan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). Pada prinsipnya, metode ini merupakan metode perbaikan tanah dengan cara mengurangi kadar air pada tanah (*dewatering*). Pada metode ini, perbaikan tanah dilakukan dengan cara memasang PVD di tanah dasar dan meletakkan beban (*preload*) dipermukaannya sesuai dengan beban konstruksi (*construction load*) dan beban kerja (*work load*). Dengan demikian, tegangan akibat beban *preload* menyebabkan tanah memampat karena air pori keluar dengan mudah dari pori tanah. Pembebanan dilakukan hingga konsolidasi tanah mencapai derajat konsolidasi yang direncanakan.

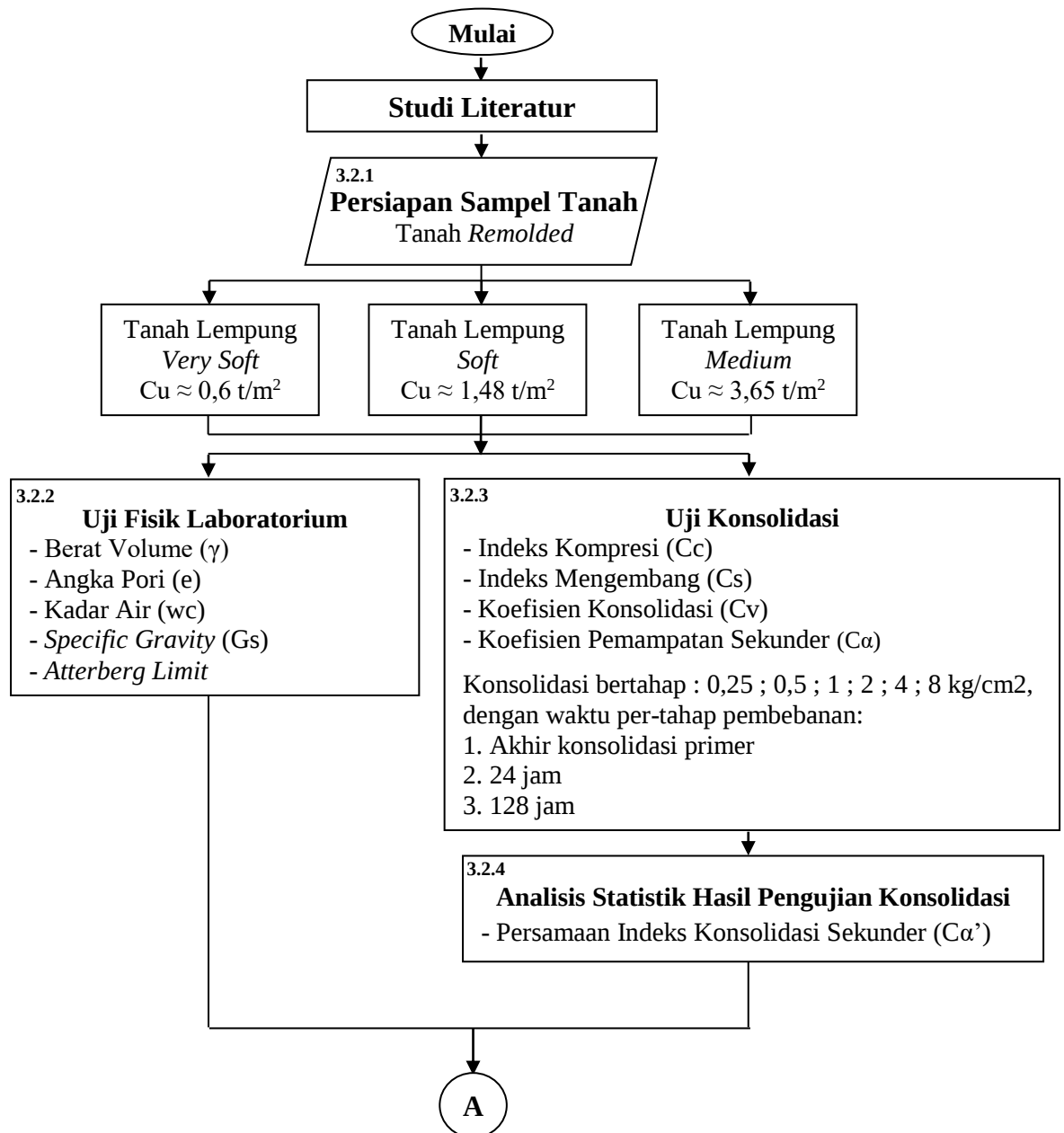
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

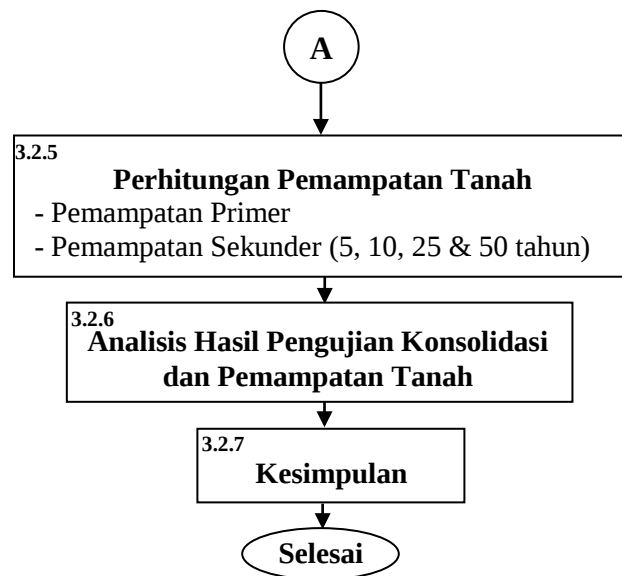
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penyelesaian Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengerjakan penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Penelitian (lanjutan)

3.2 Metodologi Pengerjaan Penelitian

Dari diagram alir di atas dapat dijelaskan metodologi yang dipakai dalam penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.2.1. Persiapan Sampel Tanah

Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lempung *remolded* dengan 3 konsistensi berbeda, yaitu *very soft*, *soft*, dan *medium* (**Tabel 3.1**). Tanah *remolded* adalah tanah lempung *disturbed* yang dibentuk kembali (tanah buatan). Tanah lempung *disturbed* diambil dari daerah Surabaya Timur. Pembuatan sampel dengan konsistensi tertentu dilakukan dengan bantuan alat konsolidasi (Oedometer yang telah dimodifikasi). Pembentukan sampel dilakukan dengan dua metode pemadatan yaitu: pemadatan dengan diberi beban dari kondisi *slurry* untuk mendapatkan konsistensi *very soft* dan *soft*, dan pemadatan dengan cara dimampatkan dengan berat volume tertentu untuk mendapatkan konsistensi *medium*. Setelah benda uji terbentuk, dilakukan uji *vane shear* dan *unconfined compression test* untuk mengetahui harga kuat geser *undrained*-nya. Pembuatan sampel dengan konsistensi berbeda didasarkan pada nilai kuat geser *undrained* (Cu) oleh Mochtar (2012) yang telah disajikan pada **Tabel 2.3** di bab sebelumnya.

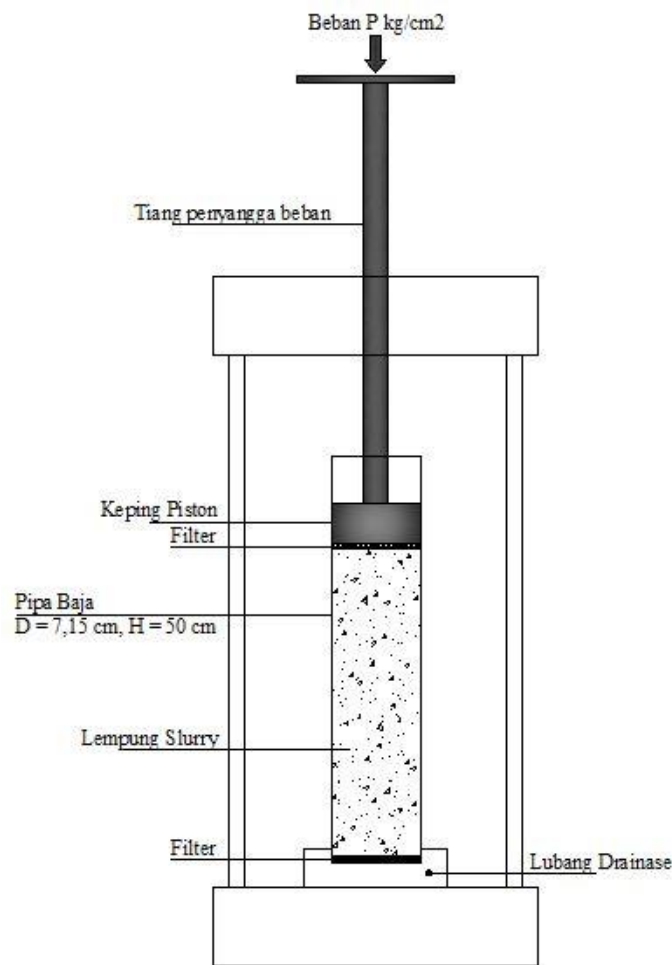
Kuat geser *undrained* rencana untuk tanah *remolded* dengan konsistensi *very soft*, *soft*, dan *medium* disajikan pada **Tabel 3.1** berikut.

Tabel 3.1 Rencana Pembuatan Konsistensi Tanah Uji

Konsistensi Tanah	Kuat Geser <i>Undrained</i> (C_u)	<i>Unconfined Compression Strength</i> (q_u)	
	(t/m^2)	(t/m^2)	(kN/m^2)
<i>Very Soft</i>	0,6	1,2	12
<i>Soft</i>	1,48	2,96	29,6
<i>Medium</i>	3,65	7,3	73

Pembuatan sampel dengan diberi beban dari kondisi *slurry* diuraikan sebagai berikut :

- Tanah lempung kering oven dicampur dengan air sampai tanah lempung berada pada kondisi *slurry* yaitu kadar air *slurry* = 2 kali batas cairnya per 100 gram tanah (Lambe dan Whitman, 1979). Agar tanah dan air tercampur merata, campuran didiamkan selama 24 jam.
- Tanah lempung pada kondisi *slurry* dimasukkan ke dalam tabung pipa dengan diameter 7,15 cm dan tinggi 50 cm, kemudian dikonsolidasi dengan beban tertentu (tidak bertahap) dan dihentikan ketika benda uji dianggap tidak lagi terjadi konsolidasi (sudah tidak ada penurunan yang terjadi). Waktu yang dibutuhkan tanah untuk memampat hingga tidak terjadi penurunan lagi adalah ± 12 hari. Alat pembuatan sampel dengan diberi beban dari kondisi *slurry* dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.
- Selanjutnya dilakukan uji *vane shear* untuk mendapatkan nilai kuat geser *undrained*-nya.
- Pengujian dilakukan pada beberapa sampel dengan beban berbeda-beda, sampai mendapatkan sampel dengan kohesi *undrained* yang dimaksud.



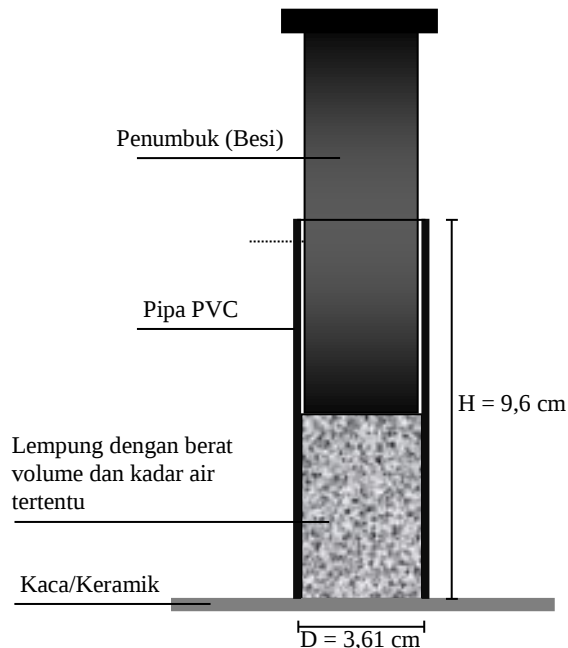
Gambar 3.2. Alat Pembuatan Sampel Tanah Uji dengan Metode Pemberian Beban pada Tanah dari Kondisi *Slurry*

Pembuatan sampel dengan cara dimampatkan dengan berat volume tertentu diuraikan sebagai berikut :

- Metode ini dilakukan dengan membuat sampel tanah dengan kadar air berbeda dan berat volume tertentu. Tanah diusahakan dalam kondisi jenuh.
- Untuk mendapatkan tanah dengan kadar air yang berbeda, tanah kering oven dicampurkan dengan air hingga kadar air tertentu (sesuai variasi yang diinginkan). Kemudian campuran tanah dan air tersebut didiamkan selama 24 jam dalam kondisi tertutup agar campuran merata.
- Setelah tanah dan air tercampur dengan merata, kemudian campuran tersebut dimasukkan ke dalam pipa PVC dengan diameter 3,61 cm dan tinggi $\pm 9,6$ cm

untuk dipadatkan hingga berat volume yang telah ditentukan. Untuk mendapatkan kepadatan yang merata, tanah dibagi menjadi empat dalam satuan berat dan dimampatkan dengan ditumbuk-tumbuk setiap $\frac{1}{4}$ tinggi pipa PVC nya. Alat pembuatan sampel dengan cara dimampatkan dengan berat volume tertentu dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.

- d) Setelah sampel dipadatkan sepenuhnya, kemudian sampel didiamkan dalam kondisi tertutup selama 24 jam untuk mendapatkan sampel dengan kondisi yang homogen.
- e) Masing-masing sampel yang telah terbentuk, kemudian diuji *Unconfined Compression Test* untuk mendapatkan nilai kuat geser *undrained*-nya.
- f) Kemudian hasil *Unconfined Compression Test* diplot dan ditentukan persamaan tren-nya pada grafik hubungan kadar air (wc) dengan kuat geser undrained (C_u) dan kadar air (wc) dengan berat volume (γ).
- g) Sampel dengan konsistensi *medium* didapatkan dari persamaan tren yang diperoleh.



Gambar 3.3 Alat Pembuatan Sampel Tanah Uji dengan Metode Pemampatan dengan Berat Volume Tertentu

3.2.2. Tes Fisik Laboratorium

Setelah benda uji terbentuk, kemudian dilakukan tes laboratorium untuk mendapatkan parameter fisik tanah lempung *remolded* yang belum diketahui seperti :

- Uji Volumetri dan Gravimetri (ASTM D854 - 72)
 - Berat volume (γ)
 - Angka pori (e)
 - Kadar air (w_c)
 - *Specific gravity* (G_s)
- Atterberg Limit
 - Batas cair (LL) - ASTM D423-66
 - Batas plastis (PL) - ASTM D424-74

3.2.3. Uji Konsolidasi

Setelah benda uji terbentuk, selanjutnya dilakukan uji konsolidasi sesuai dengan ASTM D-2435-70. Tujuan uji konsolidasi adalah untuk mengetahui: indeks kompresi (C_c), indeks mengembang (C_s), koefisien konsolidasi (C_v), koefisien pemampatan sekunder (C_α), serta pengaruh variasi waktu pembebanan pada perilaku pemampatan sekunder. Uji pemampatan konsolidasi dilakukan selama 32 hari dan dicatat penurunannya. Alat untuk uji konsolidasi ini terdiri dari dua unit yaitu konsolidometer dan *loading unit*. Konsolidometer yang dipakai terdiri dari cincin kuningan untuk tempat benda uji dan dua batu porus yang diletakkan di atas dan di bawah benda uji. Benda uji setinggi 2 cm dan dua batu porus yang sudah diletakkan di dalam cincin kuningan diameter 6,35 cm tersebut kemudian diletakkan pada plat dasar dari konsolidometer. Muatan kemudian diberikan secara bertahap melalui *loading head* yang diletakkan di atas batu porus. Adapun uji konsolidasi dilakukan bertahap dengan beban : 0.25 ; 0.5 ; 1 ; 2 ; 4 ; 8 kg/cm² dengan variasi waktu pembebanan:

1. Akhir pemampatan primer (< 24 jam) / tahap pembebanan (3x2 sampel)
2. 24 jam / tahap pembebanan (3x2 sampel)
3. 128 jam / tahap pembebanan (3x2 sampel)

3.2.4. Analisis Statistik Hasil Pengujian Konsolidasi

Tujuan dilakukan analisis statistik adalah untuk mengetahui hubungan antara angka pori (e), tegangan konsolidasi efektif (P'), dan indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$). Analisis yang dilakukan berupa regresi linier, logaritmik, dan eksponensial untuk mendapatkan hasil korelasi yang *reliable*. Dari hasil regresi, akan didapatkan koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (R) antara dua variabel yang dicari hubungannya. Koefisien determinasi (R^2) berfungsi untuk mengetahui seberapa jauh variabel bebas (*independent variable*) X mampu menjelaskan pengaruhnya terhadap variabel terikat/tetap (*dependent variable*) Y . Sedangkan koefisien korelasi (R) berfungsi untuk mengetahui keeratan hubungan antara variabel bebas (*independent variable*) X dengan variabel terikat (*dependent variable*) Y . Nilai R^2 dan R mendekati nilai 1 menunjukkan korelasi yang semakin kuat.

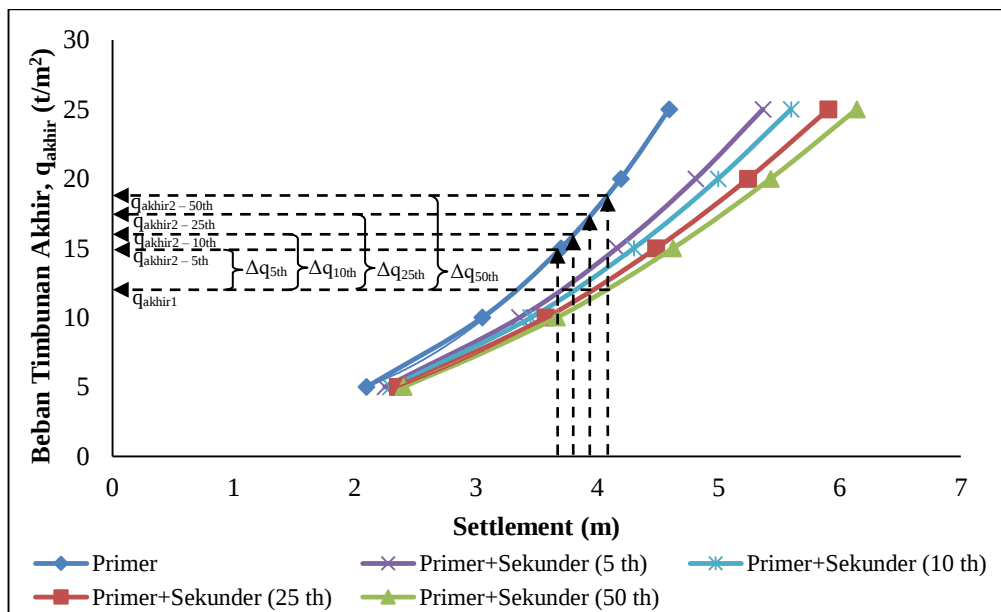
3.2.5. Perhitungan Pemampatan Tanah

Perhitungan pemampatan tanah terdiri dari perhitungan konsolidasi primer dan pemampatan sekunder. Perhitungan dilakukan dengan 3 beban timbunan yang berbeda yaitu : timbunan sempit (jalan biasa, lebar 11 m), timbunan menengah (jalan tol, lebar 40 m), dan timbunan luas (reklamasi, lebar 1000 m). Tanah dasar dimodelkan dengan tebal lapisan *compressible* yaitu 15 m, dimana parameter tanah dasar berasal dari hasil uji laboratorium. Konsolidasi primer dihitung berdasarkan kondisi *normally consolidated* karena dalam observasi laboratorium ini digunakan sampel *remolded*. Sedangkan perhitungan pemampatan sekunder dilakukan dengan waktu tinjau terjadinya pemampatan sekunder 5, 10, 25, dan 50 tahun dengan waktu akhir pemampatan primer yaitu 6 bulan (waktu selesainya pemampatan primer akibat pemasangan PVD). Perhitungan prediksi pemampatan sekunder menggunakan perumusan indeks pemampatan sekunder dari hasil regresi.

3.2.6. Analisis Hasil Pengujian Konsolidasi dan Pemampatan Tanah

Analisis hasil pengujian konsolidasi dan pemampatan tanah bertujuan untuk mengetahui besar prosentase pemampatan sekunder saat 5, 10, 25, dan 50 tahun terhadap pemampatan primer, dan membuktikan jika pemampatan

konsolidasi sekunder pada waktu tertentu sudah dihabiskan oleh konsolidasi primer yang disebabkan oleh beban tambahan *preloading* (Δq) yang kemudian dibongkar. Pemampatan konsolidasi sekunder dapat dianggap nol dengan beban akhir sesudah pembongkaran, seperti yang ditunjukkan **Gambar 3.4**. Beban tambahan timbunan tersebut didapatkan melalui perpotongan total pemampatan primer dan sekunder (S_{total}) dengan beban akhir timbunan (q_{akhir1}) yang kemudian ditarik garis lurus ke atas hingga memotong kurva konsolidasi primer (Sc). Kemudian dari perpotongan kurva konsolidasi primer tersebut, ditarik garis lurus ke kiri untuk mengetahui beban timbunan baru (q_{akhir2}). Sehingga beban timbunan tambahan (Δq) yang dibutuhkan untuk menghilangkan pemampatan sekunder adalah $\Delta q = q_{akhir2} - q_{akhir1}$. Nilai Δq tersebut nantinya akan dibongkar setelah perbaikan tanah selesai.



Gambar 3.4 Penambahan Beban Akhir (Δq) untuk Menghilangkan Pemampatan Konsolidasi Sekunder.

3.2.7. Kesimpulan

Menjawab semua pertanyaan dari rumusan masalah dan menyimpulkan tentang perumusan baru pemampatan sekunder, prosentase pemampatan sekunder pada waktu tertentu terhadap pemampatan konsolidasi primer, dan metode menghilangkan pemampatan sekunder dengan *preloading*.

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium pada studi ini menggunakan sampel *remolded* dari tanah lempung *disturbed* Surabaya Timur. Pembuatan sampel *remolded* bertujuan untuk mendapatkan sampel tanah yang homogen. Sebelum tanah lempung *disturbed* dibentuk *remolded*, dilakukan uji parameter fisik tanah terlebih dahulu. Dari hasil uji *Atterberg's Limit*, Volumetri, dan Gravimetri didapatkan parameter tanah dasar seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4.1**. Parameter ini kemudian digunakan sebagai acuan dalam pembuatan sampel *remolded*.

Tabel 4.1 Parameter Tanah Dasar

	Satuan	Hasil Pengujian
Batas Cair, LL	(%)	107,51
Batas Plastis, PL	(%)	42,63
Indeks Plastisitas, PI	(%)	64,88
Kadar Air Awal, $w_{c \text{ initial}}$	(%)	75,10
Spesific Gravity, Gs		2,616

4.1.1 Hasil Pembentukan Sampel *Remolded*

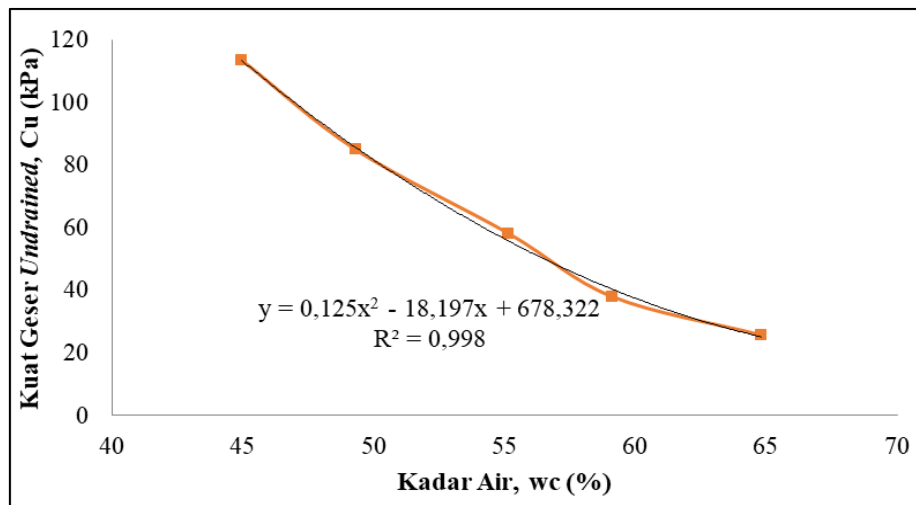
Sampel *remolded* dibuat dengan mewakili 3 konsistensi tanah *compressible* yang berbeda yaitu konsistensi *very soft*, *soft*, dan *medium*. Pembuatan sampel dengan konsistensi berbeda didasarkan pada nilai kuat geser *undrained* (C_u) oleh Mochtar (2012) yang telah disajikan pada **Tabel 2.3** di bab sebelumnya. Pembentukan sampel dilakukan dengan dua metode pemadatan yaitu: pemadatan dengan diberi beban dari kondisi *slurry* untuk mendapatkan konsistensi *very soft* dan *soft*, dan pemadatan dengan cara dimampatkan dengan berat volume tertentu untuk mendapatkan konsistensi *medium*.

Pada studi ini, dilakukan uji *Vane Shear* dan uji *Unconfined Compression Test* untuk mendapatkan nilai kuat geser *undrained* (C_u). Dari hasil uji *Vane Shear*, didapatkan nilai $C_u = 6$ kPa untuk konsistensi *very soft* dengan beban pemadatan $0,55 \text{ kg/cm}^2$ dan $C_u = 14,8$ kPa untuk konsistensi *soft* dengan beban

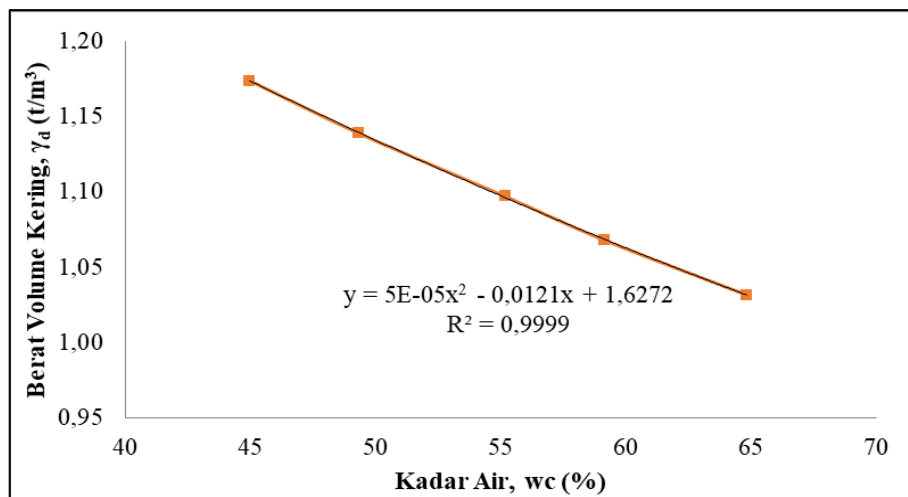
pemadatan $1,5 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan untuk konsistensi *medium*, nilai kuat geser *undrained* didapatkan dari uji *Unconfined Compression Test*. Pengujian dilakukan pada 10 sampel dengan berat volume jenuh $\gamma_{\text{sat}} = 1,7 \text{ t/m}^3$ dan kadar air yang berbeda. Semua perhitungan hasil uji *Unconfined Compression Test* dapat dilihat pada **Lampiran 1** dan untuk rekapitulasi hasil uji disajikan pada **Tabel 4.2**. Untuk mendapatkan nilai kuat geser *undrained* yang dimaksud, hasil pengujian diplot kedalam grafik dan ditentukan persamaan tren-nya seperti pada **Gambar 4.1-4.3**. Dengan menentukan nilai kadar air dan kuat geser *undrained*, maka didapatkan nilai berat volume kering yang kemudian dipakai sebagai pedoman dalam pemadatan pembentukan sampel konsistensi *medium*. Pada pengujian ini, diambil kadar air untuk sampel *medium* yaitu $w_c = 60\%$ dengan nilai kuat geser *undrained* $C_u = 36,50 \text{ kPa}$ dimana berat volume kering $\gamma_d = 1,06 \text{ t/m}^3$ dan berat volume jenuh $\gamma_{\text{sat}} = 1,70 \text{ t/m}^3$. Hasil kuat geser *undrained* untuk tanah *remolded* dengan konsistensi *very soft*, *soft*, dan *medium* disajikan pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Unconfined Compression Test*

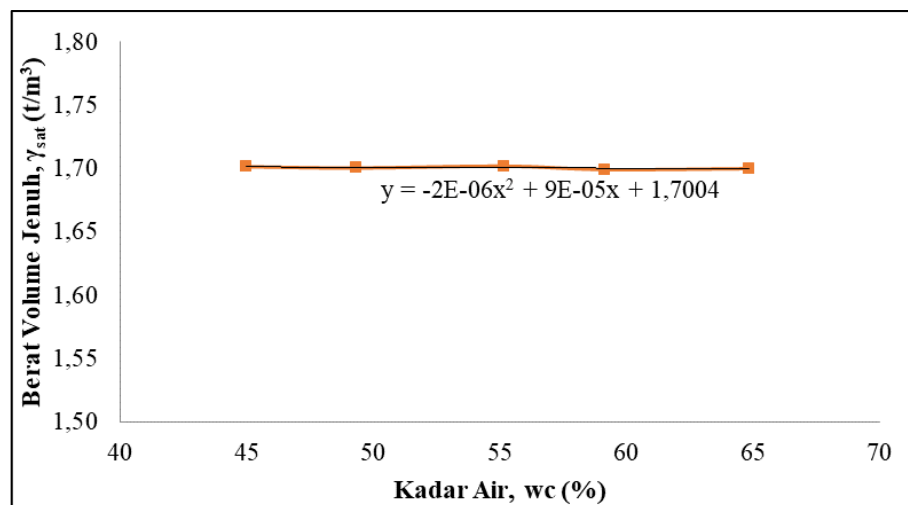
Sampel	Kadar Air, w_c (%)	Berat Volume Jenuh, γ_{sat} (t/m^3)	Berat Volume Kering, γ_d (t/m^3)	Kuat Tekan Bebas, q_u (kPa)	Kuat Geser Undrained, C_u (kPa)
1	45,00	1,702	1,173	234,533	117,267
2	44,92	1,699	1,172	219,140	109,570
rata-rata	44,96	1,700	1,173	226,836	113,418
1	49,23	1,700	1,139	169,824	84,912
2	49,40	1,701	1,139	169,815	84,907
rata-rata	49,32	1,701	1,139	169,819	84,910
1	55,13	1,703	1,098	114,145	57,072
2	55,18	1,701	1,096	118,434	59,217
rata-rata	55,15	1,702	1,097	116,289	58,145
1	59,22	1,699	1,067	76,133	38,066
2	59,01	1,700	1,069	75,720	37,860
rata-rata	59,12	1,699	1,068	75,926	37,963
1	64,33	1,700	1,035	54,316	27,158
2	65,29	1,698	1,027	48,673	24,336
rata-rata	64,81	1,699	1,031	51,494	25,747



Gambar 4.1 Hubungan Kadar Air dengan Kuat Geser *Undrained*



Gambar 4.2 Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Kering



Gambar 4.3 Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Jenuh

Tabel 4.3 Konsistensi Sampel Tanah Lempung *Remolded*

Konsistensi Tanah	Kuat Geser <i>Undrained</i> (C_u) (kPa)
<i>Very Soft</i>	6
<i>Soft</i>	14,8
<i>Medium</i>	36,5

4.1.2 Hasil Pengujian Fisik Tanah

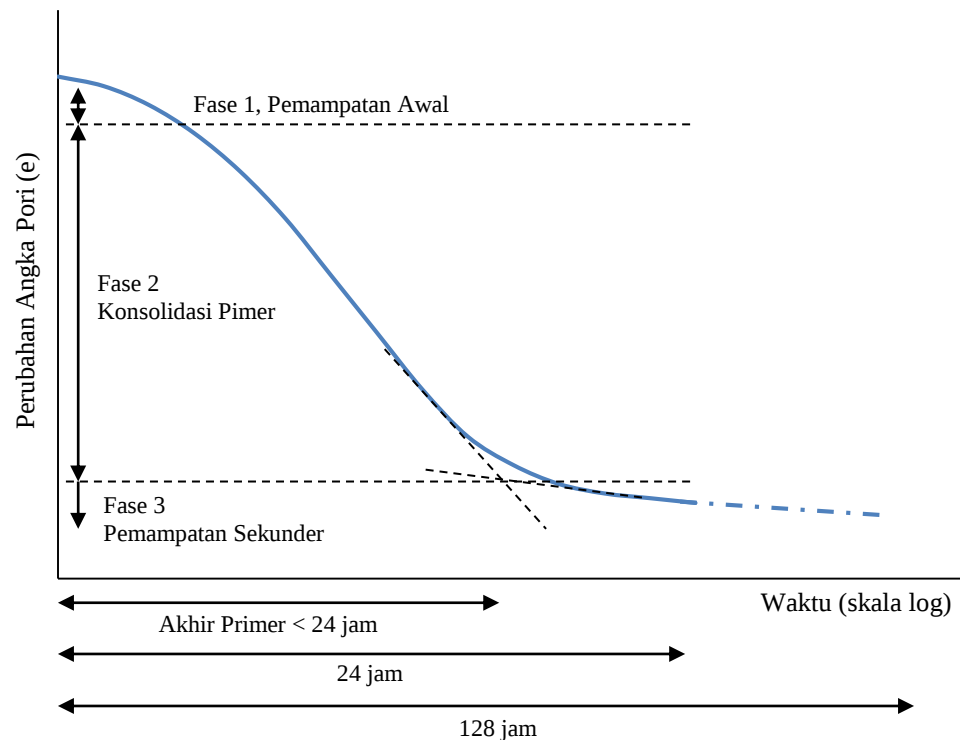
Setelah sampel dengan semua konsistensi terbentuk, kemudian dilakukan pengujian fisik tanah di laboratorium untuk mengetahui nilai angka pori, kadar air, derajat kejenuhan, berat volume jenuh, dan berat volume kering. Untuk nilai *Specific Gravity* dan hasil uji *Atterberg's Limit* adalah sama untuk semua konsistensi karena berasal dari tanah yang sama. Hasil pengujian disajikan pada **Tabel 4.4** berikut.

Tabel 4.4 Parameter Fisik Tanah Lempung *Remolded*

		<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>
Berat Volume Jenuh, γ_{sat}	(t/m^3)	1,426	1,483	1,700
Berat Volume Kering, γ_d	(t/m^3)	0,705	0,771	1,063
Angka Pori, e		1,380	1,265	1,050
Kadar Air, w_c	(%)	102,25	92,46	60
Derajat Kejenuhan, S_r	(%)	100	100	100
<i>Spesific Gravity</i> , G_s		2,616	2,616	2,616
Batas Cair, LL	(%)	107,51	107,51	107,51
Batas Plastis, PL	(%)	42,63	42,63	42,63
Indeks Plastisitas, PI	(%)	64,88	64,88	64,88

4.1.3 Hasil Pengujian Konsolidasi

Uji konsolidasi pada studi ini bertujuan untuk mengetahui nilai indeks kompresi (C_c), indeks mengembang (C_s), koefisien konsolidasi (C_v), koefisien pemampatan sekunder (C_α), serta pengaruh variasi waktu pembebanan pada perilaku pemampatan sekunder. Pemberian beban pada uji konsolidasi ini dilakukan secara bertahap dengan *load increment ratio* $LIR = 1$ yaitu $P' = 0,25$; 0,5 ; 1 ; 2 ; 4 ; 8 kg/cm^2 . Masing-masing konsistensi tanah diuji dengan 3 macam uji konsolidasi berdasarkan variasi waktu pembebanan yaitu akhir primer/tahap pembebanan, 24 jam/tahap pembebanan, dan 128 jam/tahap pembebanan seperti yang disajikan pada **Gambar 4.4** berikut.



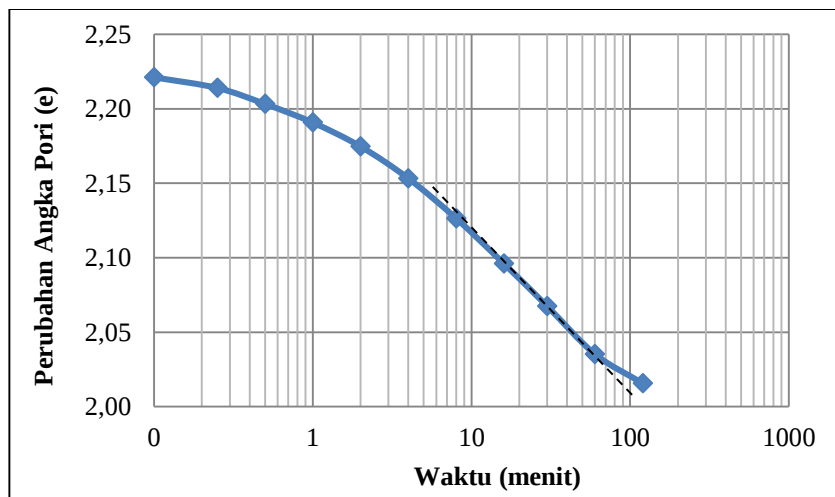
Gambar 4.4 Variasi Waktu Pembebanan Uji Konsolidasi

a. Akhir Primer/Tahap Pembebanan

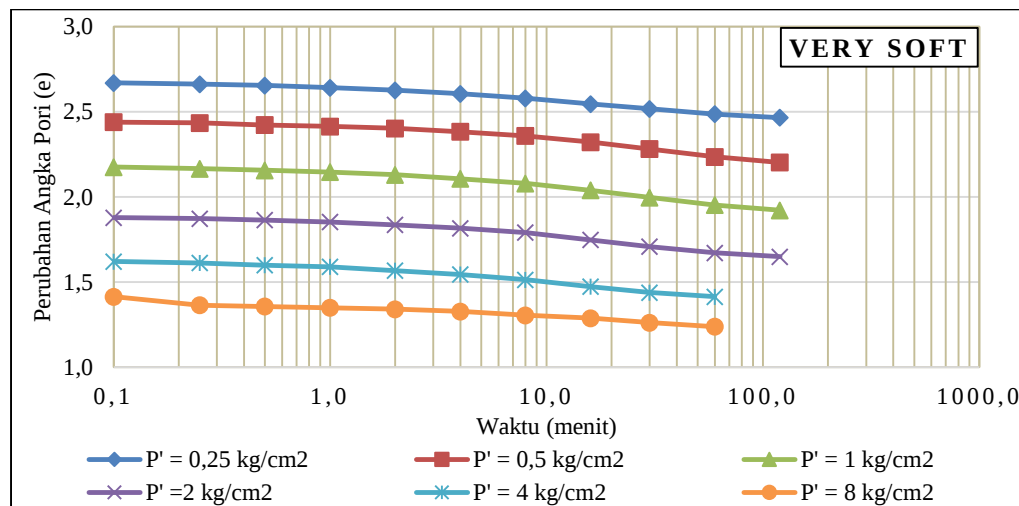
Penambahan setiap beban pada pengujian konsolidasi ini dilakukan ketika kurva hubungan waktu dengan perubahan angka pori mulai menunjukkan kemiringan yang berbeda atau kurva mulai mendatar seperti yang ditunjukkan oleh kurva hubungan waktu dengan perubahan angka pori pada sampel 1 konsistensi *soft* dengan beban konsolidasi 1 kg/cm^2 pada **Gambar 4.5**. Semua hasil pengujian konsolidasi akhir primer/tahap pembebanan dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

Dari hasil pengujian konsolidasi untuk semua konsistensi tanah seperti yang disajikan pada **Gambar 4.6**, diketahui bahwa pada pembebanan awal $P' = 0,25 - 2 \text{ kg/cm}^2$ waktu akhir pemampatan primer terjadi pada menit ke-120 yang kemudian akan dilanjutkan dengan pemampatan sekunder yang ditandai dengan kurva yang mulai mendatar. Sedangkan pada pembebanan akhir $P' = 4 - 8 \text{ kg/cm}^2$, waktu akhir pemampatan primer terjadi lebih cepat dari pembebanan sebelumnya yaitu pada menit ke-60. Ketika tanah diberi beban secara terus

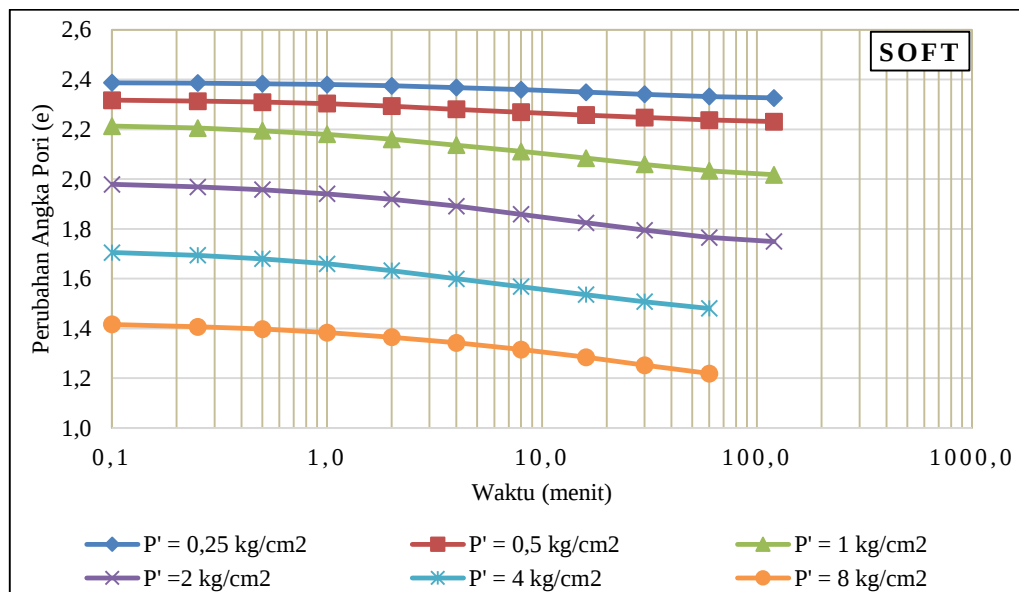
menerus, tanah menjadi semakin memampat karena air keluar dari dalam pori tanah akibat tekanan dari beban luar sehingga nilai kuat geser *undrained* (C_u) tanah menjadi meningkat. Seperti halnya yang telah dikemukakan oleh Ardana dan Mochtar (1999) dimana besarnya kuat geser *undrained* (C_u) berbanding lurus dengan tegangan konsolidasi efektif (P'), semakin besar P' maka semakin pemampatan sekunder menjadi lebih awal.



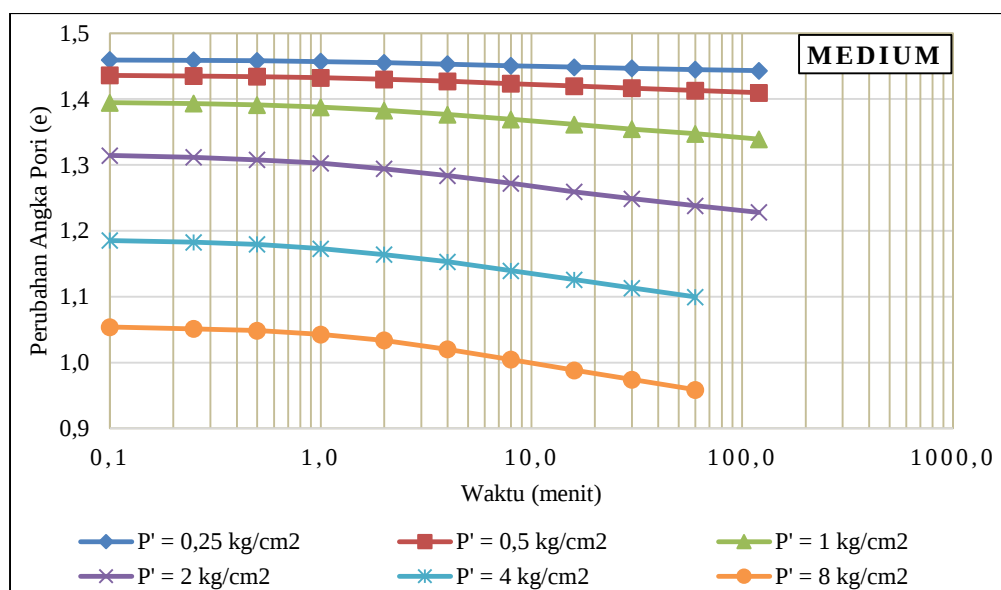
Gambar 4.5 Hubungan Waktu dengan Perubahan Angka Pori pada Sampel 1 Konsistensi *Soft* dengan $P' = 1 \text{ kg/cm}^2$ (Akhir Primer/Tahap Pembebanan)



(a)



(b)



(c)

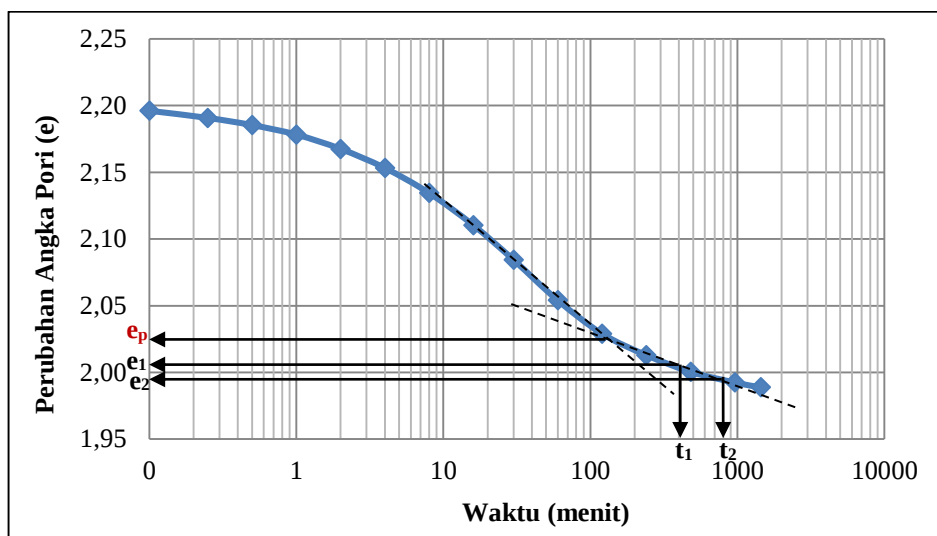
Gambar 4.6 Hasil Pengujian Konsolidasi Akhir Primer/Tahap Pembebanan pada Tanah Lempung dengan Konsistensi : (a) *Very Soft*; (b) *Soft*; (c) *Medium*

b. 24 Jam/Tahap Pembebanan

Penambahan setiap beban pada pengujian konsolidasi ini dilakukan setiap 24 jam. Dari pengujian tersebut didapatkan kurva hubungan waktu dengan perubahan angka pori dimana kurva menunjukkan adanya fase

pemampatan sekunder. **Gambar 4.7** merupakan contoh hasil pengujian konsolidasi dengan 24 jam/tahap pembebanan untuk sampel 1 konsistensi *soft* dengan beban konsolidasi 1 kg/cm^2 . Dari kurva tersebut kemudian didapatkan nilai koefisien pemampatan sekunder ($C\alpha$) yang merupakan kemiringan dari kurva pemampatan sekunder dengan perumusan $C\alpha = \Delta e / (\log(t_2/t_1))$. Koefisien pemampatan sekunder ($C\alpha$) adalah parameter konsolidasi tanpa satuan karena didapatkan dari perbandingan perubahan angka pori (Δe) dengan nilai $\log(t_2/t_1)$ yang sama-sama tidak memiliki satuan. Meskipun waktu memiliki satuan, namun karena pada perumusan ini membandingkan waktu terjadinya pemampatan sekunder (t_2) dengan waktu akhir konsolidasi primer (t_1) dalam fungsi log, maka satuan waktu tersebut hilang.

Dengan mengambil dua titik yang berada pada kemiringan pemampatan sekunder misalnya $(t_1 ; e_1) = (400 ; 2,002)$ dan $(t_2 ; e_2) = (800 ; 1,995)$, maka didapatkan nilai koefisien pemampatan sekunder $C\alpha = (2,002 - 1,995) / (\log(800/400)) = 0,0233$. Selain nilai koefisien pemampatan sekunder ($C\alpha$), juga didapatkan nilai angka pori akhir konsolidasi primer (e_p) yang merupakan angka pori yang berada pada titik perpotongan antara kurva konsolidasi primer dengan pemampatan sekunder. Dari grafik didapatkan nilai $e_p = 2,018$. Dengan memperoleh nilai $C\alpha$ dan e_p , maka dapat dicari nilai indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) yang merupakan fungsi dari angka pori akhir konsolidasi primer dengan koefisien pemampatan sekunder, dimana $C\alpha' = C\alpha / (1 + e_p)$ sehingga didapatkan $C\alpha' = 0,0077$. Perhitungan lengkap hasil pengujian konsolidasi 24 jam/pembebanan dapat dilihat pada **Lampiran 2**, dan rekapitulasi hasil uji disajikan pada **Tabel 4.5**. Hasil pengujian konsolidasi ini kemudian akan digunakan dalam regresi perumusann indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$).



Gambar 4.7 Hubungan Waktu dengan Perubahan Angka Pori pada Sampel 1 Konsistensi *Soft* dengan Beban Konsolidasi 1 kg/cm² (24 jam/Tahap Pembebanan)

Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Pengujian Konsolidasi 24 Jam/Pembebanan

Konsistensi	Cu ₀ (kPa)	P' (kg/cm ²)	No. Sampel	e ₀		e _p		C _a		C _a '
Very Soft	6	0,25	1	2,713	2,713	2,495	2,438	0,0205	0,0216	0,00627
			2	2,713		2,380		0,0226		
		0,5	1	2,468	2,404	2,299	2,202	0,0320	0,0300	0,00937
			2	2,341		2,105		0,0280		
		1	1	2,267	2,162	1,830	1,804	0,0299	0,0307	0,01096
			2	2,056		1,778		0,0316		
		2	1	1,808	1,780	1,535	1,505	0,0314	0,0293	0,01171
			2	1,752		1,475		0,0272		
		4	1	1,509	1,479	1,258	1,222	0,0279	0,0292	0,01314
			2	1,448		1,185		0,0305		
		8	1	1,234	1,192	0,970	0,963	0,0245	0,0241	0,01229
			2	1,150		0,955		0,0237		
Soft	14,8	0,25	1	2,394	2,394	2,323	2,325	0,0138	0,0145	0,00438
			2	2,394		2,326		0,0153		
		0,5	1	2,315	2,317	2,240	2,233	0,0200	0,0220	0,00681
			2	2,319		2,225		0,0240		
		1	1	2,216	2,208	2,018	2,018	0,0233	0,0254	0,00843
			2	2,200		2,018		0,0276		
		2	1	1,989	1,986	1,717	1,714	0,0327	0,0314	0,01158
			2	1,984		1,710		0,0302		
		4	1	1,687	1,680	1,424	1,410	0,0320	0,0313	0,01298
			2	1,673		1,395		0,0305		
		8	1	1,396	1,376	1,130	1,105	0,0232	0,0245	0,01165
			2	1,356		1,080		0,0258		

Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Pengujian Konsolidasi 24 Jam/Pembebanan (lanjutan)

Konsistensi	Cu_0 (kPa)	P' (kg/cm ²)	No. Sampel	e_0		e_p		C_α		C_α'
Medium	36,5	0,25	1	1,462	1,462	1,434	1,438	0,0033	0,0027	0,00109
			2	1,462		1,441		0,0020		
		0,5	1	1,431	1,435	1,383	1,398	0,0053	0,0046	0,00191
			2	1,439		1,413		0,0039		
		1	1	1,373	1,390	1,291	1,322	0,0134	0,0096	0,00412
			2	1,407		1,353		0,0057		
		2	1	1,273	1,310	1,187	1,217	0,0172	0,0168	0,00757
			2	1,347		1,246		0,0163		
		4	1	1,170	1,202	0,995	1,041	0,0199	0,0195	0,00957
			2	1,234		1,086		0,0191		
		8	1	0,976	1,022	0,782	0,843	0,0165	0,0163	0,00886
			2	1,068		0,903		0,0161		

Dari hasil pengujian konsolidasi 24 jam/tahap pembebanan untuk semua konsistensi tanah, juga didapatkan parameter tanah seperti nilai indeks kompresi (C_c), indeks mengembang (C_s), dan koefisien konsolidasi (C_v) yang disajikan pada **Tabel 4.6** berikut.

Tabel 4.6 Parameter Hasil Uji Konsolidasi Tanah Lempung *Remolded*

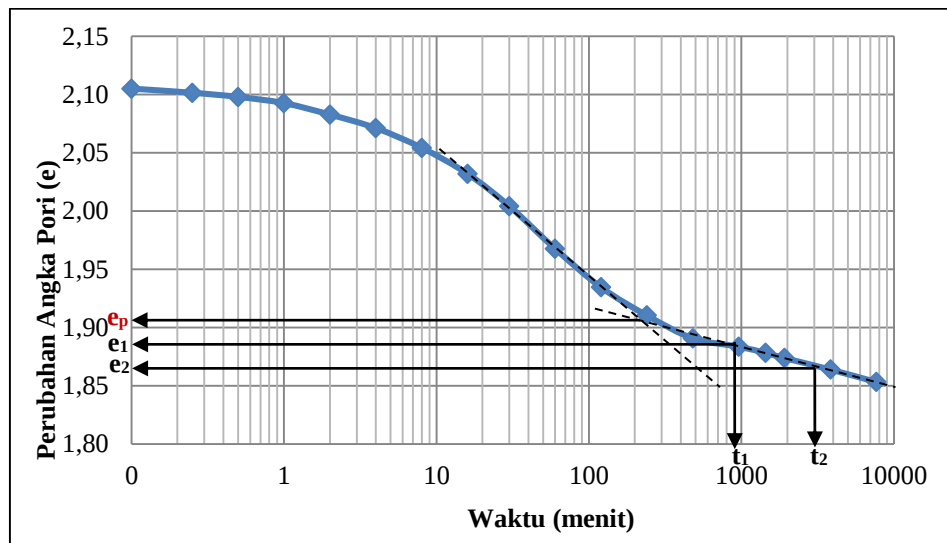
		Very Soft	Soft	Medium
Indeks Kompresi, C_c		0,763	0,723	0,658
Indeks Mengembang, C_s		0,203	0,197	0,187
Koefisien Konsolidasi, C_v	(cm ² /s)	0,000108	0,000159	0,000181
Koefisien Pemampatan sekunder, C_α		0,0301	0,0284	0,0191

c. 128 Jam/Tahap Pembebanan

Penambahan setiap beban pada pengujian konsolidasi ini dilakukan setiap 128 jam. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui bagaimana perilaku pemampatan sekunder apabila konsolidasi tanah dibiarkan lebih lama (>24 jam). Dari pengujian ini didapatkan kurva hubungan waktu dengan perubahan angka pori dimana kurva menunjukkan adanya fase pemampatan sekunder seperti halnya pengujian konsolidasi 24 jam/tahap pembebanan.

Gambar 4.8 merupakan contoh hasil pengujian konsolidasi dengan 128 jam/tahap pembebanan untuk sampel 1 konsistensi *soft* dengan beban konsolidasi 1 kg/cm². Dari kurva tersebut didapatkan nilai koefisien

pemampatan sekunder ($C\alpha$) yang merupakan kemiringan dari kurva pemampatan sekunder dengan perumusan $C\alpha = \Delta e / (\log(t_2/t_1))$. Dengan mengambil dua titik yang berada pada kemiringan pemampatan sekunder misalnya $(t_1; e_1) = (900; 1,882)$ dan $(t_2; e_2) = (3000; 1,868)$, maka didapatkan nilai koefisien pemampatan sekunder $C\alpha = (1,882 - 1,868) / (\log(3000/900)) = 0,0268$. Selain nilai koefisien pemampatan sekunder ($C\alpha$), juga didapatkan nilai angka pori akhir konsolidasi primer $e_p = 1,908$. Dengan memperoleh nilai $C\alpha$ dan e_p , maka dapat dicari nilai indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) yang merupakan fungsi dari angka pori akhir dengan koefisien pemampatan sekunder, dimana $C\alpha' = C\alpha / (1 + e_p)$ sehingga didapatkan $C\alpha' = 0,0092$. Perhitungan lengkap hasil pengujian konsolidasi 128 jam/pembebanan dapat dilihat pada **Lampiran 2**, dan rekapitulasi hasil uji disajikan pada **Tabel 4.7**. Hasil pengujian konsolidasi ini kemudian akan digunakan dalam regresi perumusan indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$).

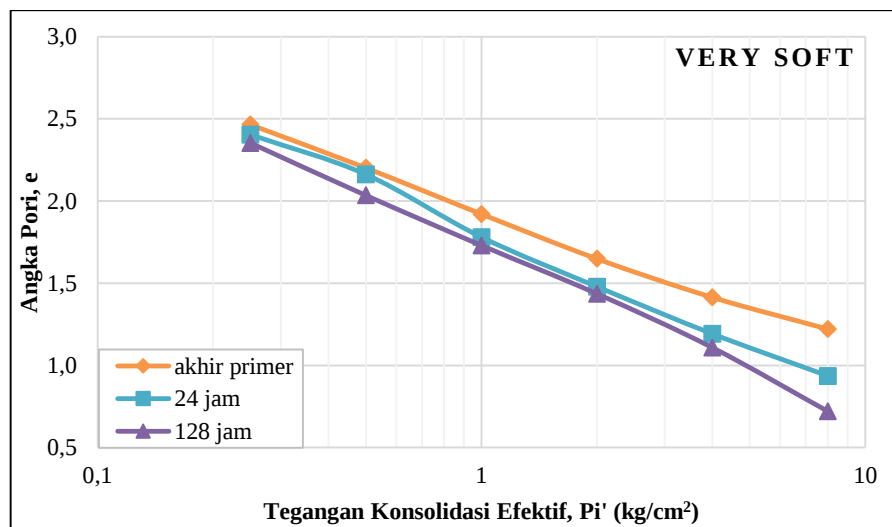


Gambar 4.8 Hubungan Waktu dengan Perubahan Angka Pori pada Sampel 1 Konsistensi *Soft* dengan Beban Konsolidasi 1 kg/cm² (128 jam/Tahap Pembebanan)

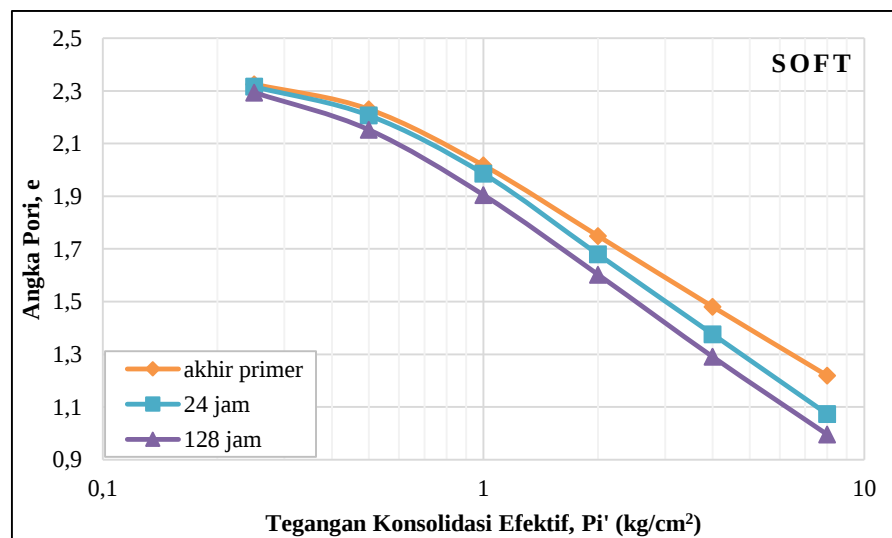
Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Konsolidasi 128 Jam/Pembebanan

Konsistensi	Cu ₀ (kPa)	P' (kg/cm ²)	No. Sampel	e ₀		e _p		C _α		C _α '
Very Soft	6	0,25	1	2,713	2,713	2,405	2,329	0,0258	0,0221	0,00663
			2	2,713		2,252		0,0183		
		0,5	1	2,293	2,354	2,060	2,140	0,0195	0,0253	0,00804
			2	2,415		2,220		0,0310		
		1	1	1,955	2,035	1,720	1,793	0,0295	0,0319	0,01141
			2	2,115		1,865		0,0342		
		2	1	1,640	1,730	1,385	1,475	0,0284	0,0296	0,01196
			2	1,821		1,565		0,0308		
		4	1	1,359	1,436	1,080	1,166	0,0276	0,0296	0,01365
			2	1,514		1,252		0,0316		
		8	1	1,030	1,108	0,725	0,783	0,0226	0,0226	0,01268
			2	1,187		0,840		0,0226		
Soft	14,8	0,25	1	2,394	2,394	2,285	2,318	0,0159	0,0148	0,00447
			2	2,394		2,350		0,0137		
		0,5	1	2,265	2,294	2,154	2,200	0,0210	0,0219	0,00685
			2	2,323		2,245		0,0229		
		1	1	2,114	2,152	1,908	1,952	0,0268	0,0252	0,00853
			2	2,191		1,995		0,0236		
		2	1	1,853	1,905	1,601	1,645	0,0299	0,0296	0,01120
			2	1,957		1,688		0,0293		
		4	1	1,559	1,603	1,305	1,337	0,0274	0,0279	0,01193
			2	1,646		1,369		0,0284		
		8	1	1,265	1,290	1,030	1,038	0,0218	0,0238	0,01170
			2	1,315		1,045		0,0258		
Medium	36,5	0,25	1	1,462	1,462	1,413	1,420	0,0021	0,0031	0,00130
			2	1,462		1,426		0,0042		
		0,5	1	1,411	1,416	1,369	1,380	0,0066	0,0058	0,00243
			2	1,422		1,391		0,0049		
		1	1	1,356	1,369	1,284	1,302	0,01005	0,0081	0,00354
			2	1,382		1,320		0,0062		
		2	1	1,268	1,291	1,143	1,178	0,01005	0,0100	0,00460
			2	1,314		1,212		0,0100		
		4	1	1,125	1,156	0,958	0,997	0,01661	0,0164	0,00824
			2	1,187		1,035		0,0163		
		8	1	0,926	0,967	0,748	0,784	0,0120	0,0133	0,00748
			2	1,007		0,820		0,0147		

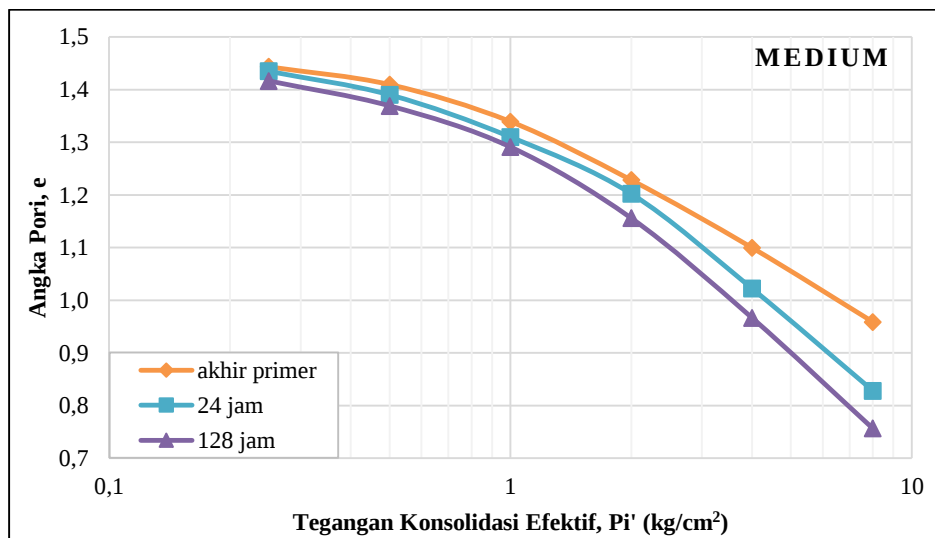
Untuk mengetahui perbandingan hasil pengujian konsolidasi pada semua variasi waktu pembebanan, hasil pengujian konsolidasi diplot ke dalam grafik hubungan tegangan konsolidasi efektif dengan angka pori seperti yang ditunjukkan **Gambar 4.9**. Dari **Gambar 4.9** diketahui bahwa pada konsistensi tanah *very soft*, *soft*, dan *medium*, untuk nilai tegangan konsolidasi efektif yang sama / konstan, semakin lama waktu pembebanan, angka pori semakin kecil. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu pembebanan, maka tanah semakin memampat yang menyebabkan nilai angka pori semakin kecil.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.9 Hubungan Tegangan Konsolidasi Efektif dengan Angka Pori Berdasarkan Variasi Waktu Pembebanan untuk Tanah dengan Konsistensi: (a) *Very Soft*; (b) *Soft*; (c) *Medium*

4.2 Perumusan Indeks Pemampatan Sekunder

Perumusan indeks pemampatan sekunder didapatkan dengan mempelajari hubungan antara indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$), kuat geser *undrained* (C_u), angka pori (e), dan tegangan konsolidasi efektif (P'). Hubungan antar parameter-parameter tersebut dicari dengan analisis statistik berupa regresi linier, logaritmik, dan eksponensial untuk mendapatkan hasil korelasi yang *reliable*. Analisis dilakukan berdasarkan data parameter tanah hasil pengujian laboratorium yang telah dibahas pada subbab sebelumnya. Berdasarkan Ladd (1971), Raymond dan Wahls (1976), koefisien pemampatan sekunder ($C\alpha$) tidak dipengaruhi oleh waktu dan *load increment ratio* (LIR) selama konsolidasi primer terjadi. Oleh sebab itu pada perumusan indeks pemampatan sekunder ini, data yang digunakan sebagai bahan analisis statistik dengan regresi adalah gabungan data hasil pengujian konsolidasi 24 jam/tahap pembebanan dan 128 jam/tahap pembebanan, dimana pembebanan berdasarkan LIR = 1 yaitu $P' = 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2 ; 4 ; \text{ dan } 8 \text{ kg/cm}^2$.

Analisis statistik dengan regresi dilakukan dengan cara melihat koefisien determinasi (R^2) dari variabel bebas (*independent variable*) X terhadap variabel terikat/tetap (*dependent variable*) Y. Koefisien determinasi (R^2) berfungsi untuk

mengetahui seberapa jauh variabel bebas (*independent variable*) X mampu menjelaskan pengaruhnya terhadap variabel terikat/tetap (*dependent variable*) Y. Sedangkan koefisien korelasi (R) berfungsi untuk mengetahui keeratan hubungan antara variabel bebas (*independent variable*) X dengan variabel terikat (*dependent variable*) Y. Nilai R^2 dan R mendekati nilai 1 menunjukkan korelasi yang semakin kuat.

4.2.1 Analisis Hubungan Kuat Geser *Undrained* dengan Angka Pori

Hubungan antara kuat geser *undrained* awal (Cu_0) dengan angka pori (e) diperoleh dari hasil analisis regresi linier. Ada dua macam angka pori yang dianalisis yaitu angka pori awal sebelum tanah mengalami konsolidasi (e_0) dan angka pori akhir konsolidasi primer (e_p). Dalam analisis regresi linier ini, angka pori berperan sebagai variabel terikat (*dependent variable*) dan Cu_0 berperan sebagai variabel bebas (*independent variable*). Pengaruh Cu_0 terhadap e_0 dan e_p dipelajari dengan tegangan konsolidasi efektif (P') tetap. Hubungan $Cu_0 - e_0$ dan $Cu_0 - e_p$ dapat dilihat pada **Gambar 4.10 - 4.11**. Koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (R) hasil uji pengaruh Cu_0 terhadap e_0 dan e_p dapat dilihat pada **Tabel 4.8 – 4.9**.

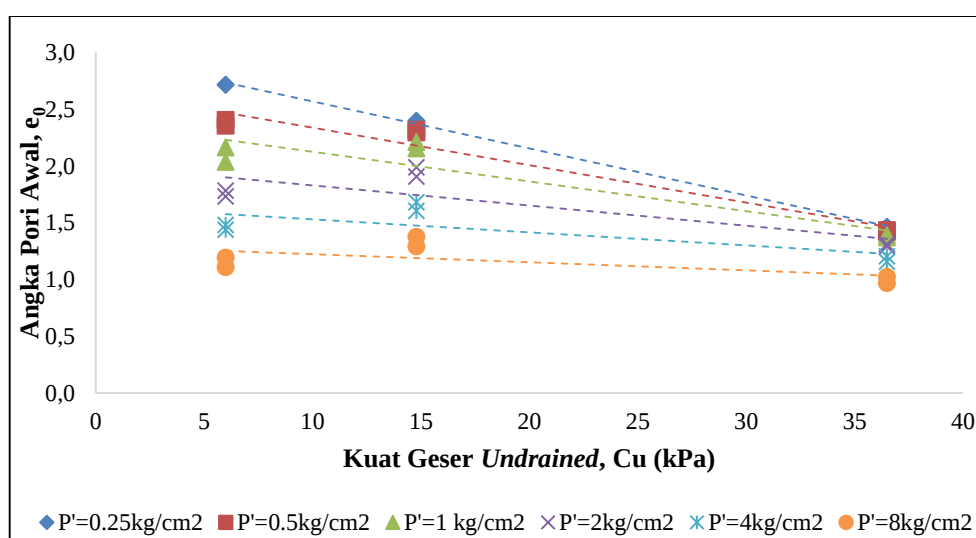
Gambar 4.10 dan **Tabel 4.8** menunjukkan hubungan $Cu_0 - e_0$. Dari **Tabel 4.8** diketahui rentang koefisien determinasi hubungan $Cu_0 - e_0$ dimana $R^2 = 0,71 - 0,99$, hal ini berarti bahwa 71% - 99% kuat geser *undrained* awal (Cu_0) dapat menjelaskan besarnya angka pori awal (e_0) dan sisanya dijelaskan oleh variabel lain. Sedangkan untuk nilai rata-rata koefisien korelasi $R = 0,9088$ menunjukkan nilai yang sangat mendekati 1, artinya bahwa Cu_0 dan e_0 untuk semua P' memiliki korelasi yang sangat kuat.

Seperti halnya penelitian Hvorslev (1936,1960) bahwa kuat geser *undrained* awal (Cu_0) merupakan fungsi dari angka pori, **Gambar 4.10** menunjukkan semakin besar nilai Cu_0 maka semakin kecil nilai e_0 untuk P' tetap/konstan, dan semakin besar nilai P' maka nilai e_0 semakin kecil untuk Cu_0 tetap/konstan. Semakin besar nilai Cu_0 pada suatu tanah maka tanah tersebut semakin padat karena angka pori menunjukkan kepadatan tanah. Tanah yang diberi beban terus-menerus, angka porinya semakin mengecil karena peristiwa

konsolidasi, namun pada suatu beban tertentu, angka pori tersebut akan konstan dikarenakan tanah sudah memampat.

Gambar 4.11 dan **Tabel 4.9** menunjukkan hubungan $Cu_0 - e_p$. Dari **Tabel 4.9** diketahui rentang koefisien determinasi hubungan $Cu_0 - e_p$ dimana $R^2 = 0,71 - 0,94$, hal ini berarti bahwa 71% - 94% kuat geser *undrained* awal (Cu_0) dapat menjelaskan besarnya angka pori akhir konsolidasi primer (e_p), dan sisanya dijelaskan oleh variabel lain. Sedangkan untuk nilai rata-rata koefisien korelasi $R = 0,8942$ menunjukkan nilai yang sangat mendekati 1, artinya bahwa Cu_0 dan e_p untuk semua P' memiliki korelasi yang sangat kuat. Seperti halnya hubungan $Cu_0 - e_0$ pada **Gambar 4.10** sebelumnya, grafik hubungan $Cu_0 - e_p$ pada **Gambar 4.11** menunjukkan bahwa semakin besar nilai Cu_0 maka semakin kecil nilai e_p untuk P tetap/konstan, dan semakin besar nilai P' maka nilai e_p semakin kecil untuk Cu_0 tetap/konstan.

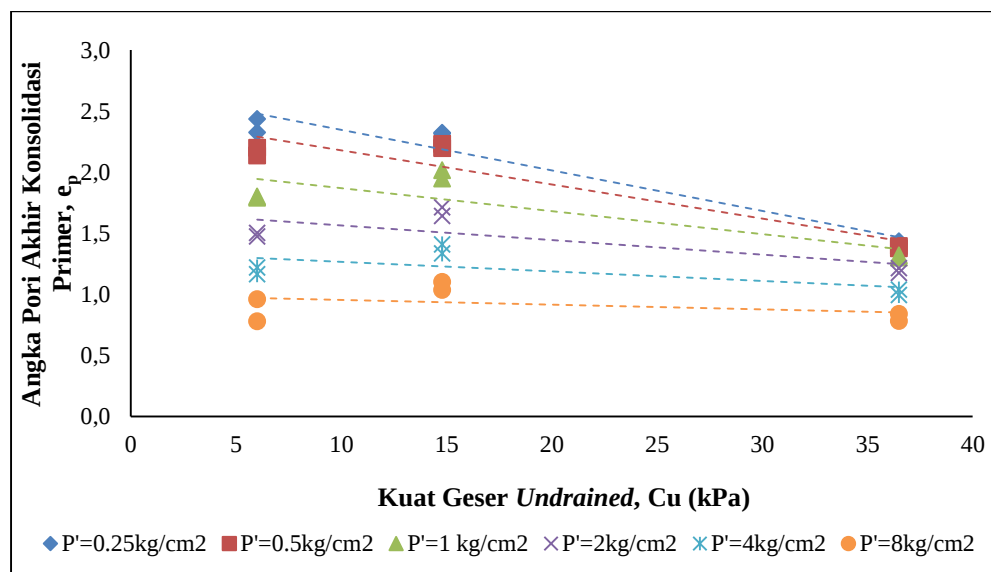
Angka pori awal (e_0) dengan angka pori akhir konsolidasi primer (e_p) memiliki hubungan yang linier. Dari hasil analisis regresi linier yang disajikan pada **Gambar 4.12**, diketahui bahwa semakin besar nilai e_0 maka semakin besar pula nilai e_p . Hasil uji menunjukkan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,9613$. Hal ini berarti bahwa 96% angka pori awal (e_0) dapat menjelaskan besarnya angka pori akhir konsolidasi primer (e_p), dan sisanya dijelaskan oleh variabel lain. Sehingga e_0 dan e_p memiliki korelasi yang kuat.



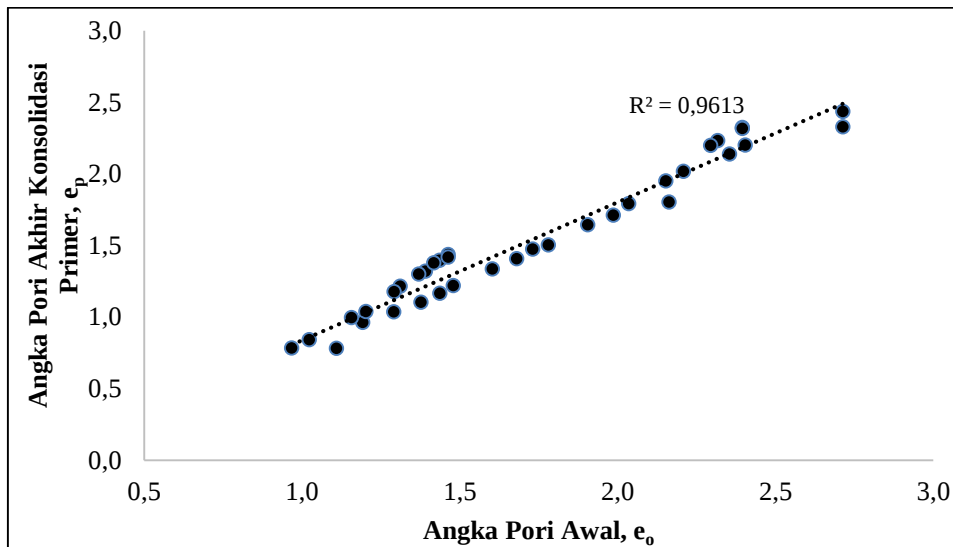
Gambar 4.10 Hubungan Kuat Geser *Undrained* dengan Angka Pori Awal

Tabel 4.8 Koefisien Determinasi dan Korelasi Hubungan $C_u - e_0$

P' (kg/cm ²)	Pers. Regresi	Koef. Determinasi (R^2)	Koef. Korelasi (R)
0,25	$y = -0,0414x + 2,9801$	0,9987	0,9993
0,5	$y = -0,033x + 2,6672$	0,9532	0,9763
1	$y = -0,0261x + 2,3842$	0,8536	0,9239
2	$y = -0,0177x + 2,0055$	0,7322	0,8557
4	$y = -0,0114x + 1,6443$	0,7124	0,8440
8	$y = -0,0071x + 1,2947$	0,7287	0,8536
Rata-Rata		0,8298	0,9088

Gambar 4.11 Hubungan Kuat Geser *Undrained* dengan Angka Pori Akhir Konsolidasi PrimerTabel 4.9 Koefisien Determinasi dan Korelasi Hubungan $C_u - e_p$

P' (kg/cm ²)	Pers. Regresi	Koef. Determinasi (R^2)	Koef. Korelasi (R)
0,25	$y = -0,0332x + 2,6774$	0,9447	0,9720
0,5	$y = -0,028x + 2,4602$	0,8908	0,9438
1	$y = -0,0188x + 2,0573$	0,7178	0,8472
2	$y = -0,012x + 1,6844$	0,7592	0,8713
4	$y = -0,0078x + 1,3432$	0,7452	0,8632
8	$y = -0,0038x + 0,9921$	0,7523	0,8674
Rata-Rata		0,8017	0,8942



Gambar 4.12 Hubungan Angka Pori Awal dengan Angka Pori Akhir Konsolidasi Primer

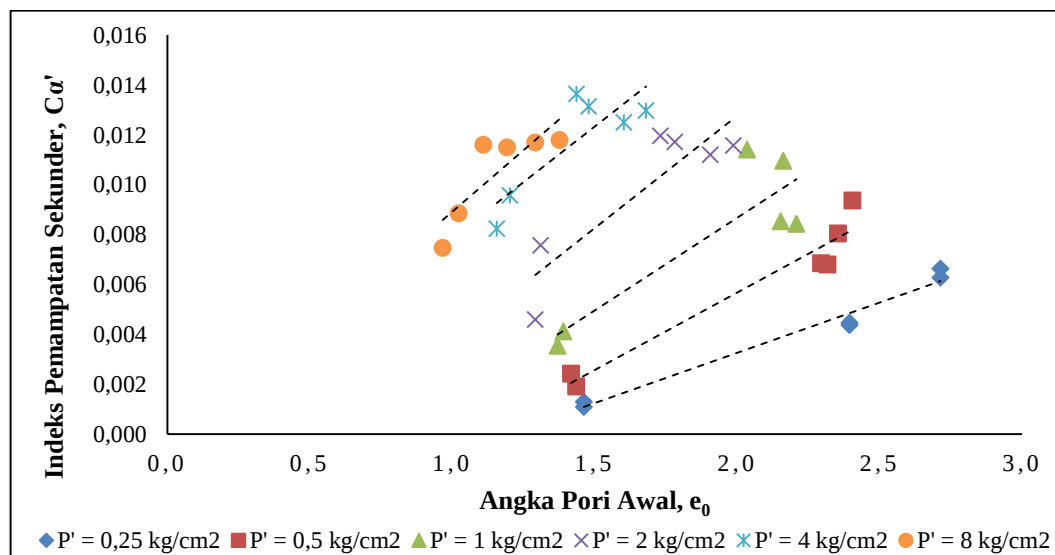
4.2.2 Analisis Hubungan Angka Pori dengan Indeks Pemampatan Sekunder

Hubungan antara angka pori awal (e_0) dan angka pori akhir konsolidasi primer (e_p) dengan indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) diperoleh dari hasil analisis regresi linier. Dalam analisis regresi linier ini, e_0 dan e_p berperan sebagai variabel terikat (*dependent variable*) dan $C\alpha'$ berperan sebagai variabel bebas (*independent variable*). Pengaruh e_0 dan e_p terhadap $C\alpha'$ dipelajari dengan tegangan konsolidasi efektif (P') tetap. Hubungan $e_0 - C\alpha'$ dan $e_p - C\alpha'_p$ dapat dilihat pada **Gambar 4.13 - 4.14**. Koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (R) hasil uji pengaruh e_0 dan e_p terhadap $C\alpha'$ dapat dilihat pada **Tabel 4.10 – 4.11**.

Gambar 4.13 dan **Tabel 4.10** menunjukkan hubungan $e_0 - C\alpha'$. Dari **Tabel 4.10** diketahui rentang koefisien determinasi hubungan $e_0 - C\alpha'$ dimana $R^2 = 0,70 - 0,97$, hal ini berarti bahwa 70% - 97% angka pori awal (e_0) dapat menjelaskan besarnya indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$), dan sisanya dijelaskan oleh variabel lain. Sedangkan untuk nilai rata-rata koefisien korelasi $R = 0,9024$ menunjukkan nilai yang sangat mendekati 1, artinya bahwa e_0 dan $C\alpha'$ untuk semua P' memiliki korelasi yang sangat kuat. **Gambar 4.13** menunjukkan semakin besar nilai e_0 maka semakin besar juga nilai $C\alpha'$ untuk P' tetap/konstan. Semakin kecil nilai e_0 maka tanah semakin padat, sehingga semakin kecil tanah

tersebut mengalami konsolidasi apabila terkena beban luar, oleh sebab itu besarnya pemampatan sekunder semakin kecil. Seperti halnya penelitian oleh Alihudien dan Mochtar (2009) bahwa besarnya angka pori tanah berbanding lurus dengan besarnya indeks pemampatan sekunder, semakin besar angka pori suatu tanah maka semakin besar pula pemampatan sekunder yang terjadi.

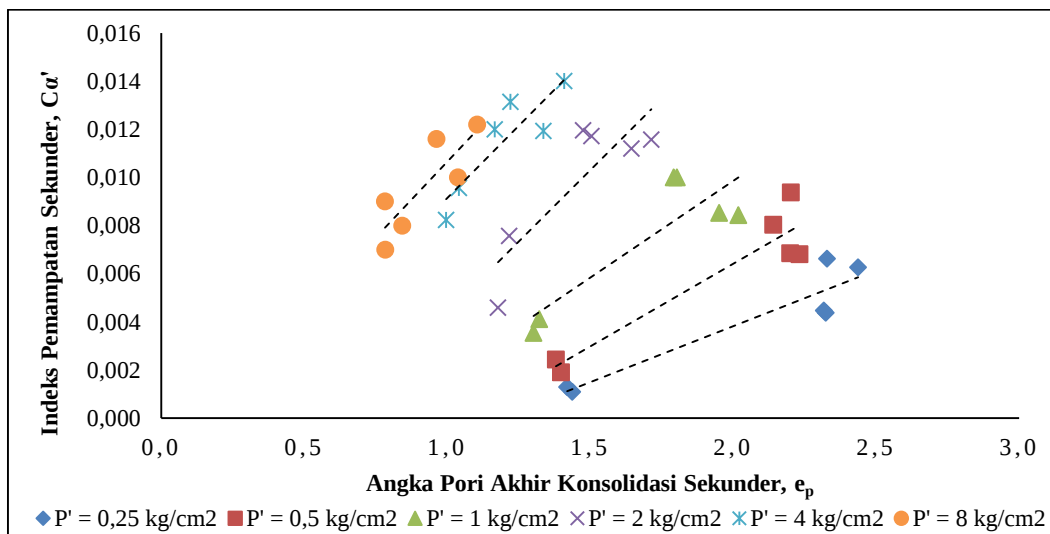
Gambar 4.14 dan **Tabel 4.11** menunjukkan hubungan $e_p - C\alpha'$. Dari **Tabel 4.11** diketahui rentang koefisien determinasi hubungan $e_p - C\alpha'$ dimana $R^2 = 0,71 - 0,88$, hal ini berarti bahwa 71% - 88% angka pori akhir konsolidasi primer (e_p) dapat menjelaskan besarnya indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$), dan sisanya dijelaskan oleh variabel lain. Sedangkan untuk nilai rata-rata koefisien korelasi $R = 0,8906$ menunjukkan nilai yang sangat mendekati 1, artinya bahwa e_p dan $C\alpha'$ untuk semua P' memiliki korelasi yang sangat kuat. **Gambar 4.14** menunjukkan bahwa semakin besar nilai e_p maka semakin besar juga nilai $C\alpha'$ untuk P' tetap/konstan. Hal ini terjadi karena nilai e_p dan e_0 berbanding lurus. Semakin besar nilai e_0 maka semakin besar nilai $C\alpha'$, seperti pada penjelasan **Gambar 4.13** sebelumnya.



Gambar 4.13 Hubungan Angka Pori Awal dengan Indeks Pemampatan Sekunder

Tabel 4.10 Koefisien Determinasi dan Korelasi Hubungan $e_0 - C\alpha'$

P' (kg/cm ²)	Pers. Regresi	Koef. Determinasi (R ²)	Koef. Korelasi (R)
0,25	$y = 0,004x - 0,0048$	0,9758	0,9878
0,5	$y = 0,0062x - 0,0068$	0,9402	0,9696
1	$y = 0,0074x - 0,0062$	0,7782	0,8822
2	$y = 0,009x - 0,0053$	0,7946	0,8914
4	$y = 0,0089x - 0,001$	0,7128	0,8443
8	$y = 0,0099x - 0,001$	0,7038	0,8389
Rata-Rata		0,8176	0,9024



Gambar 4.14 Hubungan Angka Pori Akhir Konsolidasi Primer dengan Indeks Pemampatan Sekunder

Tabel 4.11 Koefisien Determinasi dan Korelasi Hubungan $e_p - C\alpha'$

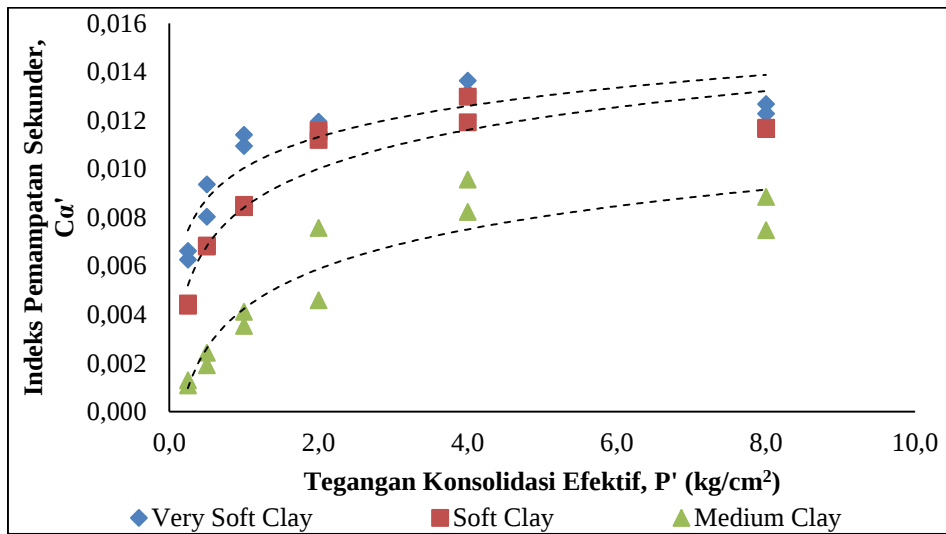
P' (kg/cm ²)	Pers. Regresi	Koef. Determinasi (R ²)	Koef. Korelasi (R)
0,25	$y = 0,0046x - 0,0055$	0,8771	0,9365
0,5	$y = 0,0069x - 0,0073$	0,8825	0,9394
1	$y = 0,008x - 0,0062$	0,7554	0,8691
2	$y = 0,0119x - 0,0075$	0,74	0,8602
4	$y = 0,012x - 0,0029$	0,795	0,8916
8	$y = 0,0126x - 0,0019$	0,717	0,8468
Rata-Rata		0,7945	0,8906

4.2.3 Analisis Hubungan Tegangan Konsolidasi Efektif dengan Indeks Pemampatan Sekunder

Hubungan antara tegangan konsolidasi efektif (P') dengan indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) diperoleh dari hasil analisis regresi logaritmik. Dalam analisis regresi logaritmik ini, P' berperan sebagai variabel terikat (*dependent variable*) dan $C\alpha'$ berperan sebagai variabel bebas (*independent variable*). Pengaruh P' terhadap $C\alpha'$ dipelajari dengan konsistensi tanah tetap. Hubungan $P' - C\alpha'$ dapat dilihat pada **Gambar 4.15**. Koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (R) hasil uji pengaruh P' terhadap $C\alpha'$ dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

Gambar 4.15 dan **Tabel 4.12** menunjukkan hubungan $P' - C\alpha'$. Dari **Tabel 4.12** diketahui rentang koefisien determinasi hubungan $P' - C\alpha'$ dimana $R^2 = 0,83 - 0,88$, hal ini berarti bahwa 83% - 88% tegangan konsolidasi efektif (P') dapat menjelaskan besarnya indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$), dan sisanya dijelaskan oleh variabel lain. Sedangkan untuk nilai rata-rata koefisien korelasi $R = 0,9291$ menunjukkan nilai yang sangat mendekati 1, artinya bahwa P' dan $C\alpha'$ untuk semua konsistensi tanah memiliki korelasi yang sangat kuat.

Seperti halnya penelitian oleh Alihudien dan Mochtar (2009) bahwa besarnya tegangan konsolidasi efektif berbanding lurus dengan besarnya indeks pemampatan sekunder, semakin besar tegangan konsolidasi efektif suatu tanah maka semakin besar pula pemampatan sekunder yang terjadi. **Gambar 4.15** juga menunjukkan hal yang sama. Semakin besar nilai P' maka semakin besar juga nilai $C\alpha'$ untuk konsistensi tanah sama. Semakin besar tegangan dari beban luar yang diberikan pada tanah dasar, maka tanah semakin terkonsolidasi sehingga pemampatan sekunder semakin besar. Namun hingga beban tertentu, indeks pemampatan sekunder pada tanah akan konstan, karena tanah sudah memampat dengan angka pori konstan.



Gambar 4.15 Hubungan Tegangan Konsolidasi Efektif dengan Indeks Pemampatan Sekunder

Tabel 4.12 Koefisien Determinasi dan Korelasi Hubungan $P' - C\alpha'$

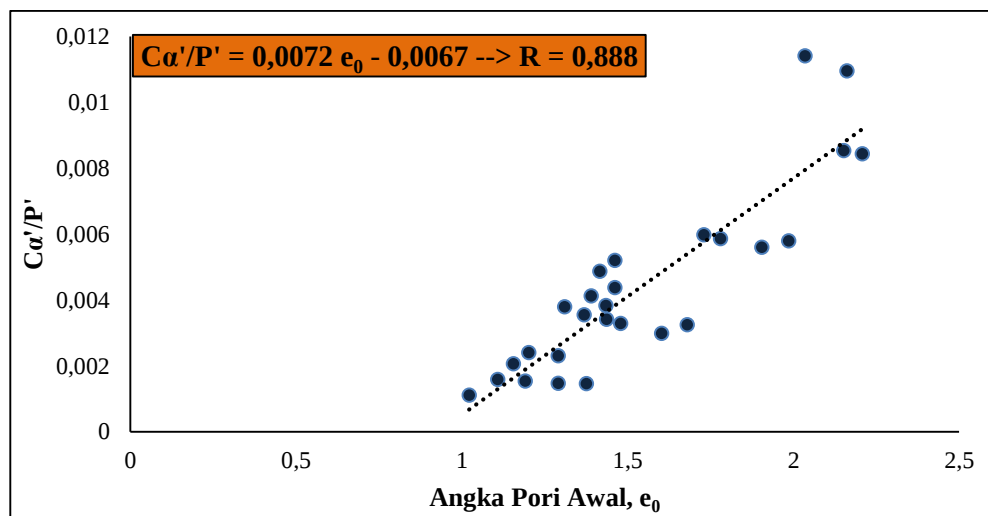
Konsistensi	Pers. Regresi	Koef. Determinasi (R^2)	Koef. Korelasi (R)
<i>Very Soft</i>	$y = 0,0018\ln(x) + 0,01$	0,8305	0,9113
<i>Soft</i>	$y = 0,0023\ln(x) + 0,0084$	0,8837	0,9401
<i>Medium</i>	$y = 0,0024\ln(x) + 0,0042$	0,876	0,9359
Rata-Rata		0,8634	0,9291

4.2.4 Korelasi Empiris Indeks Pemampatan Sekunder dengan Angka Pori dan Tegangan Konsolidasi Efektif

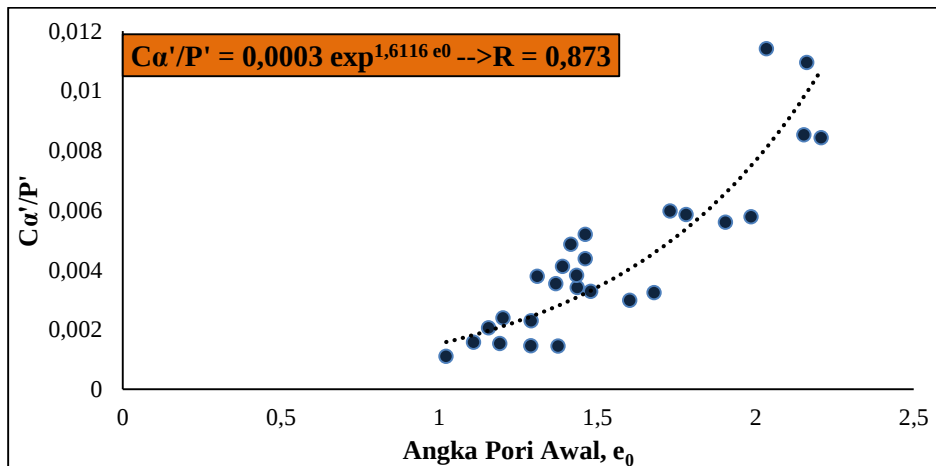
Dari analisis regresi yang telah dibahas sebelumnya, diketahui bahwa indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) dipengaruhi oleh besarnya angka pori (e) dan tegangan konsolidasi efektif (P'). Untuk mendapatkan korelasi empiris dari ketiga parameter tanah tersebut, dilakukan analisis statistik menggunakan regresi linier dan eksponensial untuk mendapatkan hasil prediksi yang *reliable*. Analisis regresi yang ditinjau adalah hubungan $C\alpha'-e_0-P'$ dan $C\alpha'-e_p-P'$. Parameter tanah indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) hasil uji konsolidasi, diperoleh berdasarkan variasi tegangan konsolidasi efektif (P'). Sehingga agar nilai $C\alpha'$ menjadi satu kesatuan dalam analisis regresi terhadap nilai angka pori, maka nilai $C\alpha'$ dibagi P' sehingga menjadi rasio antara indeks pemampatan sekunder dengan tegangan

konsolidasi efektif ($C\alpha'/P'$). Hasil analisis regresi hubungan $C\alpha'/P' - e_0$ dan $C\alpha'/P' - e_p$ dapat dilihat pada **Gambar 4.16 – 4.17**. Hasil korelasi hubungan $C\alpha'/P' - e_0$ dan $C\alpha'/P' - e_p$ dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.

Dari hasil analisis regresi didapatkan bahwa rasio antara indeks pemampatan sekunder dengan tegangan konsolidasi efektif ($C\alpha'/P'$) berbanding lurus dengan angka pori awal (e_0) dan angka pori akhir konsolidasi primer (e_p). **Gambar 4.16** dan **Tabel 4.13** menunjukkan bahwa semakin besar nilai angka pori awal (e_0) maka semakin besar nilai $C\alpha'/P'$, dimana didapatkan rentang nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,762 - 0,789$ yang artinya 76,2% - 78,9% angka pori awal (e_0) dapat menjelaskan besarnya rasio antara indeks pemampatan sekunder dengan tegangan konsolidasi efektif ($C\alpha'/P'$), dan sisanya dijelaskan variabel lain. Sedangkan untuk rentang nilai koefisien korelasi $R = 0,873 - 0,888$ menunjukkan nilai yang sangat mendekati 1, artinya bahwa $C\alpha'/P'$ dan e_0 memiliki korelasi yang sangat kuat. **Gambar 4.17** dan **Tabel 4.13** menunjukkan bahwa semakin besar nilai angka pori akhir konsolidasi primer (e_p) maka semakin besar nilai $C\alpha'/P'$, dimana didapatkan rentang nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,829 - 0,835$ yang artinya 82,9% - 83,5% angka pori akhir konsolidasi primer (e_p) dapat menjelaskan besarnya rasio antara indeks pemampatan sekunder dengan tegangan konsolidasi efektif ($C\alpha'/P'$), dan sisanya dijelaskan variabel lain. Sedangkan untuk rentang nilai koefisien korelasi $R = 0,910 - 0,914$ menunjukkan nilai yang sangat mendekati 1, artinya bahwa $C\alpha'/P'$ dan e_p memiliki korelasi yang sangat kuat.

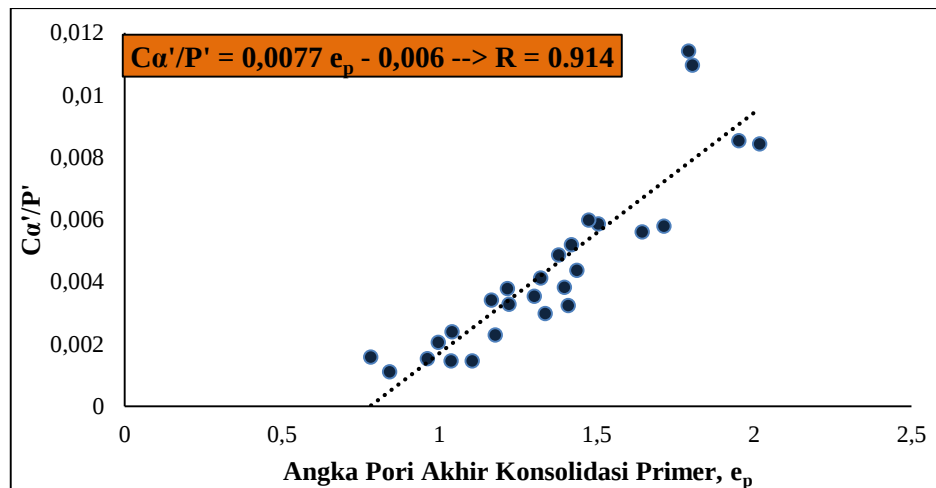


(a)

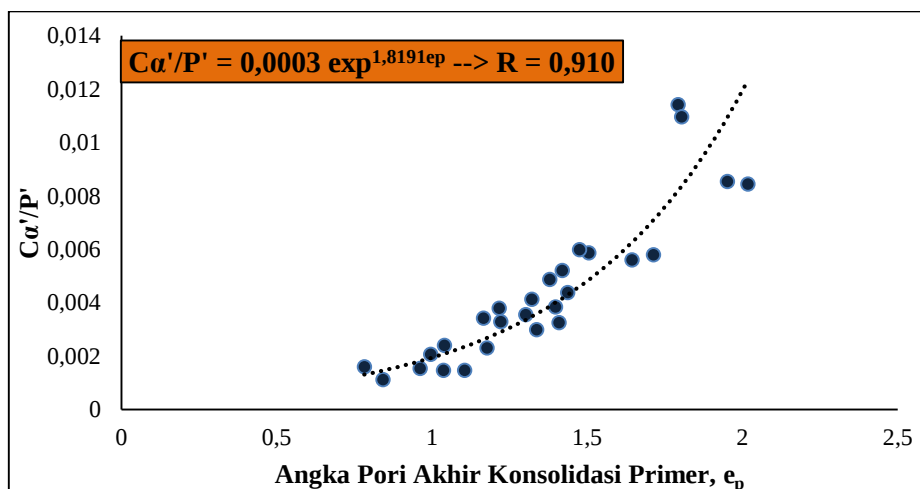


(b)

Gambar 4.16 Hubungan Angka Pori Awal dengan Ca'/P' : (a) Regresi Linier; (b) Regresi Eksponensial



(a)



(b)

Gambar 4.17 Hubungan Angka Pori Akhir Primer dengan Ca'/P' : (a) Regresi Linier; (b) Regresi Eksponensial

Tabel 4.13 Korelasi antara Indeks Pemampatan Sekunder ($C\alpha'$), Angka Pori (e), dan Tegangan Konsolidasi Efektif (P')

Persamaan Korelasi	R^2	R	Regresi
$C\alpha' = (0,0072 e_0 - 0,0067) P'$	0,789	0,888	Linier
$C\alpha' = (0,0003 \exp^{1,6116 e_0}) P'$	0,762	0,873	Ekspensial
$C\alpha' = (0,0077 e_p - 0,006) P'$	0,835	0,914	Linier
$C\alpha' = (0,0003 \exp^{1,8191 e_p}) P'$	0,829	0,910	Ekspensial

Analisis regresi linear dan eksponensial pada hubungan antara indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$), angka pori (e), dan tegangan konsolidasi efektif (P') menghasilkan nilai koefisien determinasi dan korelasi yang tidak jauh berbeda satu sama lain. Namun untuk mendapatkan prediksi korelasi yang *reliable*, diambil regresi dengan nilai koefisien korelasi R yang paling mendekati 1. Dari korelasi pada **Tabel 4.13**, nilai R yang paling mendekati 1 adalah hasil regresi linier dimana $R = 0,888$ untuk hubungan $C\alpha' - e_0 - P'$ dan $R = 0,914$ untuk hubungan $C\alpha' - e_p - P'$. Sehingga pada penelitian ini didapatkan korelasi empiris untuk mendapatkan nilai indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) yang ditunjukkan pada persamaan 1 dan 2 berikut.

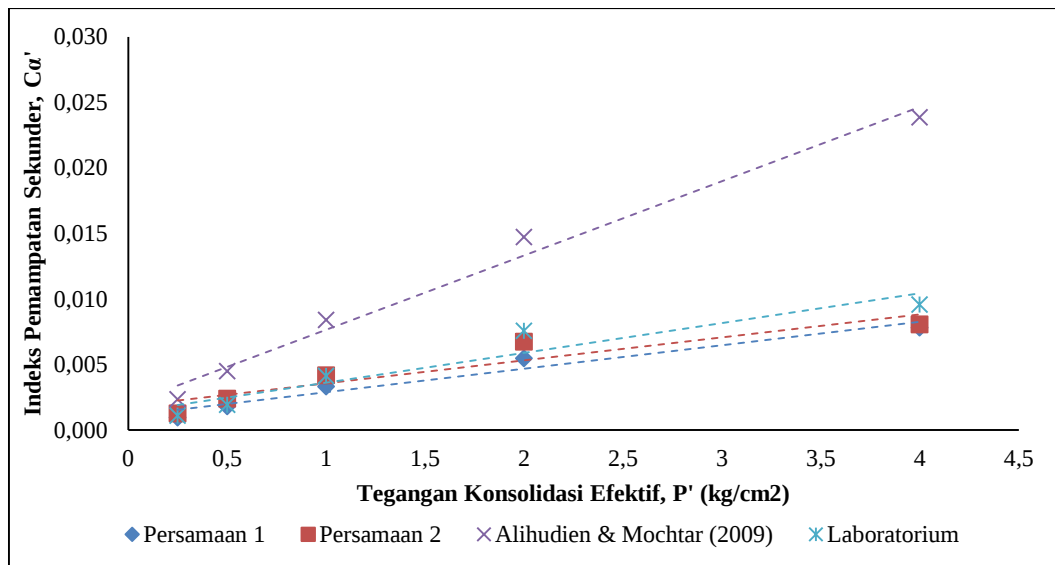
$$C\alpha' = (0,0072 e_0 - 0,0067) P' \quad (1)$$

$$C\alpha' = (0,0077 e_p - 0,0060) P' \quad (2)$$

Dalam skala laboratorium, parameter tegangan konsolidasi efektif (P') menyebabkan terjadinya konsolidasi tanah, yang dalam uji konsolidasi merupakan tegangan total dari tegangan overburden efektif (P_o') dengan tegangan akibat beban eksternal (ΔP). Namun pada dasarnya yang menyebabkan terjadinya konsolidasi adalah tegangan akibat beban eksternal (ΔP), karena besarnya P_o' dalam uji konsolidasi sendiri sangat kecil, sehingga disebutkan bahwa $P' = P_o' + \Delta P$. Sedangkan dalam perhitungan prediksi pemampatan sekunder, parameter tegangan konsolidasi efektif (P') yang disebutkan dalam persamaan 1 dan 2 merupakan besarnya nilai penambahan tegangan akibat beban eksternal (ΔP), karena di lapangan beban eksternal-lah yang menyebabkan terjadinya konsolidasi tanah.

Untuk mengetahui validitas dari korelasi empiris indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) dari persamaan 1 dan 2, maka nilai indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) dari persamaan 1 dan 2 dibandingkan dengan data laboratorium dan

persamaan Alihudien dan Mochtar (2009) seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.18** berikut.



Gambar 4.18 Perbandingan Nilai Korelasi Empiris Terhadap Data yang Diperoleh dari Laboratorium

Dari **Gambar 4.18** diatas, dapat diketahui bahwa besarnya indeks pemampatan sekunder ($C_{\alpha'}$) dari persamaan 1 dan 2, Alihudien dan Mochtar (2009), dan hasil laboratorium tidak jauh berbeda. Namun persamaan 1 dan 2 jauh lebih mendekati hasil laboratorium daripada persamaan Alihudien dan Mochtar (2009). Sehingga persamaan 1 dan 2 dapat digunakan dalam perhitungan prediksi pemampatan sekunder.

4.3 Metode Menghilangkan Pemampatan Sekunder

Berdasarkan korelasi empiris indeks pemampatan sekunder ($C_{\alpha'}$) oleh Alihudien dan Mochtar (2009) dan hasil pengujian (persamaan 1 dan 2), besarnya indeks pemampatan sekunder ($C_{\alpha'}$) dipengaruhi oleh beban konsolidasi efektif (P'). Semakin besar tegangan konsolidasi efektif (P'), maka semakin besar indeks pemampatan sekundernya. Sehingga dapat dikatakan bahwa penambahan tegangan (ΔP) mempengaruhi besar pemampatan sekunder. Selain itu, menurut Mesri (1973), Koutsoftas dkk (1987), Ladd (1994), dan Yu & Frizzy (1994), deformasi kompresi sekunder berkurang secara signifikan ketika tanah ter-overkonsolidasi hingga tingkat sedang, menunjukkan bahwa penggunaan beban

tambahan *preload* yang lebih besar daripada beban timbunan/struktur akhir merupakan metode yang efektif dalam mengurangi pemampatan sekunder. Alonso, Gens, & Lloret (2000) juga mengungkapkan bahwa adanya penurunan yang signifikan pada koefisien pemampatan sekunder ($C\alpha$) dengan peningkatan rasio overkonsolidasi (OCR), sehingga prekonsolidasi tanah adalah cara yang efektif untuk menghilangkan pemampatan sekunder. Berdasarkan hasil penelitian-penelitian tersebut, pada subbab ini dibahas mengenai cara menghilangkan pemampatan sekunder dengan *preloading* saat menghilangkan konsolidasi primer. Metode menghilangkan pemampatan tanah pada studi ini, diuraikan dengan contoh pemodelan perbaikan tanah yang mengalami konsolidasi akibat beban luar.

4.3.1 Pemodelan Tanah Dasar dan Timbunan

Dalam perencanaan perbaikan tanah untuk menghilangkan konsolidasi primer sekaligus pemampatan sekunder, tanah dimodelkan dengan tebal lapisan *compressible* yaitu 15 m, dimana terdiri dari 4 lapisan dengan 3 konsistensi tanah yaitu 2 m lapisan tanah pertama berkonsistensi medium, dilanjutkan dengan 3 m berkonsistensi *very soft*, 5 m berkonsistensi *soft*, dan 5 m lapisan tanah akhir berkonsistensi *medium*. Parameter tanah dasar yang digunakan berasal dari hasil pengujian laboratorium yang telah dibahas pada **Subbab 4.1** sebelumnya. Parameter tanah dasar yang digunakan dalam pemodelan perbaikan tanah ini dapat dilihat pada **Tabel 4.14** berikut.

Tabel 4.14 Parameter Tanah Dasar

Kedalaman (m)	H (m)	Konsistensi	Gs	Berat Volume		Sr (%)	Wc (%)	e
				γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)			
0,0 – 2,0	2	Medium	2,616	1,700	1,063	100	60	1,050
2,0 – 5,0	3	Very Soft	2,616	1,426	0,705	100	102,25	1,380
5,0 – 10,0	5	Soft	2,616	1,483	0,771	100	92,46	1,265
10,0 – 15,0	5	Medium	2,616	1,700	1,063	100	60	1,050

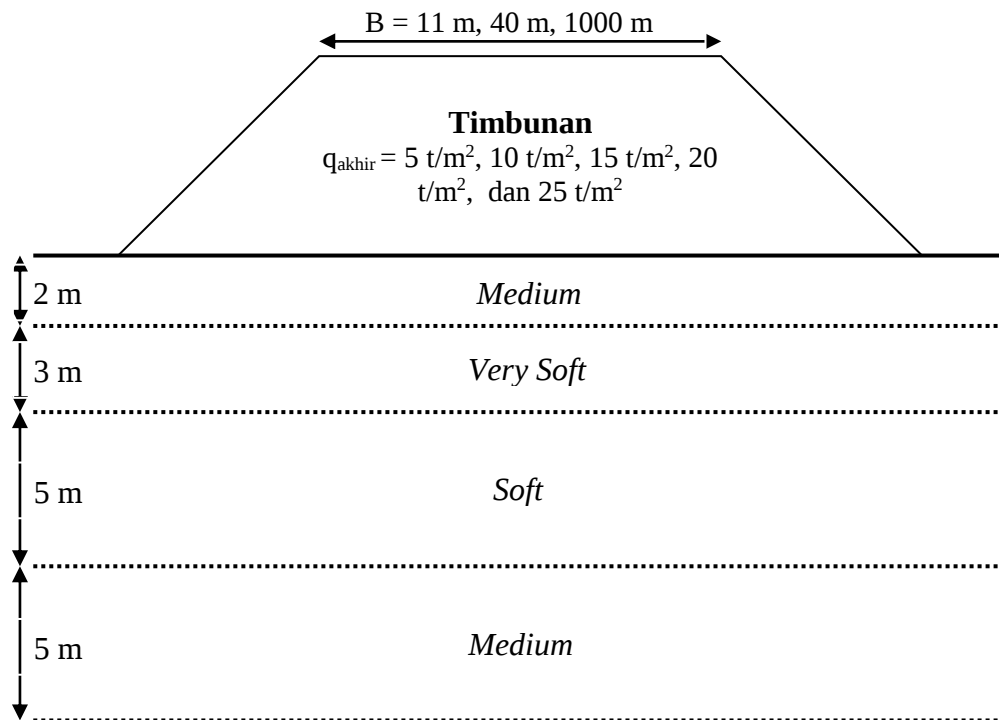
Tabel 4.14 Parameter Tanah Dasar (lanjutan)

Kedalaman (m)	Cu (kPa)	Batas Atterberg's			Konsolidasi			
		LL (%)	PL (%)	PI (%)	Cc	Cs	Ca	Cv (cm ² /s)
0,0 – 2,0	36,5	107,51	42,63	64,88	0,658	0,187	0,0191	0,000181
2,0 – 5,0	6	107,51	42,63	64,88	0,763	0,203	0,0301	0,000108
5,0 – 10,0	14,8	107,51	42,63	64,88	0,723	0,197	0,0284	0,000159
10,0 – 15,0	36,5	107,51	42,63	64,88	0,658	0,187	0,0191	0,000181

Pada studi ini, timbunan dimodelkan dengan 3 lebar timbunan yang berbeda yaitu $B = 11 \text{ m}$, 40 m , dan 1000 m . Lebar timbunan 11 m merepresentasikan jalan biasa, $B = 40 \text{ m}$ merepresentasikan lebar jalan tol, $B = 1000 \text{ m}$ merepresentasikan lebar area reklamasi. Pemberian variasi lebar timbunan bertujuan untuk mengetahui pengaruh lebar timbunan terhadap besarnya pemampatan tanah. Masing-masing tipe lebar timbunan dimodelkan dengan 5 variasi beban timbunan akhir (q_{akhir}) yaitu 5 t/m^2 , 10 t/m^2 , 15 t/m^2 , 20 t/m^2 , dan 25 t/m^2 . Beban timbunan akhir (q_{akhir}) merupakan beban timbunan setelah tanah mengalami pemampatan. Menurut Mochtar (2002), suatu timbunan setelah mengalami penurunan tanah dasar akan mengalami perubahan berat, karena selama terjadi penurunan sebagian tanah timbunan berada dibawah muka air tanah. Material timbunan yang digunakan adalah jenis tanah sirtu. Spesifikasi teknis dari material timbunan adalah sebagai berikut :

- Kohesi, C $= 0$
- Berat volume jenuh, γ_{sat} $= 1,9 \text{ t/m}^3$
- Berat volume basah, γ_t $= 1,9 \text{ t/m}^3$
- *Slope* $= 1 : 2$
- Sudut geser, ϕ $= 30^\circ$

Geometri tanah dasar dan timbunan dapat dilihat pada **Gambar 4.19** berikut.



Gambar 4.19 Geometri Tanah Dasar dan Timbunan

4.3.2 Perhitungan Pemampatan Tanah

Pada studi ini, perhitungan pemampatan tanah terdiri dari perhitungan konsolidasi primer dan pemampatan sekunder. Konsolidasi primer dihitung berdasarkan kondisi *normally consolidated* karena dalam observasi laboratorium ini digunakan sampel *remolded*. Dari perhitungan pemampatan tanah akibat konsolidasi primer (S_c), diperoleh nilai tinggi timbunan awal ($H_{initial}$) dan tinggi timbunan akhir (H_{final}). $H_{initial}$ merupakan tinggi timbunan awal sebelum terjadi pemampatan tanah. Sedangkan H_{final} merupakan tinggi timbunan akhir setelah terjadi pemampatan primer ($H_{final} = H_{initial} - S_c$). Perhitungan pemampatan sekunder (S_s) pada perencanaan ini mengasumsikan bahwa waktu terjadinya pemampatan sekunder adalah 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun dan 50 tahun setelah jalan atau bangunan didirikan, dan waktu selesainya pemampatan primer adalah 6 bulan (waktu selesainya pemampatan primer akibat pemasangan PVD). Berikut disajikan contoh perhitungan konsolidasi primer dan pemampatan sekunder

setelah 5 tahun dengan lebar timbunan 40 m dan beban akhir timbunan $q_{\text{akhir}} = 10 \text{ t/m}^2$ pada lapisan tanah pertama (1 meter lapisan tanah teratas).

Rumus yang digunakan :

- Pemampatan konsolidasi primer (S_c) dengan kondisi *normally consolidated* (NC-Soil)

$$S_c = \left[\frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{P'_o + \Delta P}{P'_o} \right] H$$

- Pemampatan sekunder (S_s)

$$S_s = C\alpha' H \log (t_2/t_1)$$

dimana :

$$C\alpha' = (0,0072 e_0 - 0.0067) P'$$

atau

$$C\alpha' = (0,0077 e_p - 0.006) P'$$

Data Perencanaan :

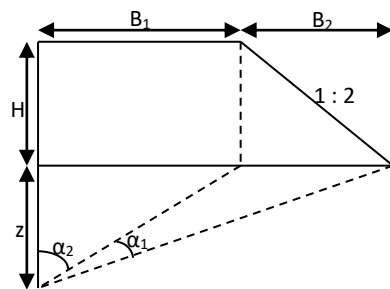
- Beban timbunan akhir, q_{akhir} = 10 t/m²
- Lebar timbunan, B = 40 m
- Waktu terjadinya pemampatan sekunder, t_2 = 5 tahun
- Waktu selesainya pemampatan primer, t_1 = 6 bulan = 0,5 tahun
- Tebal lapisan tanah yang ditinjau (lapisan teratas), H = 1 m, z = 0,5 m
- Angka pori awal, e_0 = 1,050
- Indek kompresi, C_c = 0,658
- Berat volume jenuh tanah dasar, γ_{sat} = 1,7 t/m³
- Berat volume jenuh timbunan, $\gamma_{\text{sat timbunan}}$ = 1,9 t/m³
- Berat volume air, γ_w = 1 t/m³

Perhitungan :

1. Tegangan *overburden efektif* (P'_o)

$$\begin{aligned} P'_o &= \gamma' \times z \\ &= (1,7-1,0) \text{ t/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \\ &= 0,35 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

2. Besarnya tegangan akibat pengaruh beban timbunan (ΔP)



Lebar timbunan, $B = 40$ m

Beban timbunan, $q_{\text{akhir}} = 10 \text{ t/m}^2$

$H = q/\gamma_{\text{timb}} = 10/1,9 = 5,26$ m

$z = 0,5$ m

$B_1 = 0,5 B = 20$ m

$B_2 = 2 H = 10,53$ m

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1 + B_2}{z} \right\} - \tan^{-1} \left(\frac{B_1}{z} \right) \text{ (radian)}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \frac{20 + 10,53}{0,5} \right\} - \tan^{-1} \left(\frac{20}{0,5} \right) = 0,494$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{B_1}{z} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{20}{0,5} \right) = 88,568$$

$$\Delta p = 2 \times \frac{q_0}{\pi} \left\{ \frac{(B_1 + B_2)}{B_2} (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} (\alpha_2) \right\}$$

$$\Delta p = 2 \times \frac{10}{\pi} \left\{ \frac{(20 + 10,53)}{10,53} (0,494 + 88,568) - \frac{20}{10,53} (88,568) \right\}$$

$$\Delta p = 10 \text{ t/m}^2$$

3. Besarnya pemampatan konsolidasi primer (S_c) pada lapisan teratas

$$P'_o = 0,35 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta p = 10 \text{ t/m}^2$$

$$C_c = 0,658$$

$$H = 1 \text{ m}$$

$$e_0 = 1,050$$

$$P'_{o+\Delta p} = 0,35 + 10 = 10,35 \text{ t/m}^2$$

$$S_c = \left[\frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{P'_{o+\Delta p}}{P'_o} \right] H = \left[\frac{0,658}{1+1,050} \log \frac{10,35}{0,35} \right] 1$$

$$S_c = 0,472 \text{ m (terjadi pada lapisan 1 teratas dengan } q_{\text{akhir}} = 10 \text{ t/m}^2)$$

4. Besarnya pemampatan sekunder (Ss) pada lapisan teratas

$$P' = \Delta P = 10 = 10 \text{ t/m}^2$$

$$H = 1 \text{ m}$$

$$e_0 = 1,050$$

$$t_1 = 6 \text{ bulan} = 0,5 \text{ tahun}$$

$$t_2 = 25 \text{ tahun dan } 50 \text{ tahun}$$

$$\begin{aligned} C\alpha' &= (0,0072 e_0 - 0,0067) P' \\ &= (0,0072 (1,050) - 0,0067) 10 \end{aligned}$$

$$C\alpha' = 0,0086$$

Ss pada $t_2 = 5 \text{ tahun}$:

$$\begin{aligned} S_s &= C\alpha' H \log (t_2/t_1) \\ &= 0,0086 \times 1 \times \log (5/0,5) \\ &= 0,0086 \text{ m (terjadi pada lapisan 1 teratas dengan } q_{\text{akhir}} = 10 \text{ t/m}^2) \end{aligned}$$

Perhitungan diatas merupakan nilai pemampatan konsolidasi primer dan sekunder setelah 5 tahun pada lapisan tanah teratas dengan lebar timbunan 40 m dan beban akhir timbunan $q_{\text{akhir}} = 10 \text{ t/m}^2$. Dengan cara yang sama, dilakukan perhitungan pemampatan tanah hingga seluruh lapisan *compressible* tanah (15 m) sehingga didapatkan total pemampatan konsolidasi primer $S_c = 3,0513 \text{ m}$ dan total pemampatan sekunder $S_s = 0,2743$. Kemudian perhitungan konsolidasi primer dan pemampatan sekunder dilanjutkan pada variasi beban timbunan akhir lainnya yaitu $q_{\text{akhir}} = 5 \text{ t/m}^2$, 10 t/m^2 , 15 t/m^2 , 20 t/m^2 , dan 25 t/m^2 untuk semua tipe lebar timbunan dan waktu tinjau terjadinya pemampatan sekunder. Perhitungan lengkap pemampatan konsolidasi primer dan sekunder dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Untuk rekapitulasi nilai pemampatan tanah dengan variasi beban timbunan dapat dilihat pada **Tabel 4.15**.

Setelah mendapatkan nilai pemampatan konsolidasi primer dan sekunder pada semua variasi beban dan lebar timbunan serta waktu tinjau terjadinya pemampatan sekunder, kemudian dilakukan perhitungan mencari nilai $H_{initial}$ dan H_{final} akibat konsolidasi primer. Berikut ini merupakan contoh perhitungan mencari $H_{initial}$ dan H_{final} dengan beban timbunan $q_{akhir} = 10 \text{ t/m}^2$.

Data Perencanaan :

$$\begin{aligned} S_c \text{ dengan } q_{akhir} \text{ timbunan } 10 \text{ t/m}^2 &= 3,0513 \text{ m} \\ \gamma_{sat} \text{ timbunan} &= 1,9 \text{ t/m}^3 \\ \gamma_t \text{ timbunan} &= 1,9 \text{ t/m}^3 \\ \gamma_w &= 1 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan :

Tinggi awal timbunan, $H_{initial}$

$$\begin{aligned} H_{initial} &= \frac{q + S_c(\gamma_{timb} - (\gamma_{sat \text{ timb}} - \gamma_w))}{\gamma_{timb}} \\ H_{initial} &= \frac{10 + 3,0513(1,9 - (1,9 - 1,0))}{1,9} \end{aligned}$$

$$H_{initial} = 6,8691 \text{ m}$$

Tinggi akhir timbunan setelah terjadi pemampatan, H_{final}

$$\begin{aligned} H_{final} &= H_{initial} - S_c \\ &= 6,8691 - 3,0513 \text{ m} \\ &= 3,8178 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti diatas, kemudian dilakukan perhitungan kembali dengan $q_{akhir} = 5 \text{ t/m}^2, 10 \text{ t/m}^2, 15 \text{ t/m}^2, 20 \text{ t/m}^2, \text{ dan } 25 \text{ t/m}^2$, pada semua tipe lebar timbunan. Hasil perhitungan $H_{initial}$ dan H_{final} dapat dilihat pada **Tabel 4.15** berikut.

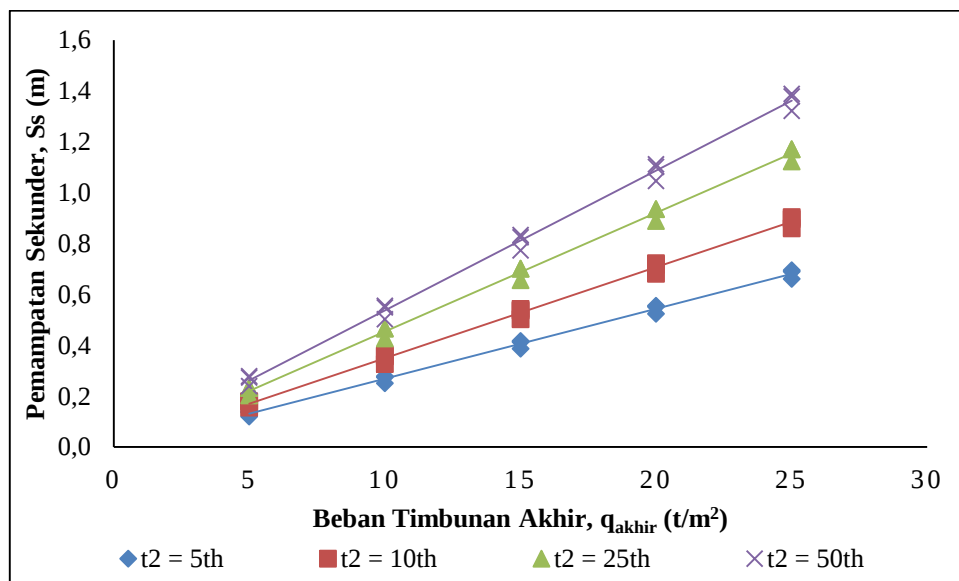
Tabel 4.15 Rekapitulasi Nilai S_c , S_s , $H_{initial}$, dan H_{final}

B (m)	q_{akhir} (t/m ²)	S_c (m)	$H_{initial}$ (m)	H_{final} (m)	S_s (m)							
					$t_2 = 5$ th	S_s/S_c	$t_2 = 10$ th	S_s/S_c	$t_2 = 25$ th	S_s/S_c	$t_2 = 50$ th	S_s/S_c
11	5	1,9282	3,6464	1,7182	0,119	6,20%	0,155	8,06%	0,203	10,53%	0,239	12,39%
	10	2,8943	6,7865	3,8922	0,251	8,67%	0,326	11,28%	0,426	14,73%	0,502	17,33%
	15	3,5672	9,7722	6,2050	0,386	10,83%	0,502	14,09%	0,656	18,39%	0,772	21,65%
	20	4,0814	12,6744	8,5930	0,523	12,82%	0,681	16,68%	0,889	21,78%	1,046	25,64%
	25	4,4963	15,5244	11,0281	0,661	14,70%	0,860	19,12%	1,123	24,97%	1,322	29,40%
40	5	2,0953	3,7344	1,6391	0,137	6,52%	0,178	8,49%	0,232	11,08%	0,273	13,05%
	10	3,0513	6,8691	3,8178	0,274	8,99%	0,357	11,70%	0,466	15,27%	0,549	17,98%
	15	3,7002	9,8422	6,1420	0,412	11,14%	0,537	14,50%	0,701	18,93%	0,825	22,29%
	20	4,1938	12,7336	8,5398	0,551	13,13%	0,716	17,08%	0,936	22,31%	1,101	26,26%
	25	4,5926	15,5750	10,9825	0,689	15,01%	0,897	19,52%	1,171	25,50%	1,378	30,01%
1000	5	2,1172	3,7459	1,6287	0,139	6,56%	0,181	8,53%	0,232	10,97%	0,278	13,12%
	10	3,0751	6,8816	3,8065	0,278	9,03%	0,361	11,75%	0,466	15,15%	0,555	18,06%
	15	3,7226	9,8540	6,1314	0,417	11,19%	0,542	14,56%	0,701	18,82%	0,833	22,38%
	20	4,2142	12,7443	8,5301	0,555	13,18%	0,723	17,15%	0,936	22,20%	1,111	26,36%
	25	4,6110	15,5847	10,9737	0,694	15,06%	0,903	19,59%	1,171	25,39%	1,388	30,11%

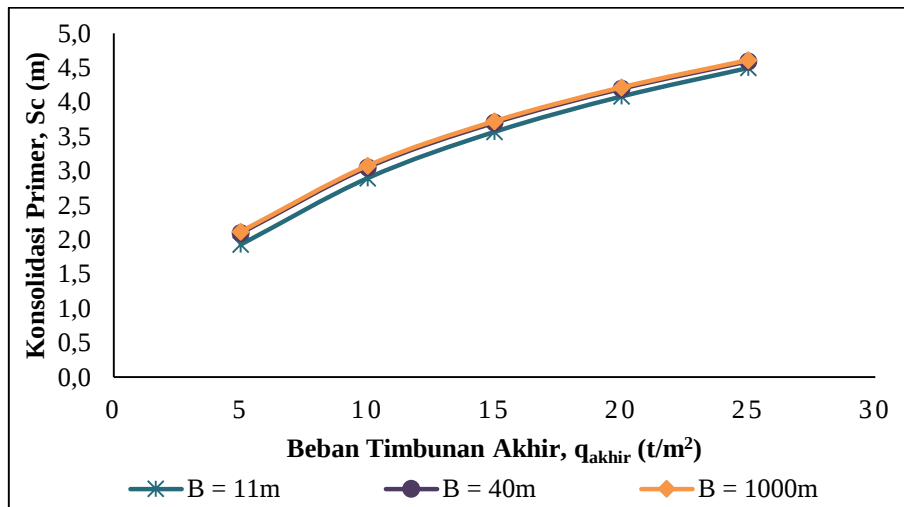
Dari **Tabel 4.15**, diketahui besarnya prosentase pemampatan sekunder terhadap konsolidasi primer. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa besarnya prosentase pemampatan sekunder terhadap konsolidasi primer memiliki rentang 6% - 30% untuk semua tipe lebar timbunan dan waktu terjadinya pemampatan sekunder. Untuk lebar timbunan 11 m dan 40 m yang merepresentasikan jalan biasa dan jalan tol, besarnya pemampatan sekunder yang penting untuk ditinjau dan diperbaiki adalah pada waktu tinjau pemampatan sekunder $t_2 = 5$ tahun dan 10 tahun dengan prosentase $S_s/S_c = 6\%$ -20%. Karena pada waktu tersebut, biasanya dilakukan perbaikan jalan secara berkala akibat adanya penurunan tanah. Sedangkan untuk lebar timbunan 1000 m yang merepresentasikan area luas untuk bangunan, besarnya pemampatan sekunder yang penting untuk ditinjau dan diperbaiki adalah cukup pada $t_2 = 25$ tahun saja yaitu dengan prosentase $S_s/S_c = 10\%$ -25%. Karena untuk $t_2 = 50$ tahun tidak diketahui apakah mempengaruhi fungsi dari bangunan itu sendiri atau tidak.

Dari **Tabel 4.15**, didapatkan grafik hubungan beban timbunan akhir (q_{akhir}) dengan *settlement* yang disajikan pada **Gambar 4.20 – 4.21**. **Gambar 4.20** menunjukkan pengaruh beban timbunan akhir terhadap pemampatan sekunder. Hasil menunjukkan bahwa semakin besar beban timbunan yang diterapkan pada

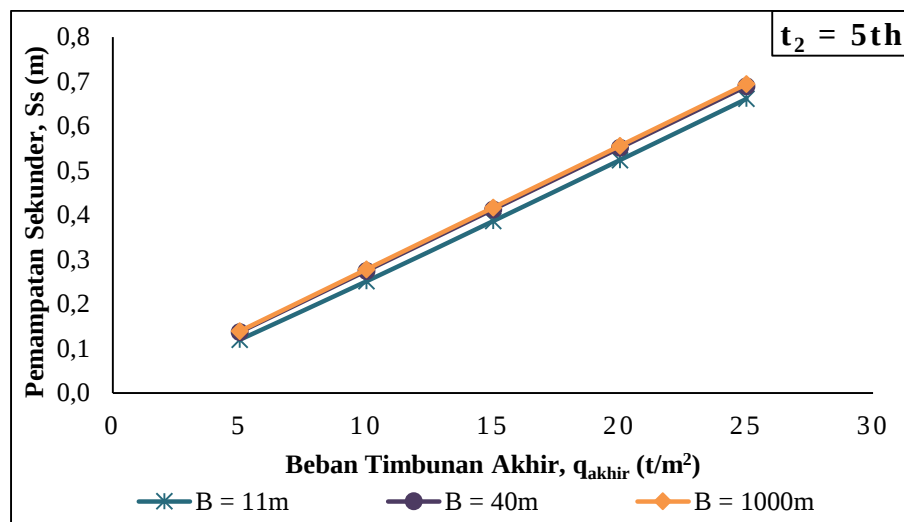
tanah maka pemampatan sekunder yang terjadi juga semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin besar nilai beban eksternal terhadap tanah dasar maka semakin besar juga nilai indeks pemampatan sekundernya ($C\alpha'$) seperti yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya. **Gambar 4.21** menunjukkan pengaruh lebar timbunan terhadap besarnya pemampatan tanah. Dari semua tipe pemampatan tanah yaitu konsolidasi primer dan pemampatan sekunder pada $t_2 = 5, 10, 25$, dan 50 tahun, hasil menunjukkan bahwa kurva pemampatan tanah timbunan dengan lebar 40 m dan 1000 m saling berhimpit dan tidak jauh berbeda dengan timbunan dengan lebar 11 m. Semakin lebar suatu timbunan maka semakin besar pemampatan tanah yang terjadi karena adanya faktor pengaruh beban luar di titik tinjau tertentu pada tanah dasar (I). Nilai maksimum faktor pengaruh (I) adalah 1, sehingga hingga lebar timbunan tertentu, faktor pengaruh (I) tidak berpengaruh terhadap besarnya pemampatan tanah.



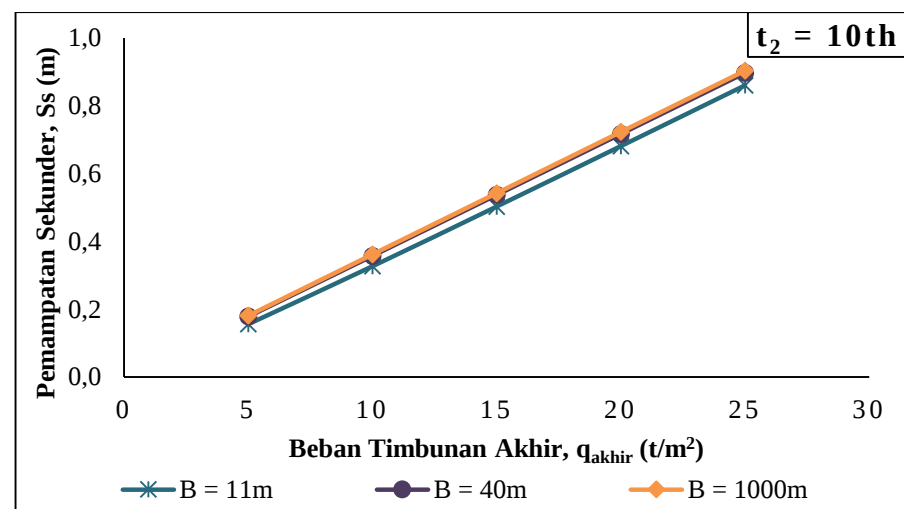
Gambar 4.20 Pengaruh Beban Timbunan Akhir Terhadap Pemampatan Sekunder



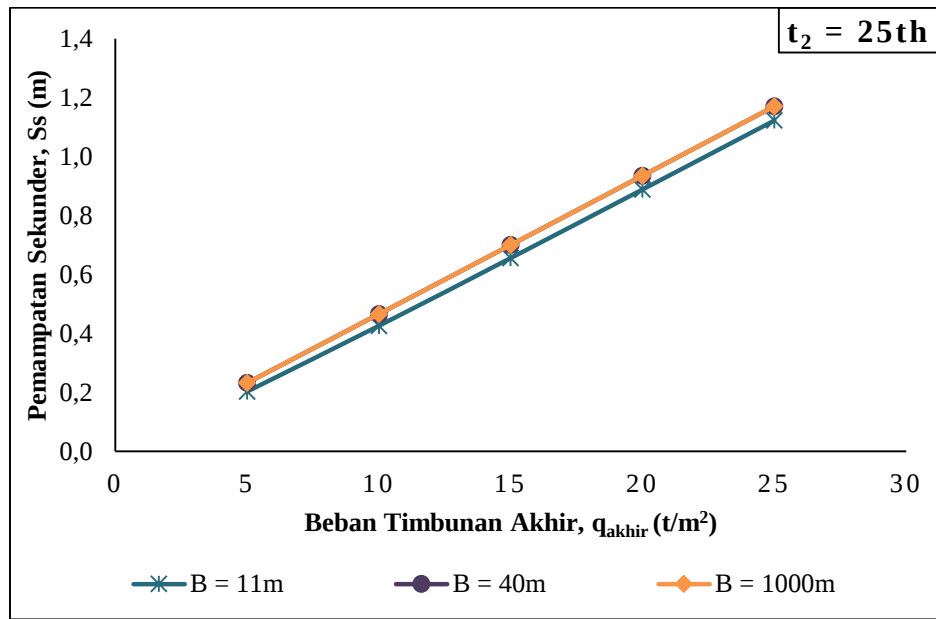
(a)



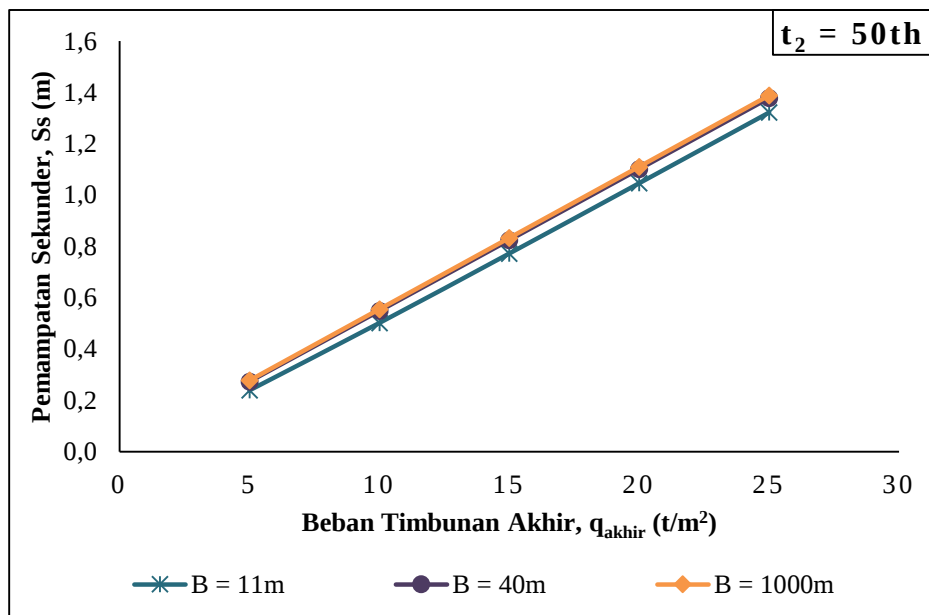
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 4.21 Pengaruh Lebar Timbunan Terhadap Pemampatan Tanah : (a) Konsolidasi Primer; (b) Pemampatan Sekunder ($t_2 = 5$ tahun); (c) Pemampatan Sekunder ($t_2 = 10$ tahun); (d) Pemampatan Sekunder ($t_2 = 25$ tahun); (e) Pemampatan Sekunder ($t_2 = 50$ tahun)

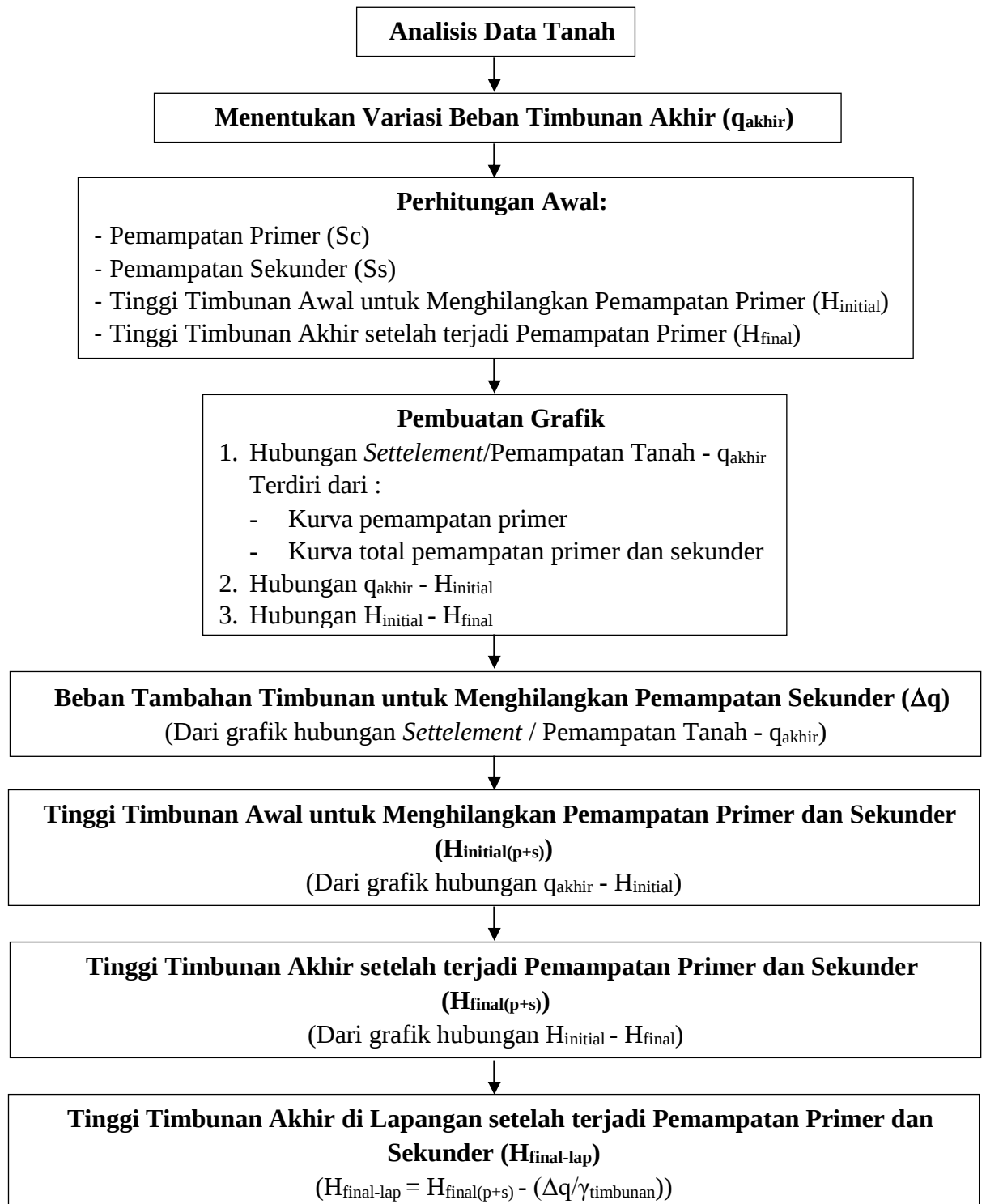
4.3.3 Desain *Preloading* untuk Menghilangkan Pemampatan Tanah

Pada studi ini, pemampatan sekunder dihilangkan dengan *preloading* pada saat menghilangkan pemampatan konsolidasi primer. Pemampatan sekunder dapat dihilangkan dengan memberi beban tambahan (Δq) yang menyebabkan penambahan pemampatan pada konsolidasi primer yang besarnya sama dengan prediksi pemampatan sekunder. Kemudian Δq ini dibongkar pada akhir konsolidasi primer. Sehingga setelah perbaikan tanah dengan *preloading* selesai, tidak ada lagi pemampatan yang terjadi akibat konsolidasi primer dan pemampatan sekunder. Bagan alir tahapan untuk menghilangkan pemampatan primer sekaligus pemampatan sekunder dengan *preloading* dapat dilihat pada **Gambar 4.22**.

Beban tambahan (Δq) pada saat *preloading* akan membuat tanah menjadi semakin memampat yang menyebabkan nilai kuat geser *undrained* (C_u) menjadi semakin meningkat; meningkatnya nilai C_u menyebabkan semakin kecilnya indeks pemampatan sekunder ($C_{\alpha'}$). Sebagai akibatnya, pemberian beban tambahan (Δq) pada saat *preloading* dapat menghilangkan pemampatan sekunder pada jangka waktu tertentu. Chu et al (2014) juga mengungkapkan bahwa jika beban sementara melebihi beban akhir konstruksi maka kelebihan beban tersebut merupakan beban tambahan (*surcharge*). Dengan menggunakan beban tambahan sementara (*surcharge*) melebihi beban kerja, tanah akan berada pada kondisi *overconsolidated* dimana pemampatan sekunder untuk tanah *overconsolidated* akan jauh lebih kecil daripada tanah kondisi *normally consolidated*.

Tahapan untuk menghilangkan pemampatan primer dan sekunder dengan metode *preloading* pada **Gambar 4.22**, diuraikan sebagai berikut :

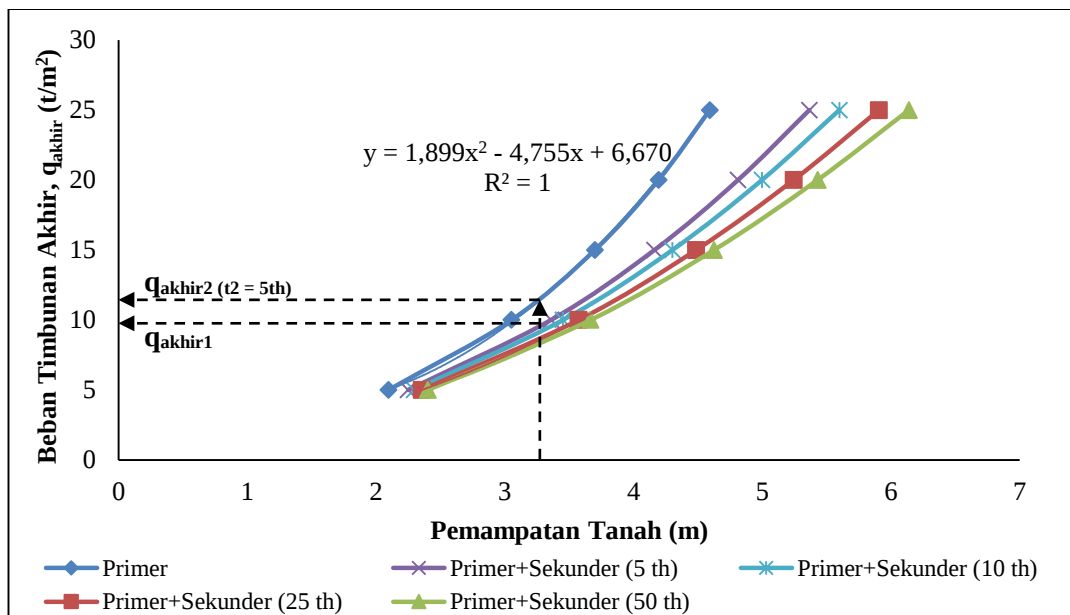
1. Menghitung pemampatan konsolidasi primer (S_c) dan pemampatan sekunder (S_s) pada lapisan tanah *compressible* sesuai dengan variasi nilai beban timbunan akhir (q_{akhir}) yang dipilih (seperti **Tabel 4.15**).
2. Menghitung tinggi timbunan awal ($H_{initial}$) dan tinggi timbunan akhir (H_{final}) akibat pemampatan konsolidasi primer (seperti **Tabel 4.15**). $H_{initial}$ merupakan tinggi timbunan awal sebelum terjadi pemampatan primer. Sedangkan H_{final} merupakan tinggi timbunan akhir setelah terjadi pemampatan primer ($H_{final} = H_{initial} - S_c$).



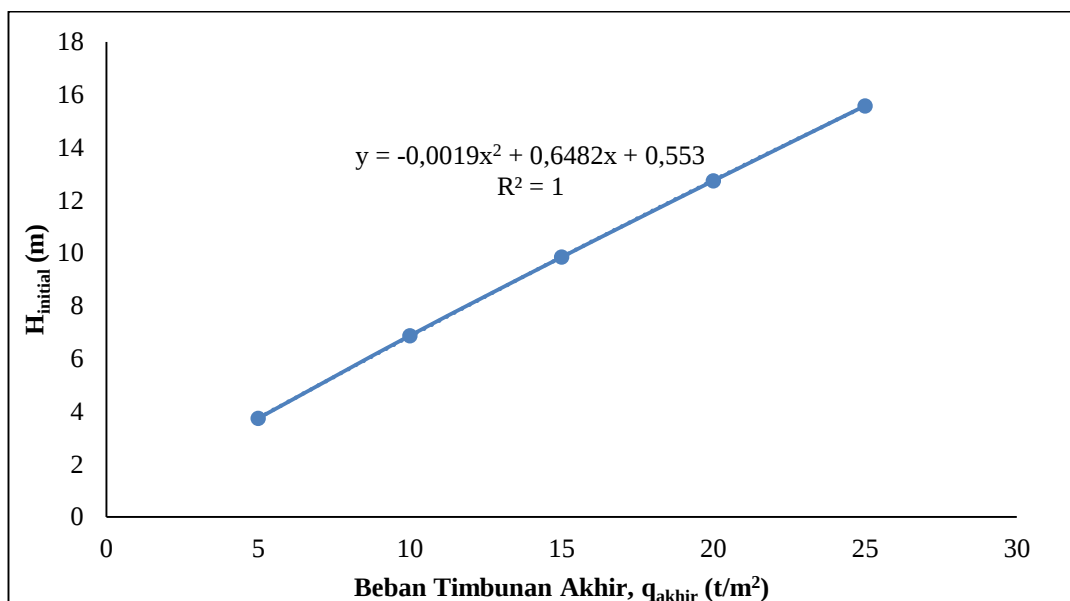
Gambar 4.22 Bagan Alir Tahapan untuk Menghilangkan Pemampatan Konsolidasi Primer dan Sekunder Secara Bersamaan dengan *Preloading*

3. Membuat grafik hubungan pemampatan tanah dengan beban timbunan akhir (q_{akhir}). Grafik terdiri dari dua kurva yaitu kurva pemampatan primer dan kurva total pemampatan primer dan sekunder (lihat **Gambar 4.23**).
4. Membuat grafik hubungan beban timbunan akhir (q_{akhir}) dengan tinggi timbunan awal ($H_{initial}$) akibat pemampatan primer (lihat **Gambar 4.24**).
5. Membuat grafik hubungan $H_{initial}$ dengan H_{final} timbunan akibat pemampatan primer (lihat **Gambar 4.25**).
6. Menghitung nilai beban tambahan timbunan (Δq) untuk menghilangkan pemampatan sekunder pada grafik hubungan pemampatan tanah dengan beban timbunan akhir (q_{akhir}) yang disajikan pada **Gambar 4.23**. Beban tambahan timbunan tersebut didapatkan melalui perpotongan antara pemampatan total primer dan sekunder (S_{total}) dengan beban akhir timbunan (q_{akhir1}) yang kemudian ditarik garis lurus ke atas hingga memotong kurva pemampatan primer (S_c). Kemudian dari perpotongan kurva pemampatan primer tersebut, ditarik garis lurus ke kiri untuk mengetahui beban akhir timbunan baru (q_{akhir2}). Sebagai akibatnya, beban tambahan timbunan (Δq) yang dibutuhkan untuk menghilangkan pemampatan sekunder adalah $\Delta q = q_{akhir2} - q_{akhir1}$. **Nilai Δq tersebut nantinya akan dibongkar setelah perbaikan tanah selesai.**
7. Menghitung nilai tinggi timbunan awal yang dapat menghilangkan pemampatan konsolidasi primer dan pemampatan sekunder atau $H_{initial(p+s)}$. Perhitungan dilakukan dengan cara memasukkan nilai beban akhir timbunan baru (q_{akhir2}) kedalam persamaan pada grafik hubungan q_{akhir} dengan $H_{initial}$ timbunan akibat pemampatan primer (**Gambar 4.24**) untuk mencari $H_{initial(p+s)}$.
8. Menghitung nilai tinggi timbunan akhir setelah tanah mengalami pemampatan konsolidasi primer dan pemampatan sekunder atau $H_{final(p+s)}$. Perhitungan dilakukan dengan cara memasukkan nilai $H_{initial(p+s)}$ kedalam persamaan pada grafik hubungan $H_{initial}$ dengan H_{final} timbunan akibat pemampatan primer (**Gambar 4.25**). Nilai $H_{final(p+s)}$ tersebut masih harus dilakukan pembongkaran terhadap beban tambahan (Δq) yang dipakai untuk menghilangkan pemampatan sekunder. Oleh karena itu tinggi akhir timbunan dilapangan setelah terjadi pemampatan primer dan sekunder, $H_{final-lap} = H_{final(p+s)} - (\Delta q / \gamma_{timbunan})$.

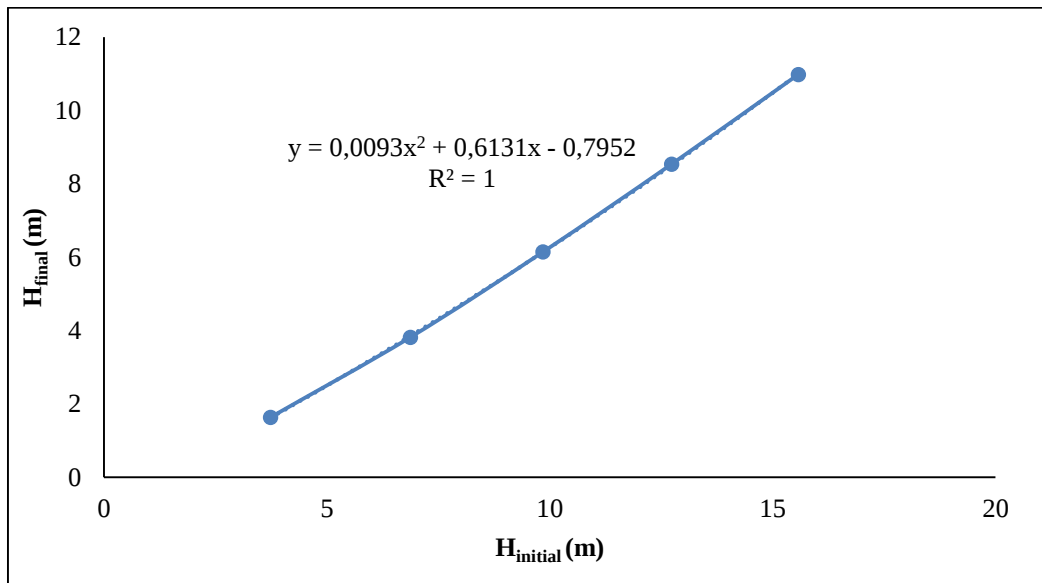
Pada studi ini diberikan contoh perhitungan dan pembuatan grafik yang digunakan untuk membantu menghilangkan pemampatan primer sekaligus pemampatan sekunder yang terjadi pada waktu tertentu. Contoh perhitungan dan grafik lengkap untuk semua tipe lebar timbunan dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Untuk persamaan pada **setiap grafik Gambar 4.23 – 4.25 selalu berubah sesuai dengan parameter data tanah dan beban luar disetiap lokasi yang berbeda**.



Gambar 4.23 Hubungan Pemampatan Tanah dengan q_{akhir} ($B = 40$ m)



Gambar 4.24 Hubungan q_{akhir} dengan $H_{initial}$ ($B = 40$ m)



Gambar 4.25 Hubungan $H_{initial}$ dengan H_{final} ($B = 40 \text{ m}$)

Contoh perhitungan mencari tinggi timbunan akhir di lapangan setelah terjadi pemampatan konsolidasi primer dan pemampatan sekunder ($H_{final-lap}$) dimana $q_{akhir} = 10 \text{ t/m}^2$, lebar timbunan 40 m, dan waktu tinjau terjadinya pemampatan sekunder $t_2 = 5$ tahun adalah sebagai berikut :

- Total pemampatan primer dan sekunder, S_{total}

Dari perhitungan **Tabel 4.15** dengan $q_{final} = 10 \text{ t/m}^2$ dan $t_2 = 5$ tahun, didapatkan $S_c = 3,0513 \text{ m}$ dan $S_s = 0,2743 \text{ m}$, sehingga :

$$\begin{aligned} S_{total} &= S_c + S_s \\ &= 3,0513 + 0,2743 \\ &= 3,3256 \text{ m} \end{aligned}$$

- Beban timbunan baru, q_{akhir2}

Dari persamaan **Gambar 4.23** pada kurva pemampatan primer, dengan $S_{total} = 3,3256 \text{ m}$ untuk $t_2 = 5$ tahun didapatkan :

$$\begin{aligned} y &= 1,8995x^2 - 4,7551x + 6,6697 \\ &= 1,8995(3,3256)^2 - 4,7551(3,3256) + 6,6697 \end{aligned}$$

$$q_{final\ 2} = 11,864 \text{ t/m}^2$$

- Penambahan beban timbunan untuk menghilangkan pemampatan sekunder, Δq

$$q_{final\ 1} = 10 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta q = q_{final\ 2} - q_{final\ 1}$$

$$\Delta q = 11,864 - 10 \text{ t/m}^2 = 1,864 \text{ t/m}^2$$

- Tinggi awal timbunan sebelum terjadi pemampatan primer dan sekunder,

$$H_{\text{initial}(p+s)}$$

Dari persamaan **Gambar 4.24**, dengan $q_{\text{final } 2} = 11,864 \text{ t/m}^2$ didapatkan :

$$y = -0,0019x^2 + 0,6482x + 0,553$$

$$= -0,0019(11,864)^2 + 0,6482(11,864) + 0,553$$

$$H_{\text{initial}(p+s)} = 7,98 \text{ m}$$

- Tinggi akhir timbunan setelah terjadi pemampatan primer dan sekunder,

$$H_{\text{final}(p+s)}$$

Dari persamaan **Gambar 4.25**, dengan $H_{\text{initial}(p+s)} = 7,98 \text{ m}$ didapatkan :

$$y = 0,0093x^2 + 0,6131x - 0,7952$$

$$= 0,0093(7,98)^2 + 0,6131(7,98) - 0,7952$$

$$H_{\text{final}(p+s)} = 4,69 \text{ m}$$

- Tinggi akhir timbunan di lapangan setelah Δq dibongkar, $H_{\text{final-lap}}$

$$\gamma_{\text{timbunan}} = 1,9 \text{ t/m}^3$$

$$H_{\text{final}(p+s)} = 4,69 \text{ m}$$

$$\Delta q = 1,864 \text{ t/m}^2$$

$$H_{\text{final-lap}} = H_{\text{final}(p+s)} - \Delta q / \gamma_{\text{timbunan}}$$

$$H_{\text{final-lap}} = 4,69 - 1,864 / 1,9 = 3,71 \text{ m}$$

Dengan cara yang sama seperti diatas, perhitungan dilanjutkan pada semua variasi beban timbunan q_{akhir} dan waktu tinjau terjadinya pemampatan sekunder (t_2). Perhitungan lengkap $H_{\text{initial}(p+s)}$ dan $H_{\text{final-lap}}$ untuk lebar timbunan 40 m dapat dilihat pada **Tabel 4.16**. Perhitungan lengkap $H_{\text{final-lap}}$ untuk semua tipe lebar timbunan disajikan pada **Lampiran 3**.

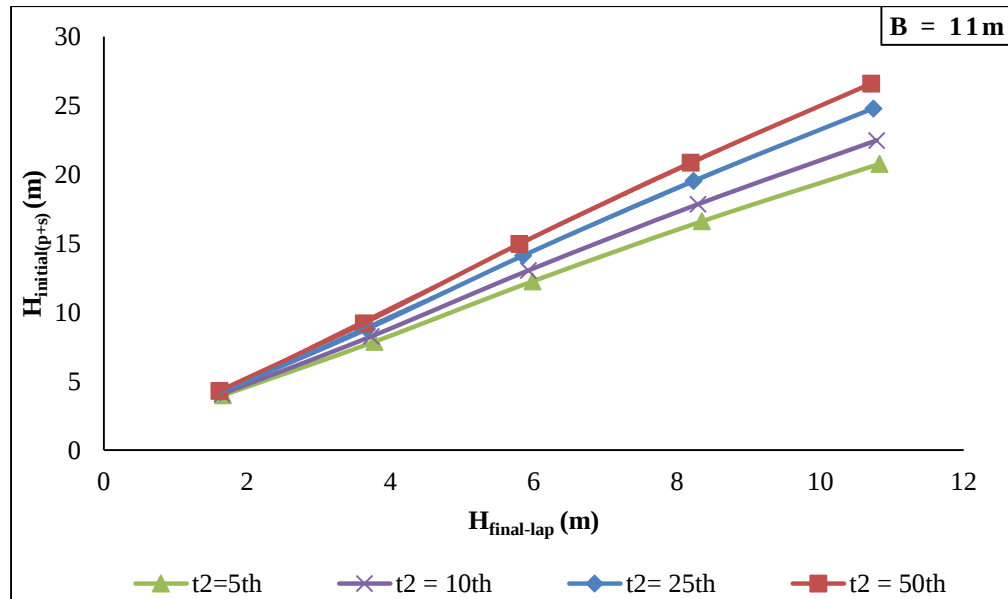
Tabel 4.16 Rekapitulasi Nilai $H_{\text{initial}(p+s)}$ dan $H_{\text{final-lap}}$ dengan $B = 40 \text{ m}$

Waktu Sekunder	q_{akhir} (t/m^2)	S_{total} (m)	$q_{\text{akhir baru}}$ (t/m^2)	Δq (t/m^2)	$H_{\text{bongkar } \Delta q}$ (m)	$H_{\text{initial}(p+s)}$ (m)	$H_{\text{final}(p+s)}$ (m)	$H_{\text{final-lap}}$ (m)
5 tahun	5	2,232	5,519	0,519	0,27	4,07	1,86	1,58
	10	3,325	11,864	1,864	0,98	7,98	4,69	3,71
	15	4,113	19,240	4,240	2,23	12,32	8,17	5,94
	20	4,744	26,867	6,867	3,61	16,60	11,94	8,33
	25	5,282	34,545	9,545	5,02	20,68	15,86	10,83
10 tahun	5	2,273	5,676	0,676	0,36	4,17	1,92	1,57
	10	3,408	12,527	2,527	1,33	8,37	4,99	3,66
	15	4,237	20,619	5,619	2,96	13,11	8,84	5,88
	20	4,910	29,119	9,119	4,80	17,82	13,08	8,28
	25	5,489	37,803	12,803	6,74	22,34	17,54	10,81
25 tahun	5	2,328	5,892	0,892	0,47	4,31	2,02	1,55
	10	3,517	13,444	3,444	1,81	8,92	5,42	3,60
	15	4,401	22,531	7,531	3,96	14,19	9,78	5,82
	20	5,129	32,256	12,256	6,45	19,48	14,68	8,23
	25	5,763	42,361	17,361	9,14	24,60	19,92	10,78
50 tahun	5	2,369	6,064	1,064	0,56	4,41	2,09	1,53
	10	3,600	14,168	4,168	2,19	9,36	5,75	3,56
	15	4,525	24,045	9,045	4,76	15,04	10,53	5,77
	20	5,295	34,751	14,751	7,76	20,78	15,96	8,20
	25	5,971	45,999	20,999	11,05	26,35	21,82	10,76

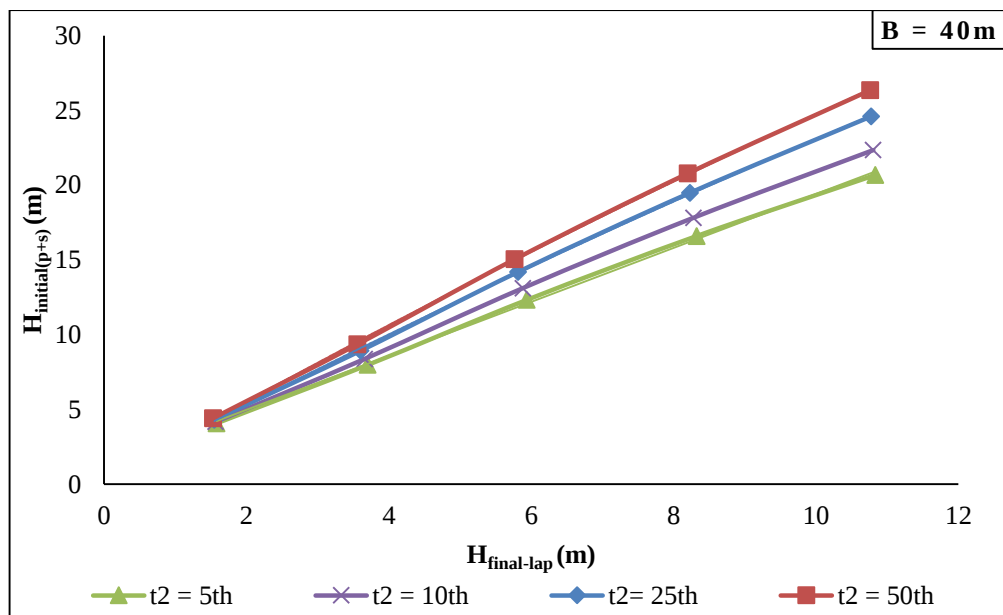
Dari hasil perhitungan $H_{\text{initial}(p+s)}$ dan $H_{\text{final-lap}}$ pada semua variasi beban dan lebar timbunan dengan variasi waktu tinjau terjadinya pemampatan sekunder yang disajikan pada **Tabel 4.16** dan **Lampiran 3**, didapatkan grafik hubungan $H_{\text{final-lap}}$ dengan $H_{\text{initial}(p+s)}$ yang disajikan pada **Gambar 4.26**. Hasil menunjukkan bahwa pada semua tipe lebar timbunan, untuk nilai tinggi timbunan akhir lapangan ($H_{\text{final-lap}}$) yang sama, semakin besar waktu tinjau terjadinya pemampatan sekunder (t_2) maka semakin besar nilai tinggi timbunan awal untuk menghilangkan pemampatan tanahnya ($H_{\text{initial}(p+s)}$). Dengan semakin besarnya nilai t_2 maka pemampatan sekunder yang terjadi juga semakin besar, sehingga $H_{\text{initial}(p+s)}$ yang diperlukan untuk perbaikan tanah juga semakin besar.

Grafik hubungan $H_{\text{final-lap}}$ dengan $H_{\text{initial}(p+s)}$ pada **Gambar 4.26** inilah yang nantinya digunakan sebagai pedoman untuk menentukan tinggi timbunan awal *preloading* untuk menghilangkan pemampatan primer dan sekunder. Dengan mengeplotkan nilai $H_{\text{final-lap}}$ pada **Gambar 4.26**, maka akan didapatkan $H_{\text{initial}(p+s)}$

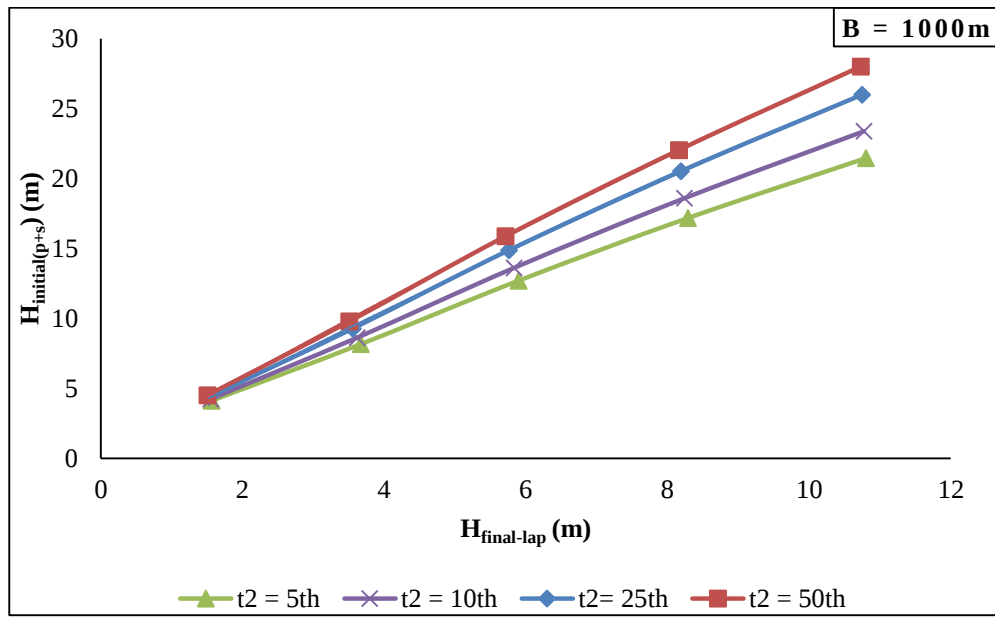
nya. $H_{\text{final-lap}}$ disini merupakan tinggi timbunan yang didesain pada elevasi rencana di lapangan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.26. Hubungan $H_{\text{final-lap}}$ dengan $H_{\text{initial}(p+s)}$: (a) $B = 11 \text{ m}$; (b) $B = 40 \text{ m}$; (c) $B = 1000 \text{ m}$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Terdapat hubungan antara variasi angka pori (e) dengan besarnya indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$). Semakin besar nilai angka pori awal (e_0) dan angka pori akhir konsolidasi primer (e_p) maka semakin besar juga nilai $C\alpha'$ untuk tegangan konsolidasi efektif (P') tetap/konstan. Dimana nilai e_0 berbanding lurus dengan e_p . Semakin kecil nilai e_0 maka tanah semakin padat, sehingga semakin kecil tanah tersebut mengalami konsolidasi apabila terkena beban luar, oleh sebab itu besarnya pemampatan sekunder semakin kecil.
2. Terdapat hubungan antara variasi tegangan konsolidasi efektif (P') dengan besarnya indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$). Semakin besar nilai P' maka semakin besar juga nilai $C\alpha'$ untuk konsistensi tanah sama. Semakin besar tegangan dari beban luar yang diberikan pada tanah dasar, maka tanah semakin terkonsolidasi sehingga pemampatan sekunder semakin besar. Namun pada suatu beban tertentu, indeks pemampatan sekunder pada tanah akan konstan, karena tanah sudah memampat dengan angka pori konstan.
3. Terdapat korelasi empiris antara indeks pemampatan sekunder ($C\alpha'$) dengan angka pori awal (e_0), angka pori akhir konsolidasi primer (e_p), dan tegangan konsolidasi efektif (P'). Korelasi yang didapatkan dari studi ini adalah sebagai berikut :

$$C\alpha' = (0,0072 e_0 - 0.0067) P'$$

dan

$$C\alpha' = (0,0077 e_p - 0.0060) P'$$

Dimana :

$C\alpha'$ = indeks pemampatan sekunder

e_0 = angka pori awal, $1 \leq e_0 \leq 2,2$

e_p = angka pori akhir konsolidasi primer

P' = tegangan konsolidasi efektif yang merupakan besarnya nilai penambahan tegangan akibat beban eksternal (ΔP), $P' = \Delta P$.

4. Prosentase besarnya pemampatan sekunder terhadap konsolidasi primer memiliki rentang 6% - 30% untuk semua tipe lebar timbunan dan waktu terjadinya konsolidasi sekunder. Untuk lebar timbunan 11 m dan 40 m yang merepresentasikan jalan biasa dan jalan tol, besarnya pemampatan sekunder yang penting untuk ditinjau dan diperbaiki adalah pada waktu tinjau pemampatan sekunder $t_2 = 5$ tahun dan 10 tahun. Sedangkan untuk lebar timbunan 1000 m yang merepresentasikan area luas untuk bangunan, besarnya pemampatan sekunder yang penting untuk ditinjau dan diperbaiki adalah pada $t_2 = 25$ tahun.
5. Pemampatan sekunder dihilangkan dengan memberi beban tambahan (Δq) yang menyebabkan penambahan pemampatan pada konsolidasi primer yang besarnya sama dengan prediksi pemampatan sekunder. Kemudian Δq ini dibongkar pada akhir konsolidasi primer. Beban tambahan (Δq) pada saat *preloading* akan membuat tanah menjadi semakin memampat yang menyebabkan nilai kuat geser *undrained* (C_u) menjadi semakin meningkat, dengan meningkatnya nilai C_u menyebabkan semakin kecilnya indeks pemampatan sekunder ($C_{\alpha'}$). Sehingga pemberian beban tambahan (Δq) pada saat *preloading* dapat menghilangkan pemampatan sekunder pada jangka waktu tertentu.

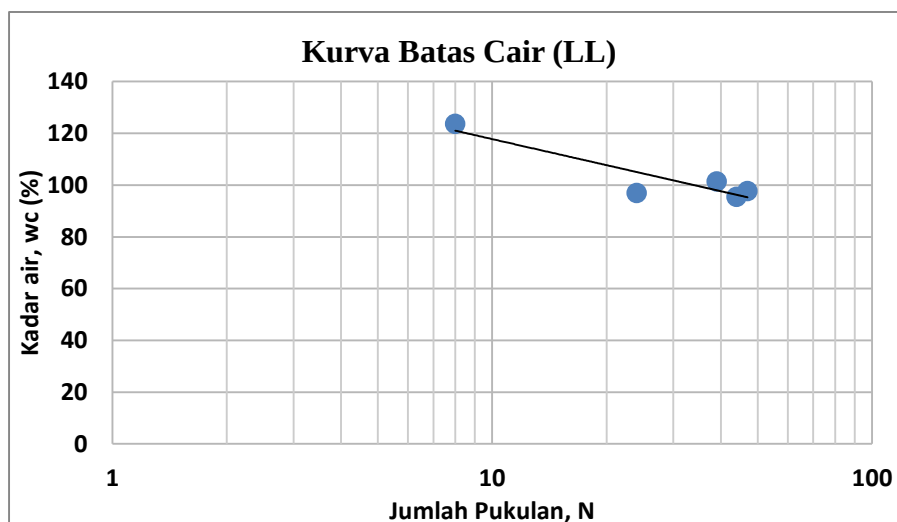
5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah :

1. Metode menghilangkan pemampatan primer dan sekunder pada studi ini, sangat disarankan untuk diterapkan dalam perencanaan geoteknik pada pembangunan suatu bangunan yang sensitif terhadap penurunan tanah.

A. SPESIFIC GRAVITY							
No.	Uraian		Unit	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata2
1	No. picnometer			30	23	11	
2	Berat picnometer kosong W_p		gr	78,412	87,7	82,545	
3	Berat picno + tanah kering W_1		gr	119,511	125,174	115,358	
4	Berat tanah kering W_4	(17)-(16)	gr	41,099	37,474	32,813	
5	Berat picno + air + tanah (setelah divacum) W_2		gr	352,423	359,263	351,225	
6	Temperatur		°C	25	25	25	
7	Koreksi temperatur			0,9991	0,9991	0,9991	
8	Berat picno. + air suling W_3		gr	326,718	336,247	331,067	
9	Berat picno. + air + tanah kering	(18)+(22)	gr	367,817	373,721	363,88	
10	Spesific gravity G_s	(18)/((23)-(19))		2,670	2,592	2,593	
11	Spesific gravity terkoreksi G_s	(24)*(20)		2,667	2,590	2,591	2,616

B. BATAS CAIR (LL) DAN BATAS PLASTIS (PL)								
No.	Uraian	Unit	LL					PL
			Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Rata2	
1	No. cawan		44	74	98	177	193	146
2	Berat cawan	gr	38,579	42,691	39,687	38,903	42,452	86,503
3	Berat cawan + tanah basah	gr	54,72	54,937	57,362	70,367	59,579	90,24
4	Berat cawan + tanah kering	gr	46,833	48,882	48,459	54,872	50,108	89,123
5	Berat air	gr	7,887	6,055	8,903	15,495	9,471	1,117
6	Berat tanah kering	gr	8,254	6,191	8,772	15,969	7,656	2,62
7	Kadar air (wc)	%	95,554	97,803	101,493	97,032	123,707	42,634
8	Jumlah pukulan		44	47	39	24	8	



Batas Cair, LL = 107,51 %

Batas Plastis, PL = 42,634 %

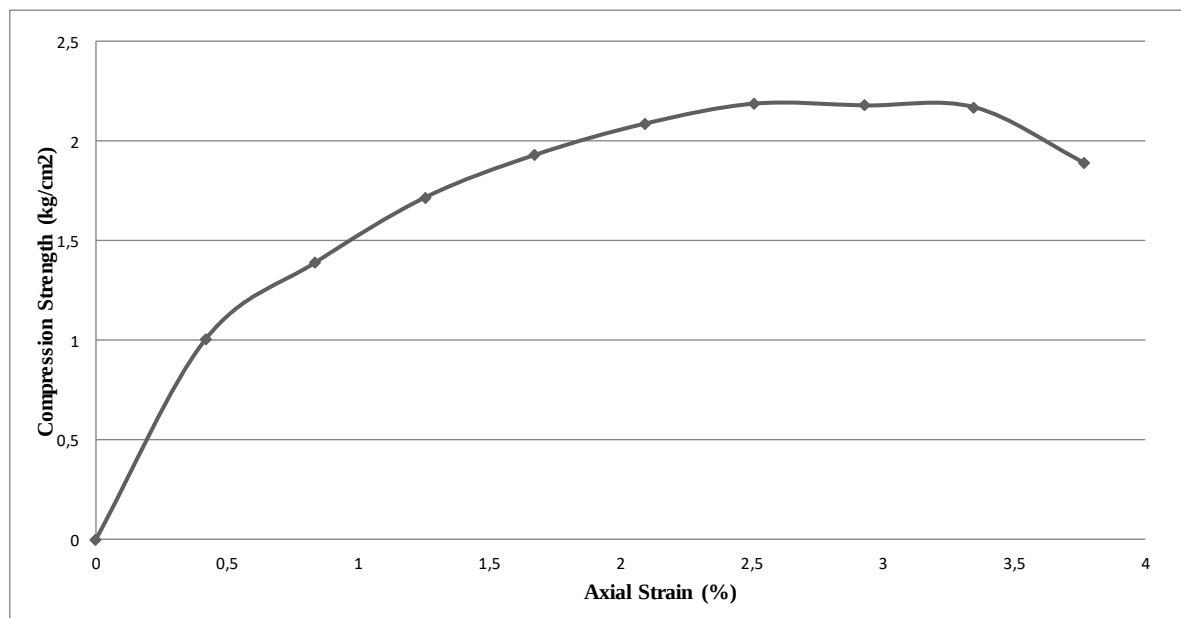
C.	KADAR AIR AWAL (w_{c0})					
VERY SOFT CLAY						
No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-Rata
1	No. cawan		179	27	220	
2	Berat cawan kosong	gr	38,65	42,8	42,81	
3	Berat cawan + tanah basah	gr	68,556	55,32	72,936	
4	Berat cawan + tanah kering	gr	53,43	49	57,69	
5	Berat air (W_w)	gr	15,126	6,32	15,246	
6	Berat tanah kering (W_s)	gr	14,78	6,2	14,88	
7	Kadar air awal (w_{c0})	%	102,34	101,94	102,46	102,25
SOFT CLAY						
No.	Uraian	Unit	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata-Rata
1	No. cawan		64	142	26	
2	Berat cawan kosong	gr	40,04	39,16	39,88	
3	Berat cawan + tanah basah	gr	106,58	126,22	98,6	
4	Berat cawan + tanah kering	gr	74,6	84,52	70,32	
5	Berat air (W_w)	gr	31,98	41,7	28,28	
6	Berat tanah kering (W_s)	gr	34,56	45,36	30,44	
7	Kadar air awal (w_{c0})	%	92,53	91,93	92,90	92,46
MEDIUM CLAY						
1	Kadar air awal (w_{c0})	=	60	%		

		Very Soft	Soft	Medium
Berat Volume, γ_{sat}	(g/cm ³)	1,426	1,483	1,700
Berat Volume Kering, γ_d	(g/cm ³)	0,705	0,771	1,063
Angka Pori Awal, e_0		1,380	1,265	1,050
Kadar Air, w_c	(%)	102,25	92,46	60,00
Spesific Gravity, G_s		2,616	2,616	2,616
Kuat Geser <i>Undrained</i> , C_u	kPa	6,0	14,8	36,5
Atterberg Limit				
Liquid Limit, LL	(%)	107,51	107,51	107,51
Plastic Limit, PL	(%)	42,63	42,63	42,63
Plasticity Index, PI	(%)	64,88	64,88	64,88
Konsolidasi				
Indeks Kompresi, C_c		0,763	0,723	0,658
Indeks Mengembang, C_s		0,203	0,197	0,187
Koefisien Konsolidasi, C_v	cm ² /det	0,000108	0,000159	0,000181
Indeks Pemampatan Sekunder, C_{α}		0,0301	0,0284	0,0191

UJI UNCONFINED COMPRESSION

No. Sampel	:	20	Volume Sampel (Vtot)	:	97,75	cm ³
Berat Sampel (W)	:	166,074 gr	Kadar Air (wc)	:	44,92	%
Tinggi Sampel (h)	:	9,55 cm	Berat Volume Basah (γt)	:	1,699	gr/cm ³
Diameter Sampel (Ø)	:	3,61 cm	Berat Volume Kering (γd)	:	1,172	gr/cm ³
Luas Sampel (Ao)	:	10,24 cm ²	Kalibrasi Beban Ring (Lcr)	:	0,5752	kgf

Time (menit)	Pembacaan Deform. Dial (0.01xmm)	Beban Dial (unit)	Deform. Sampel Δh (cm)	Axial Strain $\epsilon = \Delta h/h$ (%)	Faktor Koreksi Luas 1- ϵ	Koreksi Luas $A' = A_o / (1-\epsilon)$	Total Beban Sampel	Compression Stress $\sigma = P/A'$ (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	1	10,2354	0	0
0,5	40	18	0,04	0,4188	0,9958	10,2784	10,3536	1,0073
1	80	25	0,08	0,8377	0,9916	10,3219	14,38	1,3932
1,5	120	31	0,12	1,2565	0,9874	10,3656	17,8312	1,7202
2	160	35	0,16	1,6754	0,9832	10,4098	20,132	1,9339
2,5	200	38	0,20	2,0942	0,9791	10,4543	21,8576	2,0908
3	240	40	0,24	2,5131	0,9749	10,4992	23,008	2,1914
3,5	280	40	0,28	2,9319	0,9707	10,5445	23,008	2,1820
4	320	40	0,32	3,3508	0,9665	10,5902	23,008	2,1726
4,5	360	35	0,36	3,7696	0,9623	10,6363	20,132	1,8928



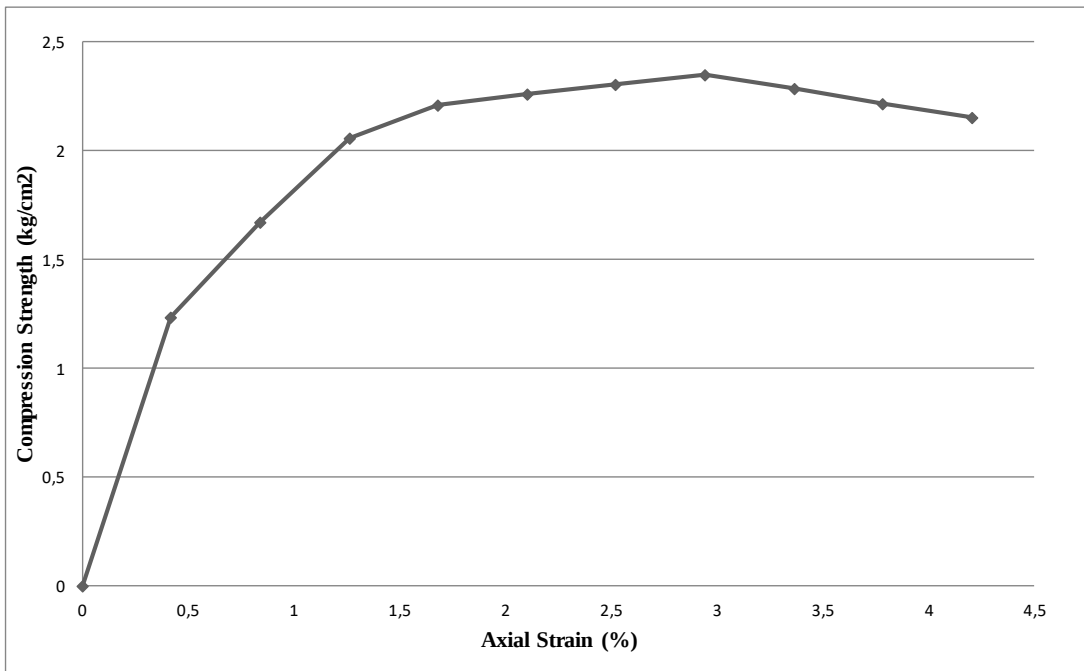
Hasil :

qu	=	2,191	kg/cm ²
Cu	=	1,096	kg/cm ²
	=	109,57	kpa
	=	109,57	kN/m ²

UJI UNCONFINED COMPRESSION

No. Sampel	:	27	Volume Sampel (Vtot)	:	97,34	cm ³
Berat Sampel (W)	:	165,622 gr	Kadar Air (wc)	:	45,00	%
Tinggi Sampel (h)	:	9,51 cm	Berat Volume Basah (γt)	:	1,702	gr/cm ³
Diameter Sampel (Ø)	:	3,61 cm	Berat Volume Kering (γd)	:	1,173	gr/cm ³
Luas Sampel (Ao)	:	10,24 cm ²	Kalibrasi Beban Ring (Lcr)	:	0,5752	kgf

Time (menit)	Pembacaan Deform. Dial	Beban Dial (unit)	Deform. Sampel Δh (cm)	Axial Strain $\epsilon = \Delta h/h$ (%)	Faktor Koreksi Luas 1- ϵ	Koreksi Luas $A' = A_0 / (1-\epsilon)$	Total Beban Sampel	Compression Stress $\sigma = P/A'$ (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	1	10,2354	0	0
0,5	40	22	0,04	0,421	0,9958	10,2786	12,6544	1,2311
1	80	30	0,08	0,841	0,9916	10,3222	17,256	1,6717
1,5	120	37	0,12	1,262	0,9874	10,3662	21,2824	2,0531
2	160	40	0,16	1,682	0,9832	10,4105	23,008	2,2101
2,5	200	41	0,20	2,103	0,9790	10,4553	23,5832	2,2556
3	240	42	0,24	2,524	0,9748	10,5004	24,1584	2,3007
3,5	280	43	0,28	2,944	0,9706	10,5459	24,7336	2,3453
4	320	42	0,32	3,365	0,9664	10,5918	24,1584	2,2809
4,5	360	41	0,36	3,785	0,9621	10,6381	23,5832	2,2169
5	400	40	0,40	4,206	0,9579	10,6848	23,008	2,1533



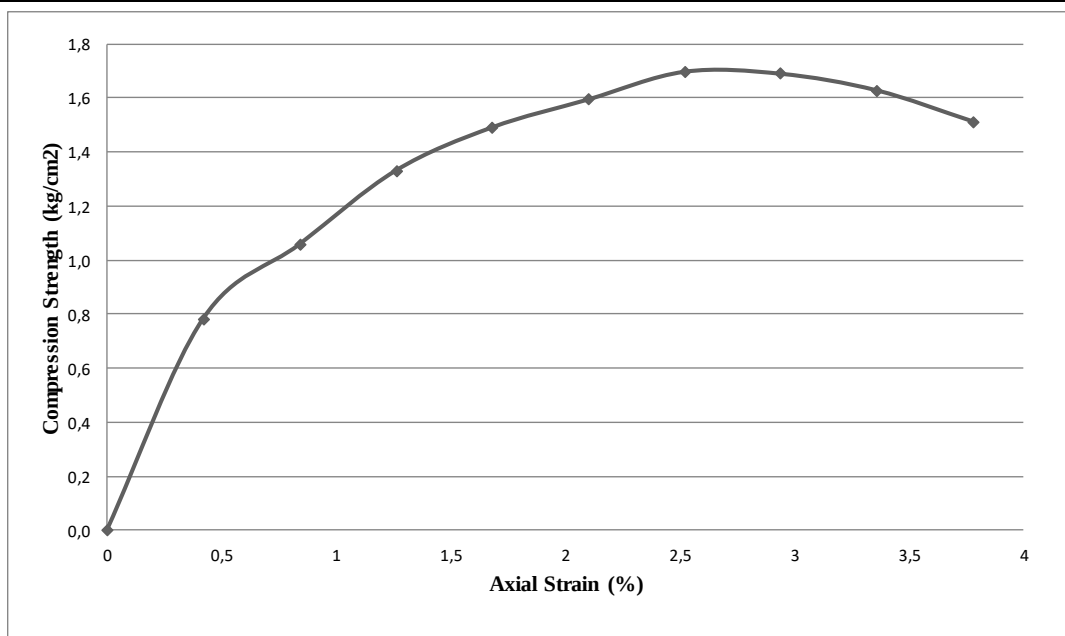
Hasil :

qu	=	2,345	kg/cm ²
Cu	=	1,173	kg/cm ²
	=	117,27	kpa
	=	117,27	kN/m ²

UJI UNCONFINED COMPRESSION

No. Sampel	:	31	Volume Sampel (Vtot)	:	97,54	cm ³
Berat Sampel (W)	:	165,824 gr	Kadar Air (wc)	:	49,23	%
Tinggi Sampel (h)	:	9,53 cm	Berat Volume Basah (γt)	:	1,700	gr/cm ³
Diameter Sampel (Ø)	:	3,61 cm	Berat Volume Kering (γd)	:	1,139	gr/cm ³
Luas Sampel (Ao)	:	10,24 cm ²	Kalibrasi Beban Ring (Lcr)	:	0,5752	kgf

Time (menit)	Pembacaan Deform. Dial	Beban Dial (unit)	Deform. Sampel Δh (cm)	Axial Strain ε = Δh/h (%)	Faktor Koreksi Luas 1 - ε	Koreksi Luas A' = Ao / (1-ε)	Total Beban Sampel	Compression Stress σ = P/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	1	10,2354	0	0,0000
0,5	40	14	0,04	0,420	0,9958	10,2785	8,0528	0,7835
1	80	19	0,08	0,839	0,9916	10,3220	10,9288	1,0588
1,5	120	24	0,12	1,259	0,9874	10,3659	13,8048	1,3317
2	160	27	0,16	1,679	0,9832	10,4102	15,5304	1,4918
2,5	200	29	0,20	2,099	0,9790	10,4548	16,6808	1,5955
3	240	31	0,24	2,518	0,9748	10,4998	17,8312	1,6982
3,5	280	31	0,28	2,938	0,9706	10,5452	17,8312	1,6909
4	320	30	0,32	3,358	0,9664	10,5910	17,256	1,6293
4,5	360	28	0,36	3,778	0,9622	10,6372	16,1056	1,5141



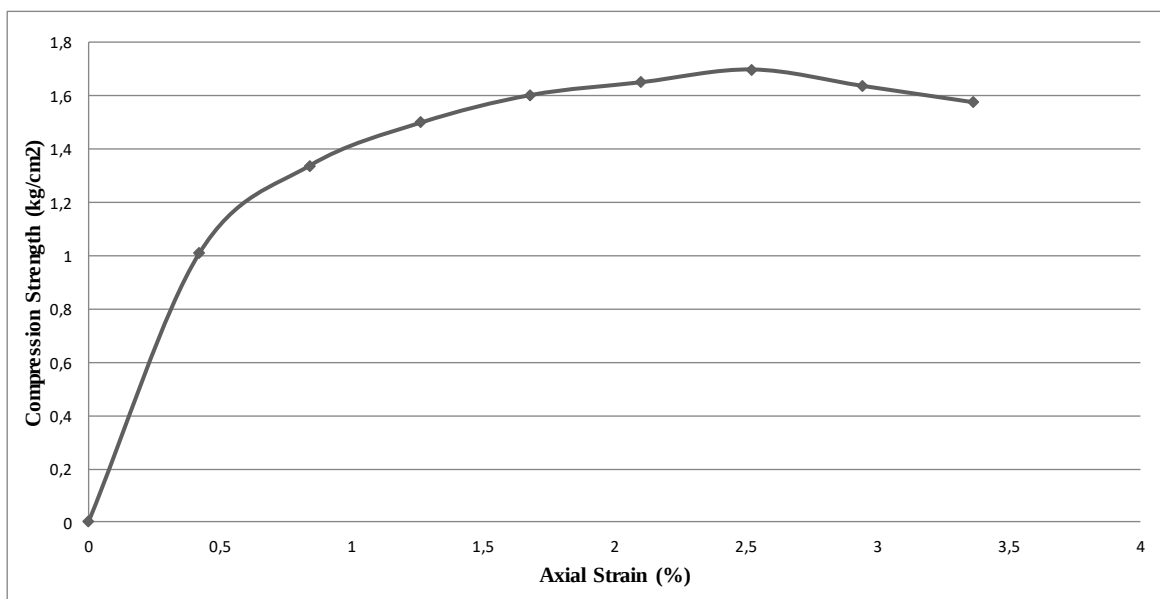
Hasil :

qu	=	1,698	kg/cm ²
Cu	=	0,849	kg/cm ²
	=	84,91	kpa
	=	84,91	kN/m ²

UJI UNCONFINED COMPRESSION

No. Sampel	:	16		Volume Sampel (Vtot)	:	97,34	cm ³
Berat Sampel (W)	:	165,573	gr	Kadar Air (wc)	:	49,40	%
Tinggi Sampel (h)	:	9,51	cm	Berat Volume Basah (γt)	:	1,701	gr/cm ³
Diameter Sampel (Ø)	:	3,61	cm	Berat Volume Kering (γd)	:	1,139	gr/cm ³
Luas Sampel (Ao)	:	10,24	cm ²	Kalibrasi Beban Ring (Lcr)	:	0,5752	kgf

Time (menit)	Pembacaan Deform. Dial	Beban Dial (unit)	Deform. Sampel Δh (cm)	Axial Strain $\epsilon = \Delta h/h$ (%)	Faktor Koreksi Luas 1- ϵ	Koreksi Luas $A' = A_0 / (1-\epsilon)$	Total Beban Sampel	Compression Stress $\sigma = P/A' \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
0	0	0	0	0	1	10,2354	0	0
0,5	40	18	0,04	0,42061	0,9958	10,2786	10,3536	1,0073
1	80	24	0,08	0,84122	0,9916	10,3222	13,8048	1,3374
1,5	120	27	0,12	1,26183	0,9874	10,3662	15,5304	1,4982
2	160	29	0,16	1,68244	0,9832	10,4105	16,6808	1,6023
2,5	200	30	0,20	2,10305	0,9790	10,4553	17,256	1,6505
3	240	31	0,24	2,52366	0,9748	10,5004	17,8312	1,6981
3,5	280	30	0,28	2,94427	0,9706	10,5459	17,256	1,6363
4	320	29	0,32	3,36488	0,9664	10,5918	16,6808	1,5749



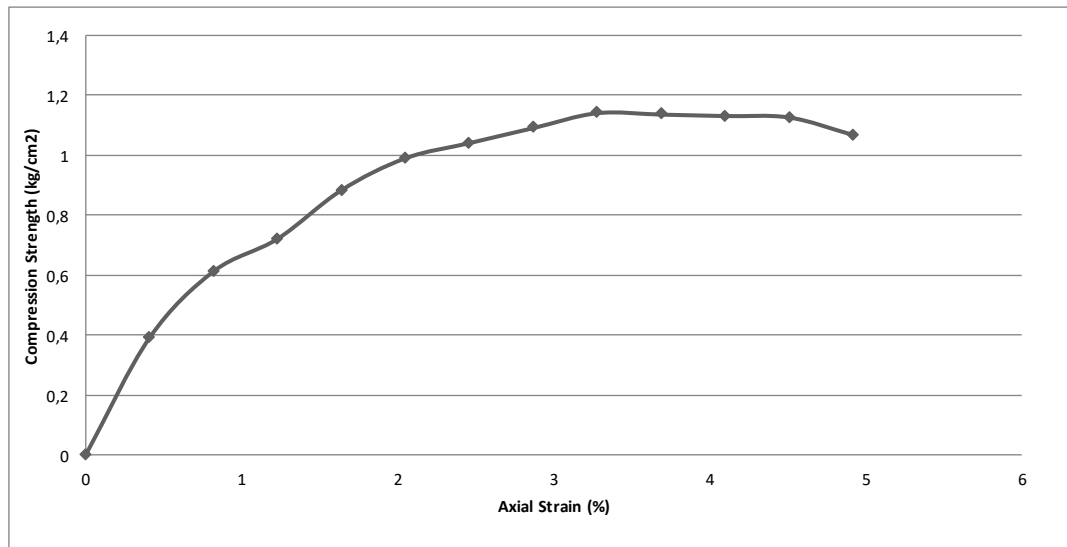
Hasil :

qu	=	1,698	kg/cm ²
Cu	=	0,849	kg/cm ²
	=	84,91	kpa
	=	84,91	kN/m ²

UJI UNCONFINED COMPRESSION

No. Sampel	:	29	Volume Sampel (Vtot)	:	99,90	cm ³
Berat Sampel (W)	:	170,125 gr	Kadar Air (wc)	:	55,13	%
Tinggi Sampel (h)	:	9,76 cm	Berat Volume Basah (γt)	:	1,703	gr/cm ³
Diameter Sampel (Ø)	:	3,61 cm	Berat Volume Kering (γd)	:	1,098	gr/cm ³
Luas Sampel (Ao)	:	10,24 cm ²	Kalibrasi Beban Ring (Lcr)	:	0,5752	kgf

Time (menit)	Pembacaan Deform. Dial	Beban Dial (unit)	Deform. Sampel Δh (cm)	Axial Strain $\epsilon = \Delta h/h$ (%)	Faktor Koreksi Luas 1- ϵ	Koreksi Luas $A' = A_o / (1-\epsilon)$	Total Beban Sampel	Compression Stress $\sigma = P/A' \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
0	0	0	0	0	1	10,2354	0	0
0,5	40	7	0,04	0,410	0,9959	10,2775	4,0264	0,3918
1	80	11	0,08	0,820	0,9918	10,3200	6,3272	0,6131
1,5	120	13	0,12	1,230	0,9877	10,3628	7,4776	0,7216
2	160	16	0,16	1,639	0,9836	10,4060	9,2032	0,8844
2,5	200	18	0,20	2,049	0,9795	10,4495	10,3536	0,9908
3	240	19	0,24	2,459	0,9754	10,4934	10,9288	1,0415
3,5	280	20	0,28	2,869	0,9713	10,5377	11,504	1,0917
4	320	21	0,32	3,279	0,9672	10,5823	12,0792	1,1414
4,5	360	21	0,36	3,689	0,9631	10,6274	12,0792	1,1366
5	400	21	0,40	4,098	0,9590	10,6728	12,0792	1,1318
5,5	440	21	0,44	4,508	0,9549	10,7186	12,0792	1,1269
6	480	20	0,48	4,918	0,9508	10,7648	11,504	1,0687



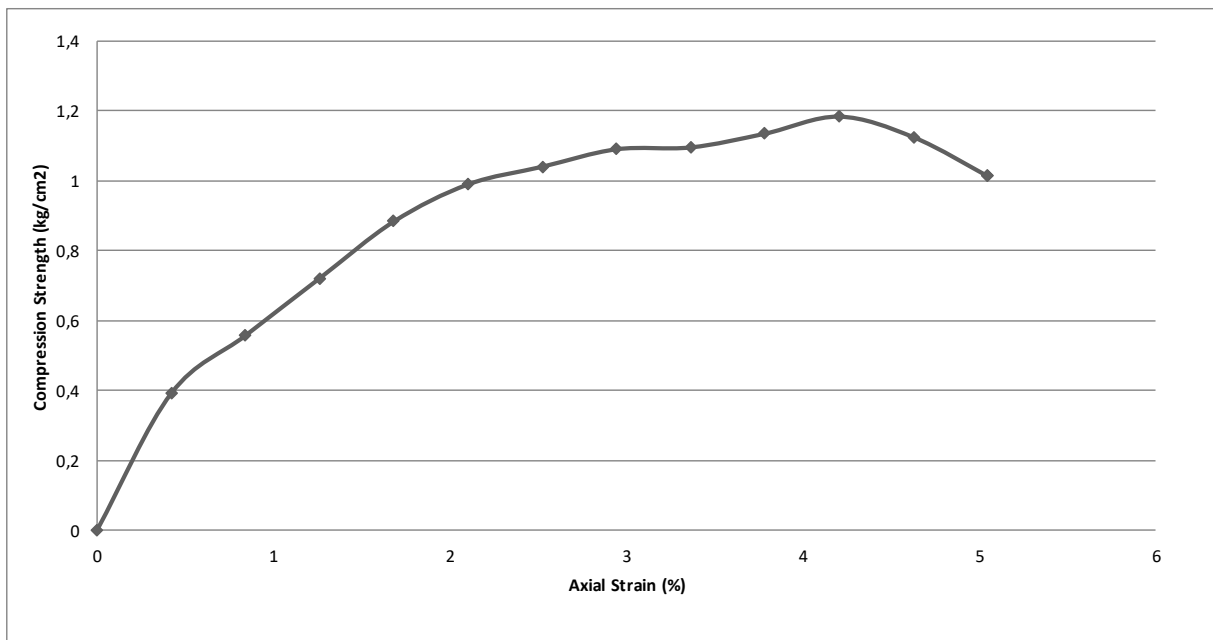
Hasil :

qu	=	1,141	kg/cm ²
Cu	=	0,571	kg/cm ²
	=	57,07	kpa
	=	57,07	kN/m ²

UJI UNCONFINED COMPRESSION

No. Sampel	:	13	Volume Sampel (Vtot)	:	97,34	cm ³
Berat Sampel (W)	:	165,573 gr	Kadar Air (wc)	:	55,18	%
Tinggi Sampel (h)	:	9,51 cm	Berat Volume Basah (γt)	:	1,701	gr/cm ³
Diameter Sampel (Ø)	:	3,61 cm	Berat Volume Kering (γd)	:	1,096	gr/cm ³
Luas Sampel (Ao)	:	10,24 cm ²	Kalibrasi Beban Ring (Lcr)	:	0,5752	kgf

Time (menit)	Pembacaan Deform. Dial	Beban Dial (unit)	Deform. Sampel Δh (cm)	Axial Strain $\epsilon = \Delta h/h$ (%)	Faktor Koreksi Luas 1- ϵ	Koreksi Luas $A' = A_o / (1-\epsilon)$	Total Beban Sampel	Compression Stress $\sigma = P/A'$ (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	1	10,2354	0	0
0,5	40	7	0,04	0,420609884	0,9958	10,2786	4,0264	0,3917
1	80	10	0,08	0,841219769	0,9916	10,3222	5,752	0,5572
1,5	120	13	0,12	1,261829653	0,9874	10,3662	7,4776	0,7213
2	160	16	0,16	1,682439537	0,9832	10,4105	9,2032	0,8840
2,5	200	18	0,20	2,103049422	0,9790	10,4553	10,3536	0,9903
3	240	19	0,24	2,523659306	0,9748	10,5004	10,9288	1,0408
3,5	280	20	0,28	2,94426919	0,9706	10,5459	11,504	1,0909
4	320	20	0,32	3,364879075	0,9664	10,5918	11,504	1,0961
4,5	360	21	0,36	3,785488959	0,9621	10,6381	12,0792	1,1355
5	400	22	0,40	4,206098843	0,9579	10,6848	12,6544	1,1843
5,5	440	21	0,44	4,626708728	0,9537	10,7319	12,0792	1,1255
6	480	19	0,48	5,047318612	0,9495	10,7795	10,9288	1,0139
6,5	480	19	0,48	5,047318612	0,9495	10,7795	10,9288	1,0139



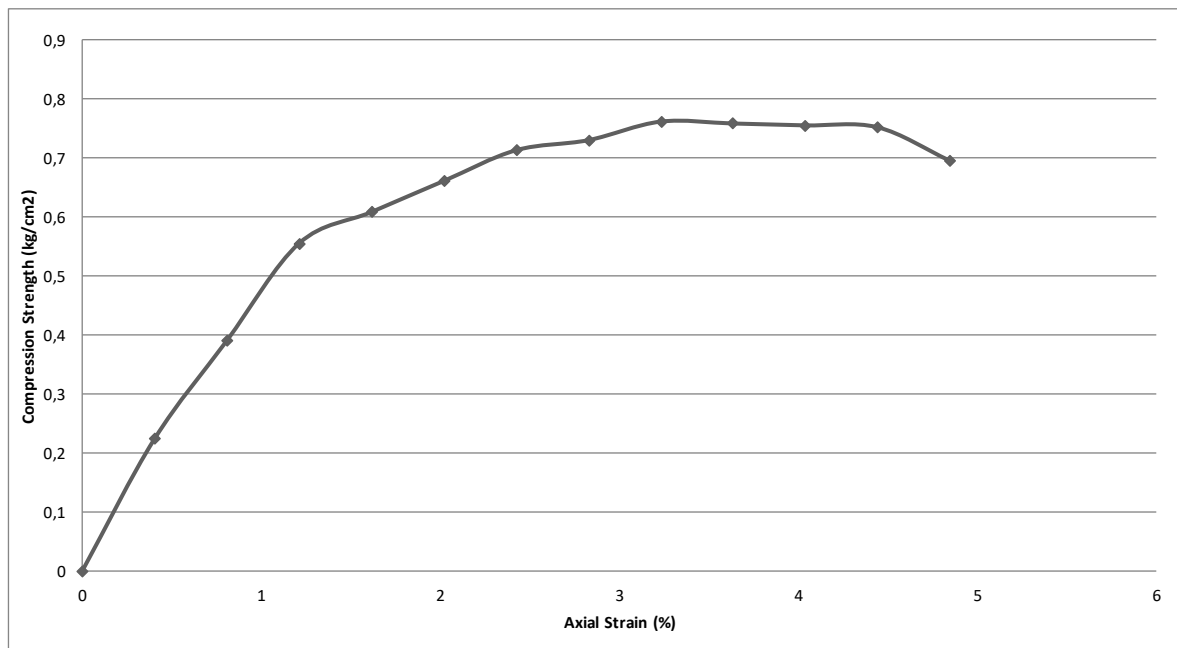
Hasil :

qu	=	1,184	kg/cm ²
Cu	=	0,592	kg/cm ²
	=	59,22	kpa
	=	59,22	kN/m ²

UJI UNCONFINED COMPRESSION

No. Sampel	:	14		Volume Sampel (Vtot)	:	101,33	cm ³
Berat Sampel (W)	:	172,160	gr	Kadar Air (wc)	:	59,22	%
Tinggi Sampel (h)	:	9,9	cm	Berat Volume Basah (γt)	:	1,699	gr/cm ³
Diameter Sampel (Ø)	:	3,61	cm	Berat Volume Kering (γd)	:	1,067	gr/cm ³
Luas Sampel (Ao)	:	10,24	cm ²	Kalibrasi Beban Ring (Lcr)	:	0,5752	kgf

Time (menit)	Pembacaan Deform. Dial	Beban Dial (unit)	Deform. Sampel Δh (cm)	Axial Strain ε = Δh/h (%)	Faktor Koreksi Luas 1- ε	Koreksi Luas A' = Ao / (1-ε)	Total Beban Sampel	Compression Stress σ = P/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	1	10,2354	0	0
0,5	40	4	0,04	0,40404	0,9960	10,2769	2,3008	0,2239
1	80	7	0,08	0,80808	0,9919	10,3188	4,0264	0,3902
1,5	120	10	0,12	1,21212	0,9879	10,3610	5,752	0,5552
2	160	11	0,16	1,61616	0,9838	10,4035	6,3272	0,6082
2,5	200	12	0,20	2,02020	0,9798	10,4464	6,9024	0,6607
3	240	13	0,24	2,42424	0,9758	10,4897	7,4776	0,7129
3,5	280	13	0,28	2,82828	0,9717	10,5333	7,4776	0,7299
4	320	14	0,32	3,23232	0,9677	10,5773	8,0528	0,7613
4,5	360	14	0,36	3,63636	0,9636	10,6216	8,0528	0,7582
5	400	14	0,40	4,04040	0,9596	10,6664	8,0528	0,7550
5,5	440	14	0,44	4,44444	0,9556	10,7115	8,0528	0,7518
6	480	13	0,48	4,84848	0,9515	10,7569	7,4776	0,6951



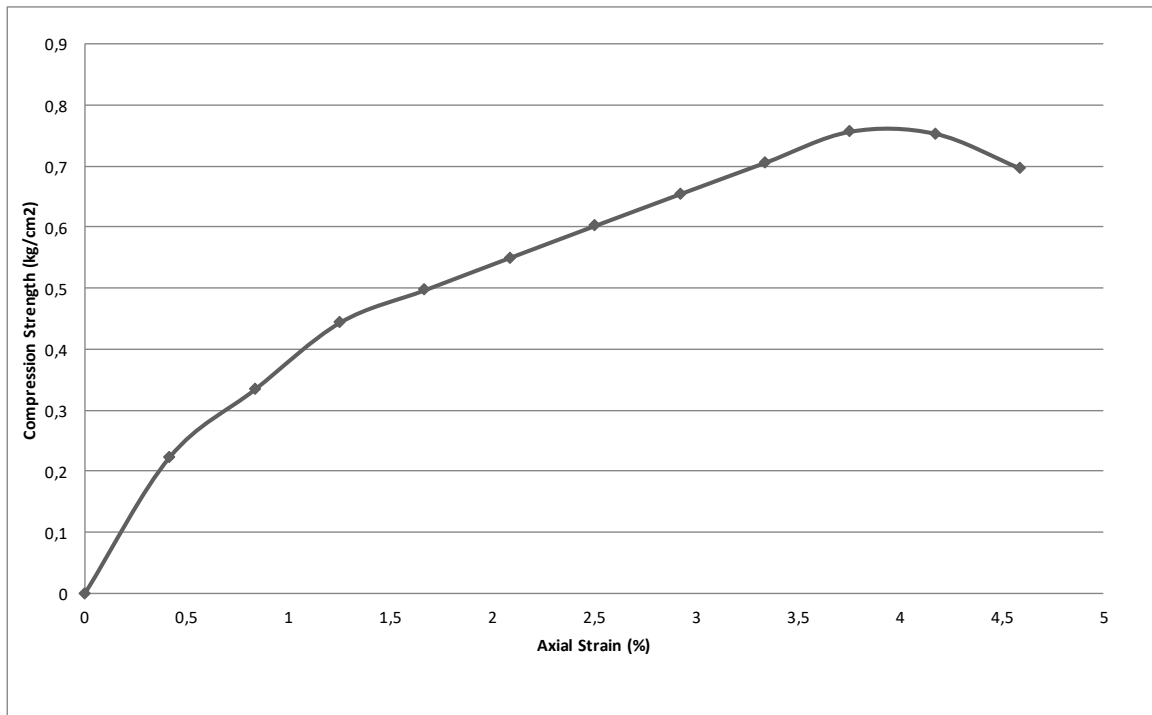
Hasil :

qu	=	0,761	kg/cm ²
Cu	=	0,381	kg/cm ²
	=	38,07	kpa
	=	38,07	kN/m ²

UJI UNCONFINED COMPRESSION

No. Sampel	:	18	Volume Sampel (V _{tot})	:	98,06	cm ³
Berat Sampel (W)	:	166,644 gr	Kadar Air (w _c)	:	59,01	%
Tinggi Sampel (h)	:	9,58 cm	Berat Volume Basah (γ _t)	:	1,700	gr/cm ³
Diameter Sampel (Ø)	:	3,61 cm	Berat Volume Kering (γ _d)	:	1,069	gr/cm ³
Luas Sampel (A _o)	:	10,24 cm ²	Kalibrasi Beban Ring (L _{cr})	:	0,5752	kgf

Time (menit)	Pembacaan Deform. Dial	Beban Dial (unit)	Deform. Sampel Δh (cm)	Axial Strain ε = Δh/h (%)	Faktor Koreksi Luas 1 - ε	Koreksi Luas A' = A _o / (1-ε)	Total Beban Sampel	Compression Stress σ = P/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	1	10,2354	0	0
0,5	40	4	0,04	0,4175	0,9958	10,2783	2,3008	0,2239
1	80	6	0,08	0,8351	0,9916	10,3216	3,4512	0,3344
1,5	120	8	0,12	1,2526	0,9875	10,3652	4,6016	0,4439
2	160	9	0,16	1,6701	0,9833	10,4092	5,1768	0,4973
2,5	200	10	0,20	2,0877	0,9791	10,4536	5,752	0,5502
3	240	11	0,24	2,5052	0,9749	10,4984	6,3272	0,6027
3,5	280	12	0,28	2,9228	0,9708	10,5435	6,9024	0,6547
4	320	13	0,32	3,3403	0,9666	10,5891	7,4776	0,7062
4,5	360	14	0,36	3,7578	0,9624	10,6350	8,0528	0,7572
5	400	14	0,40	4,1754	0,9582	10,6814	8,0528	0,7539
5,5	440	13	0,44	4,5929	0,9541	10,7281	7,4776	0,6970



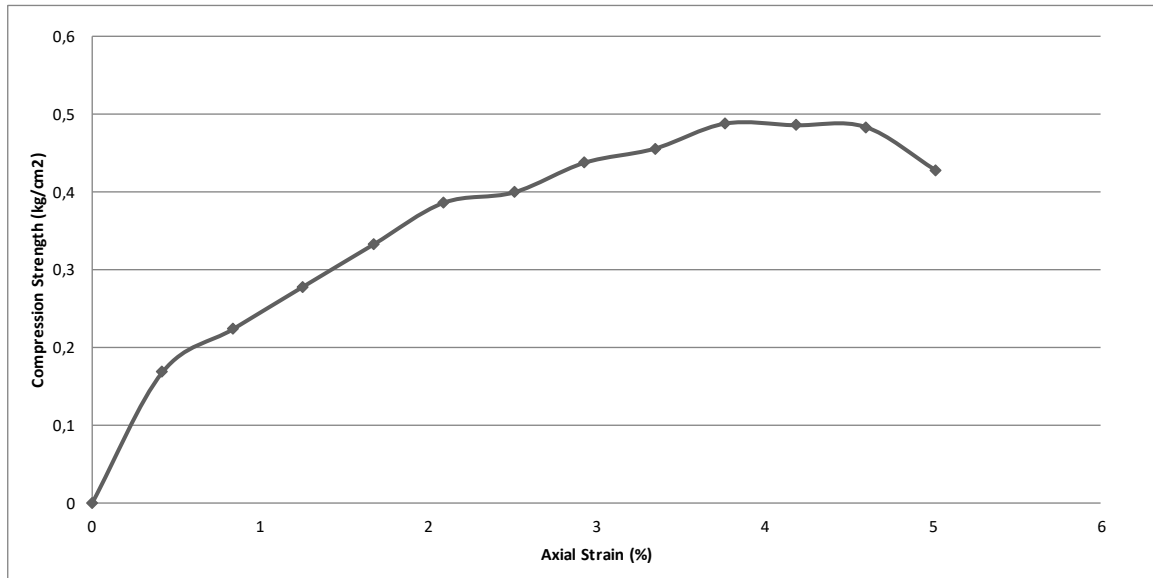
Hasil :

q_u	=	0,757	kg/cm ²
C_u	=	0,379	kg/cm ²
	=	37,86	kpa
	=	37,86	kN/m ²

UJI UNCONFINED COMPRESSION

No. Sampel	:	17	Volume Sampel (Vtot)	:	97,85	cm ³
Berat Sampel (W)	:	166,150 gr	Kadar Air (wc)	:	65,29	%
Tinggi Sampel (h)	:	9,56 cm	Berat Volume Basah (γt)	:	1,698	gr/cm ³
Diameter Sampel (Ø)	:	3,61 cm	Berat Volume Kering (γd)	:	1,027	gr/cm ³
Luas Sampel (Ao)	:	10,24 cm ²	Kalibrasi Beban Ring (Lcr)	:	0,5752	kgf

Time (menit)	Pembacaan Deform. Dial	Beban Dial (unit)	Deform. Sampel Δh (cm)	Axial Strain ε = Δh/h (%)	Faktor Koreksi Luas 1 - ε	Koreksi Luas A' = Ao / (1-ε)	Total Beban Sampel	Compression Stress σ = P/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	1	10,2354	0	0
0,5	40	3	0,04	0,418410042	0,9958	10,2784	1,7256	0,1679
1	80	4	0,08	0,836820084	0,9916	10,3218	2,3008	0,2229
1,5	120	5	0,12	1,255230126	0,9874	10,3655	2,876	0,2775
2	160	6	0,16	1,673640167	0,9833	10,4096	3,4512	0,3315
2,5	200	7	0,20	2,092050209	0,9791	10,4541	4,0264	0,3852
3	240	7	0,24	2,510460251	0,9749	10,4990	4,0264	0,3985
3,5	280	8	0,28	2,928870293	0,9707	10,5442	4,6016	0,4364
4	320	8	0,32	3,347280335	0,9665	10,5899	4,6016	0,4545
4,5	360	9	0,36	3,765690377	0,9623	10,6359	5,1768	0,4867
5	400	9	0,40	4,184100418	0,9582	10,6823	5,1768	0,4846
5,5	440	9	0,44	4,60251046	0,9540	10,7292	5,1768	0,4825
6	480	8	0,48	5,020920502	0,9498	10,7765	4,6016	0,4270



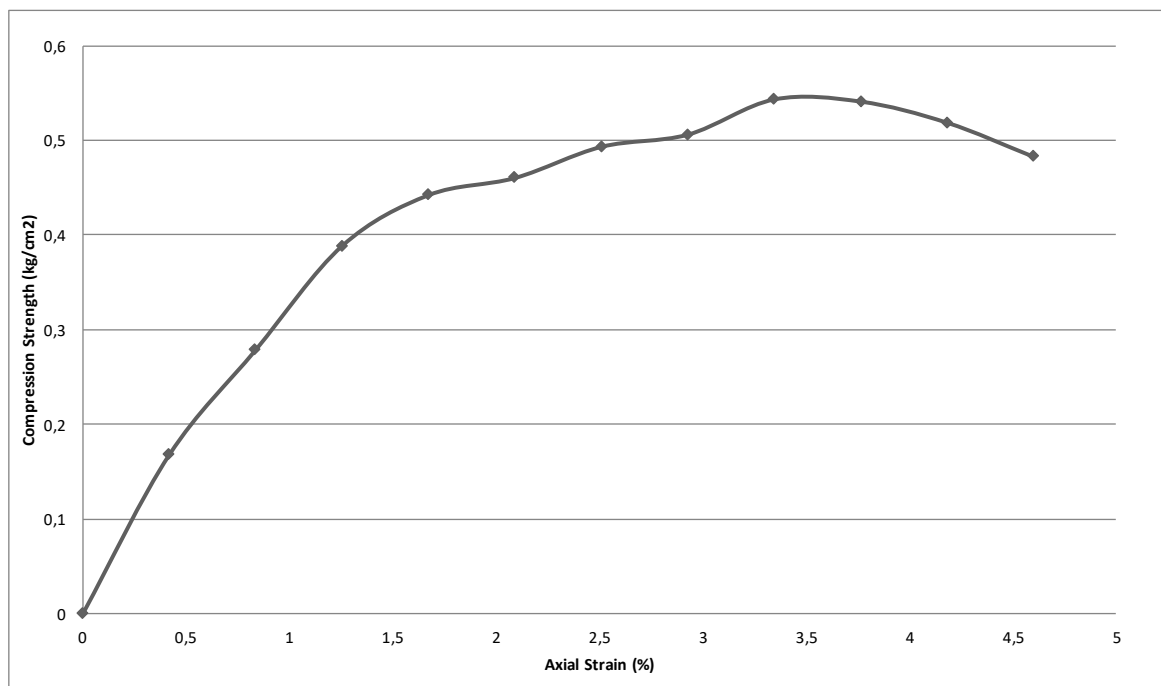
Hasil :

qu	=	0,487	kg/cm ²
Cu	=	0,243	kg/cm ²
	=	24,34	kpa
	=	24,34	kN/m ²

UJI UNCONFINED COMPRESSION

No. Sampel	:	15	Volume Sampel (Vtot)	:	97,85	cm ³
Berat Sampel (W)	:	166,248 gr	Kadar Air (wc)	:	64,33	%
Tinggi Sampel (h)	:	9,56 cm	Berat Volume Basah (γt)	:	1,699	gr/cm ³
Diameter Sampel (Ø)	:	3,61 cm	Berat Volume Kering (γd)	:	1,034	gr/cm ³
Luas Sampel (Ao)	:	10,24 cm ²	Kalibrasi Beban Ring (Lcr)	:	0,5752	kgf

Time (menit)	Pembacaan Deform. Dial	Beban Dial (unit)	Deform. Sampel Δh (cm)	Axial Strain $\epsilon = \Delta h/h$ (%)	Faktor Koreksi Luas 1- ϵ	Koreksi Luas $A' = A_o / (1-\epsilon)$	Total Beban Sampel	Compression Stress $\sigma = P/A'$ (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	1	10,2354	0	0
0,5	40	3	0,04	0,418410042	0,9958	10,2784	1,7256	0,1679
1	80	5	0,08	0,836820084	0,9916	10,3218	2,876	0,2786
1,5	120	7	0,12	1,255230126	0,9874	10,3655	4,0264	0,3884
2	160	8	0,16	1,673640167	0,9833	10,4096	4,6016	0,4421
2,5	200	8	0,20	2,092050209	0,9791	10,4541	4,6016	0,4602
3	240	9	0,24	2,510460251	0,9749	10,4990	5,1768	0,4931
3,5	280	9	0,28	2,928870293	0,9707	10,5442	5,1768	0,5060
4	320	10	0,32	3,347280335	0,9665	10,5899	5,752	0,5432
4,5	360	10	0,36	3,765690377	0,9623	10,6359	5,752	0,5408
5	400	10	0,40	4,184100418	0,9582	10,6823	5,752	0,5185
5,5	440	9	0,44	4,60251046	0,9540	10,7292	5,1768	0,4825



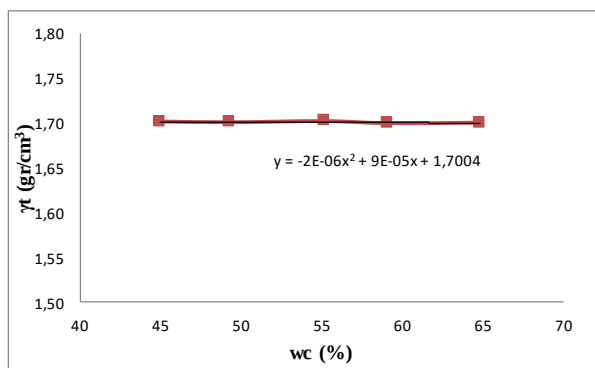
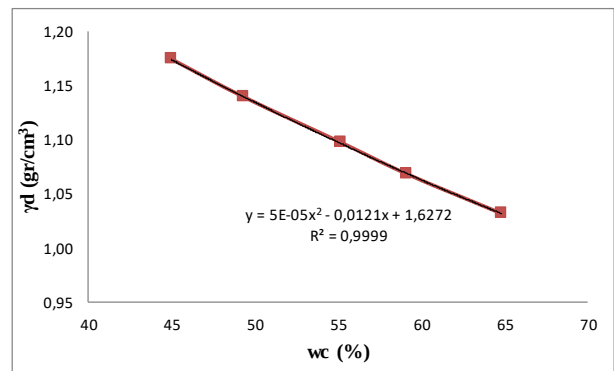
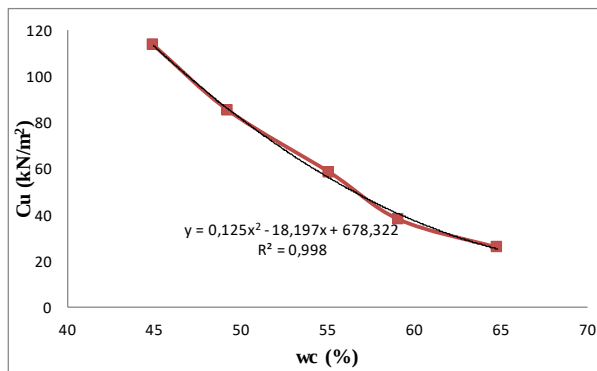
Hasil :

qu	=	0,543	kg/cm ²
Cu	=	0,272	kg/cm ²
	=	27,16	kpa
	=	27,16	kN/m ²

No. Sampel		27	20	31	16	29	13	14	18	15	17
Kadar Air (wc)	%	45,00	44,92	49,23	49,40	55,13	55,18	59,22	59,01	64,33	65,29
Berat Volume Basah (γ_t)	gr/cm ³	1,702	1,699	1,700	1,701	1,703	1,701	1,699	1,700	1,700	1,698
Berat Volume Kering (γ_d)	gr/cm ³	1,173	1,172	1,139	1,139	1,098	1,096	1,067	1,069	1,035	1,027
Kuat Tekan Bebas (qu)	kN/m ²	234,53	219,14	169,82	169,81	114,14	118,43	76,13	75,72	54,32	48,67
Kohesi Undrained (Cu)	kN/m ²	117,27	109,57	84,91	84,91	57,07	59,22	38,07	37,86	27,16	24,34

REKAPITULASI

Kadar Air (wc)	%	44,96	49,32	55,15	59,12	64,81
Berat Volume Basah (γ_t)	gr/cm ³	1,702	1,701	1,702	1,699	1,700
Berat Volume Kering (γ_d)	gr/cm ³	1,17	1,14	1,10	1,07	1,03
Kuat Tekan Bebas (qu)	kN/m ²	226,84	169,82	116,29	75,93	51,49
Kohesi Undrained (Cu)	kN/m ²	113,42	84,91	58,14	37,96	25,75

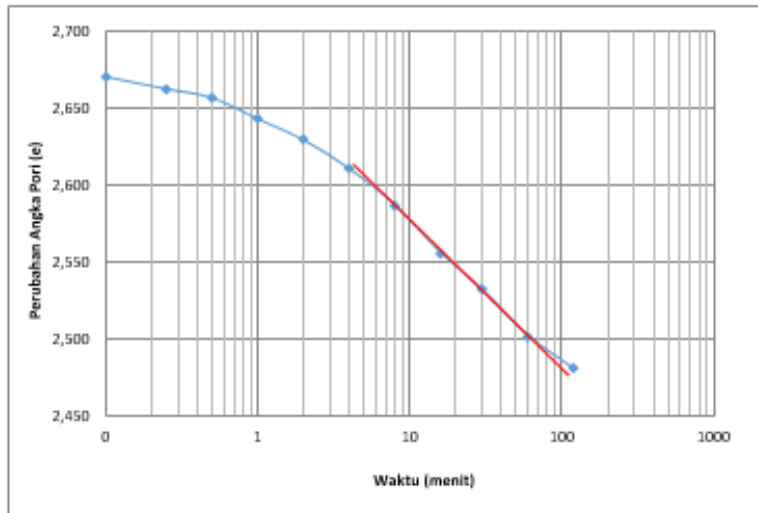


REMOLDED MEDIUM CLAY

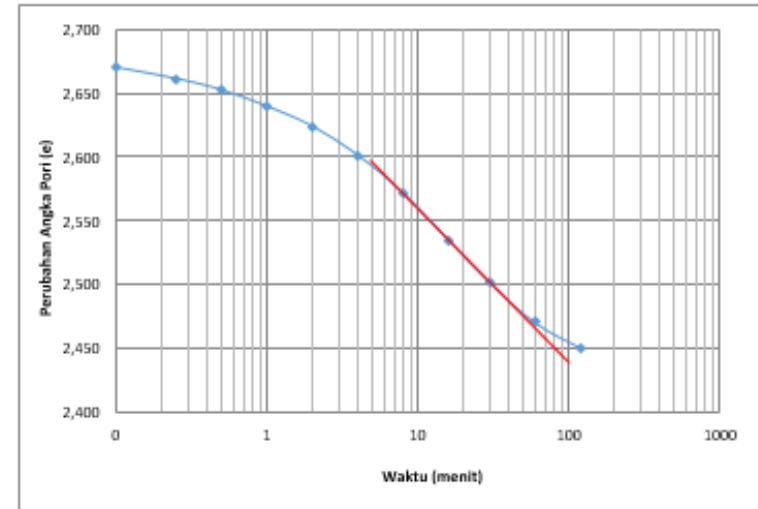
Cu	=	36,50	kN/m ²	
wc	=	60	%	
γ_d	=	1,063	gr/cm ³	
γ_t	=	1,700	gr/cm ³	
d	=	6,71	cm	
h	=	19,7	cm	
volume	=	696,63	cm ³	
W total cetak	=	1184,268		
Ws	=	740,17	gr	OK
Ww	=	444,101	gr	
Ww cek	=	444,101	gr	

Halaman ini sengaja dikosongkan

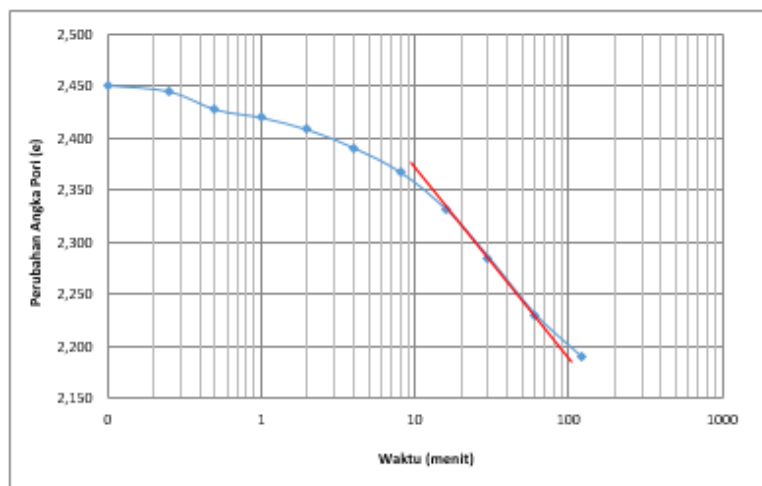
KONSOLIDASI – AKHIR PRIMER / TAHAP PEMBEBANAN



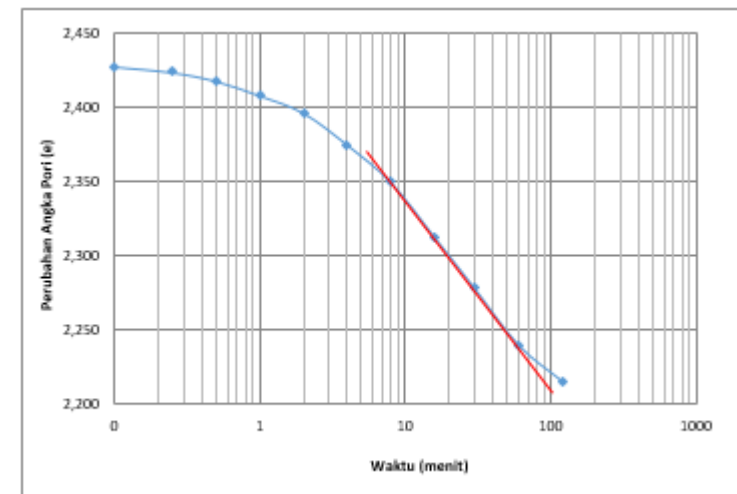
Sampel 1 - *Very Soft Clay* - 0,25 kg/cm²



Sampel 2 - *Very Soft Clay* - 0,25 kg/cm²

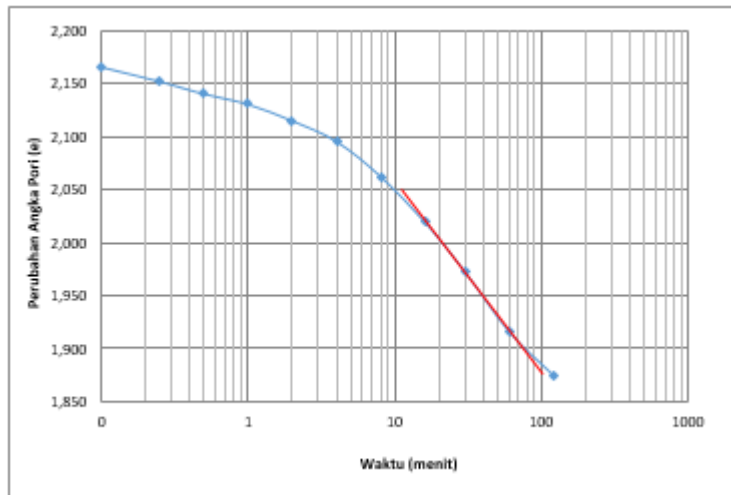


Sampel 1 - *Very Soft Clay* - 0,5 kg/cm²

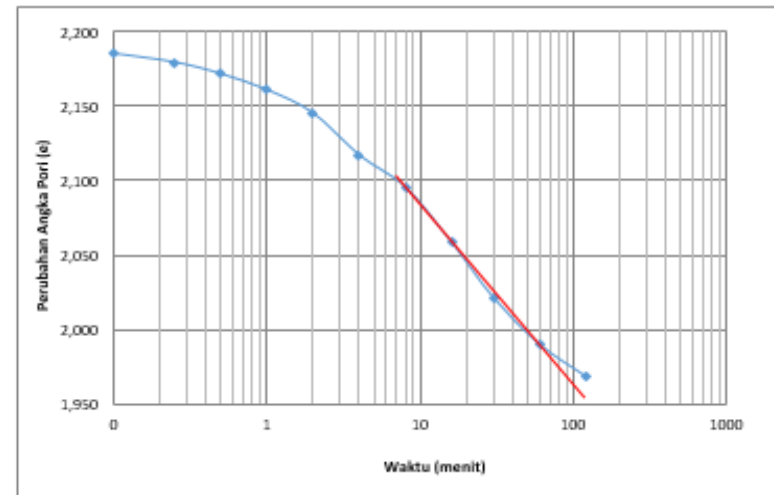


Sampel 2 - *Very Soft Clay* - 0,5 kg/cm²

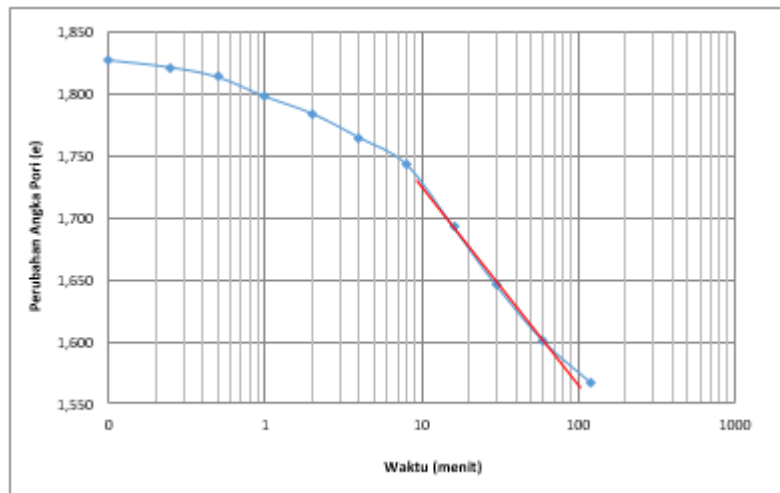
KONSOLIDASI – AKHIR PRIMER / TAHAP PEMBEBANAN



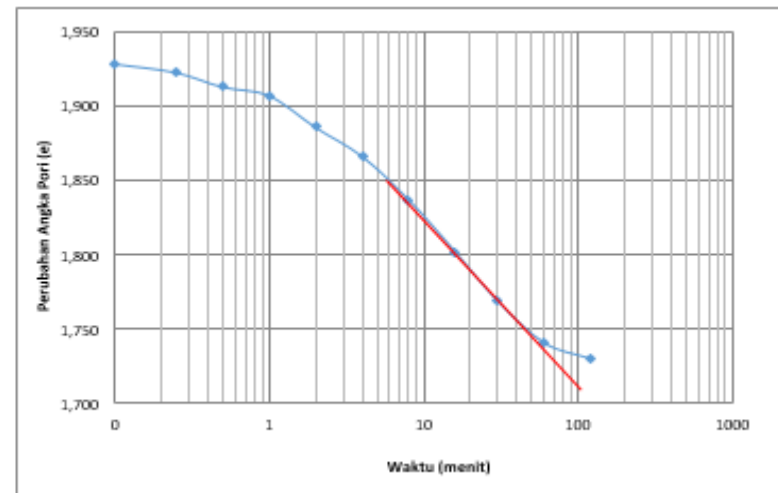
Sampel 1 - *Very Soft Clay* - 1 kg/cm²



Sampel 2 - *Very Soft Clay* - 1 kg/cm²

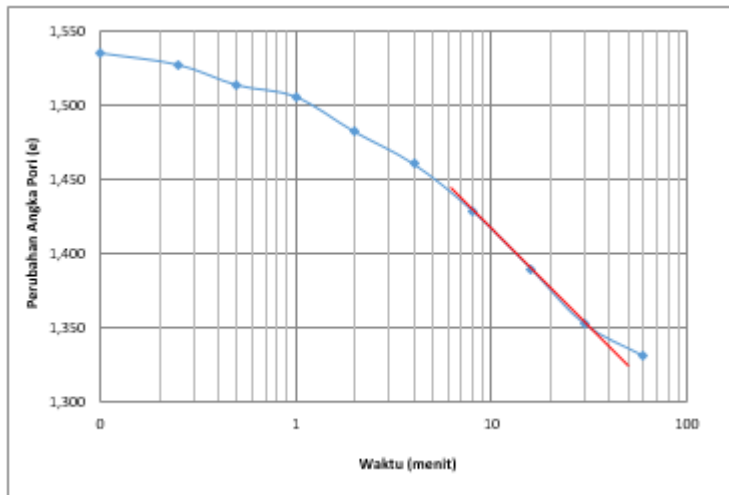


Sampel 1 - *Very Soft Clay* - 2 kg/cm²

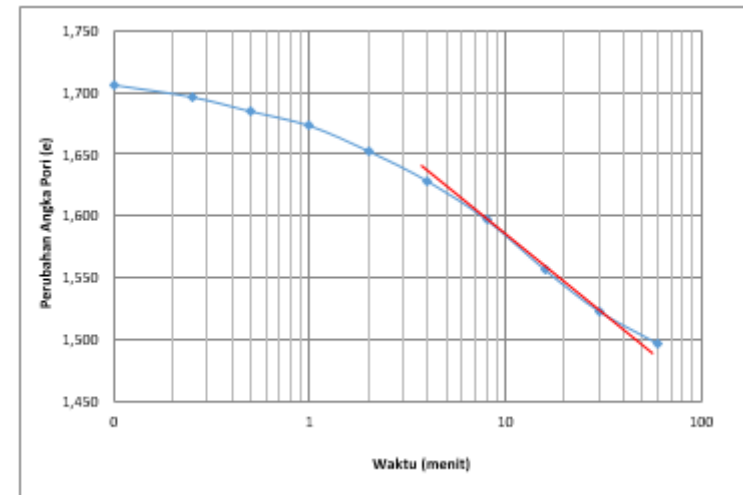


Sampel 2 - *Very Soft Clay* - 2 kg/cm²

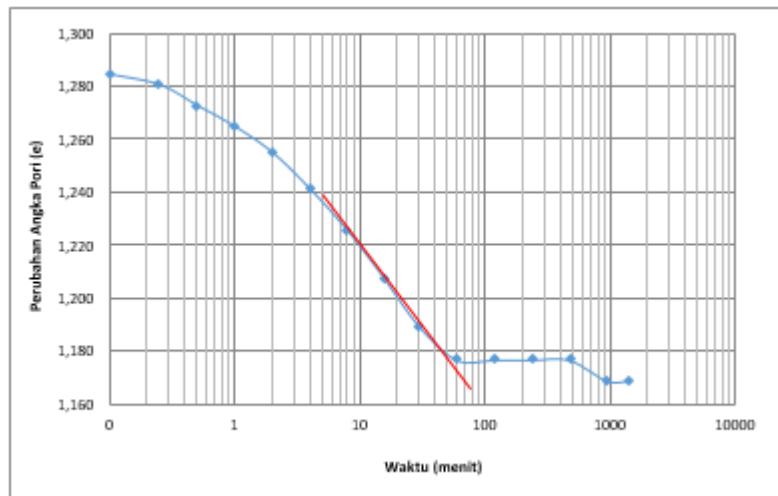
KONSOLIDASI – **AKHIR PRIMER / TAHAP PEMBEBANAN**



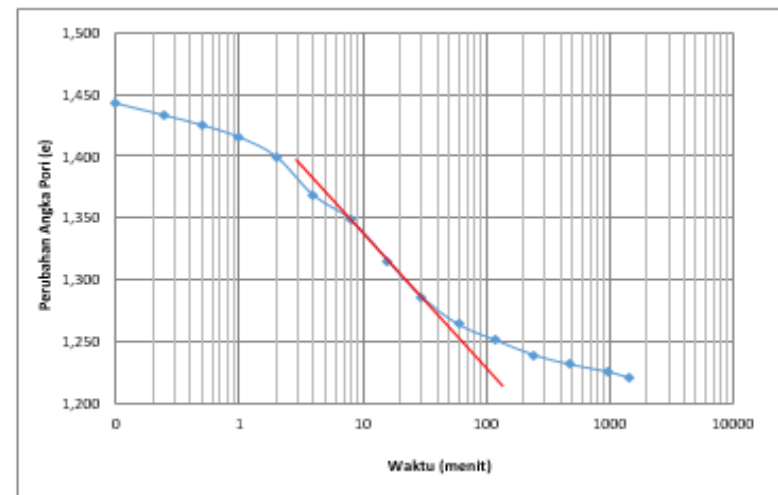
Sampel 1 - *Very Soft Clay* - 4 kg/cm²



Sampel 2 - *Very Soft Clay* - 4 kg/cm²

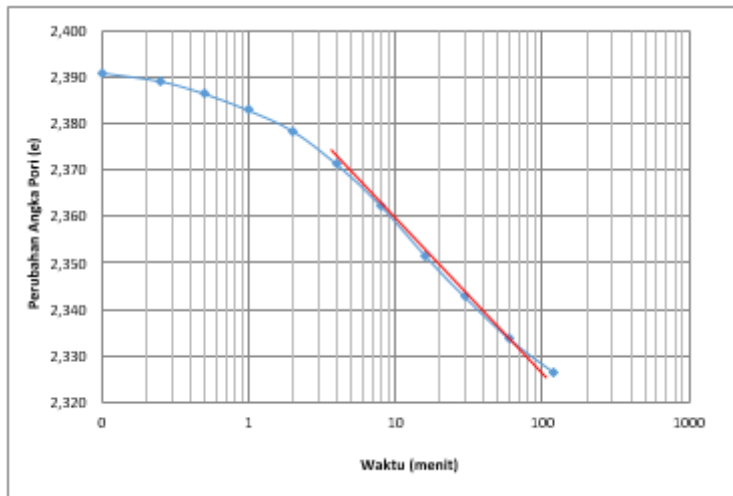


Sampel 1 - *Very Soft Clay* - 8 kg/cm²

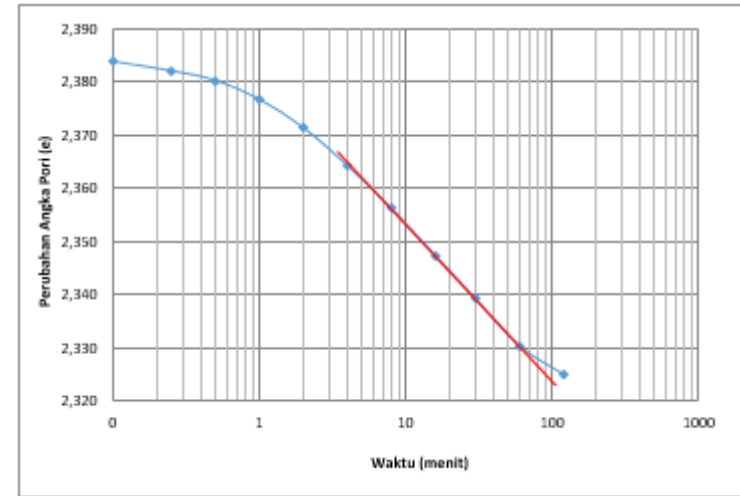


Sampel 2 - *Very Soft Clay* - 8 kg/cm²

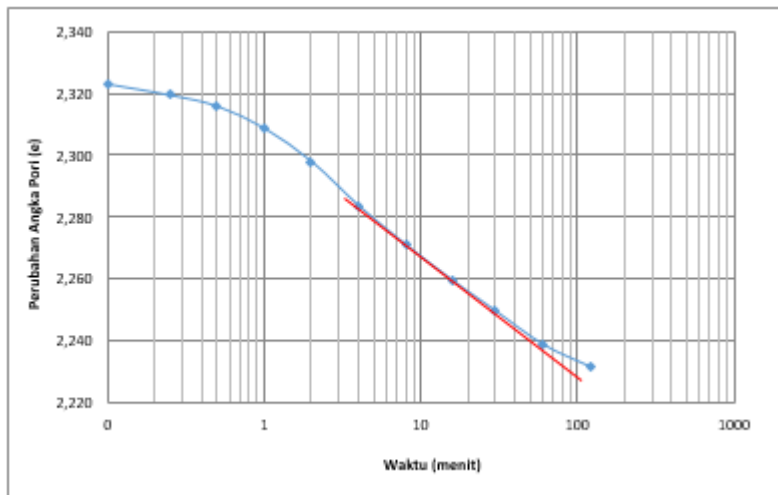
KONSOLIDASI – AKHIR PRIMER / TAHAP PEMBEBANAN



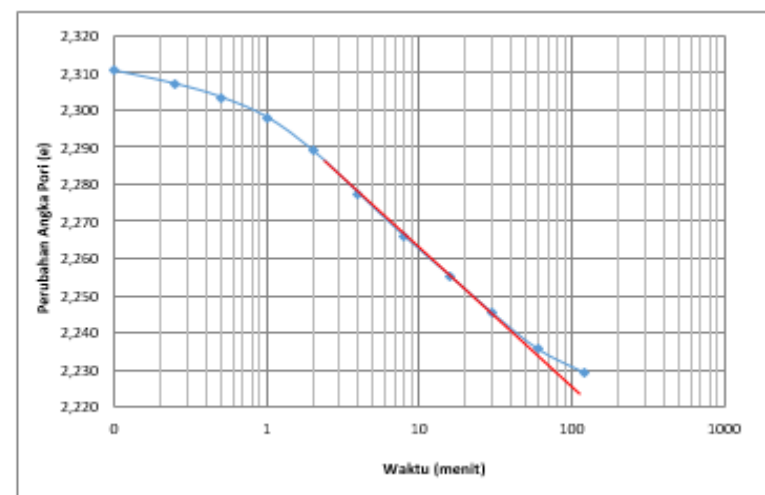
Sampel 1 - *Soft Clay* - 0.25 kg/cm^2



Sampel 2 - *Soft Clay* - 0.25 kg/cm^2

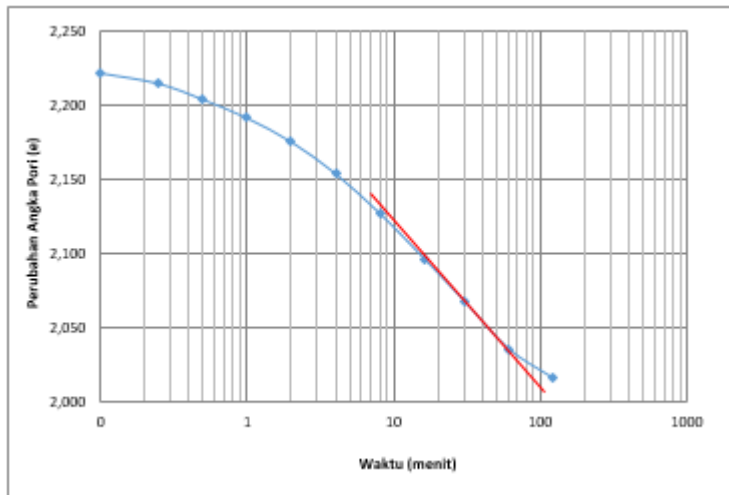


Sampel 1 - *Soft Clay* - 0.5 kg/cm^2

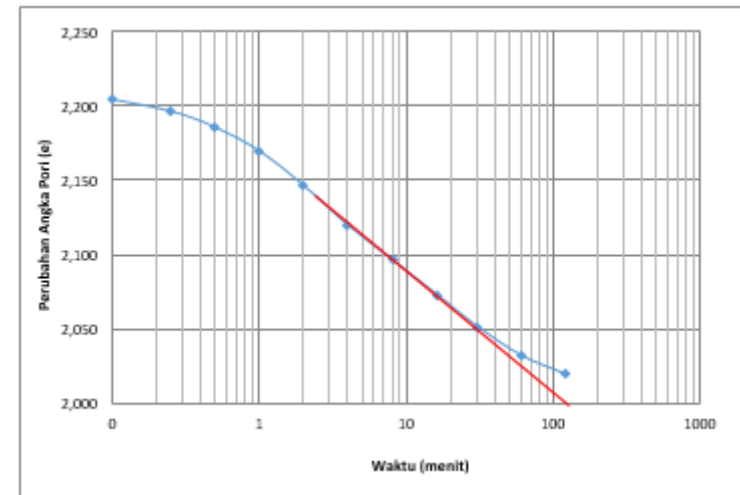


Sampel 2 - *Soft Clay* - 0.5 kg/cm^2

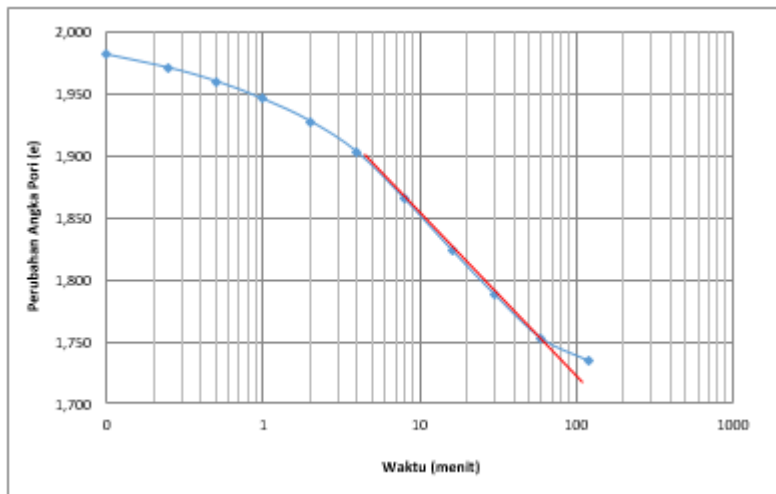
KONSOLIDASI – AKHIR PRIMER / TAHAP PEMBEBANAN



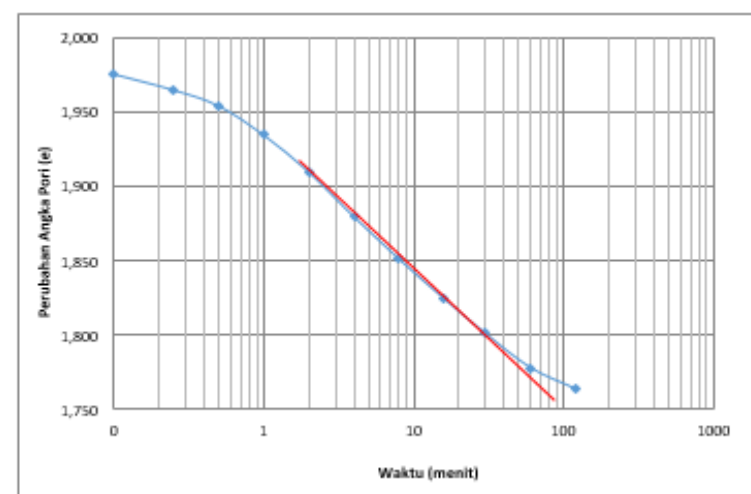
Sampel 1 - Soft Clay - 1 kg/cm²



Sampel 2 - Soft Clay - 1 kg/cm²

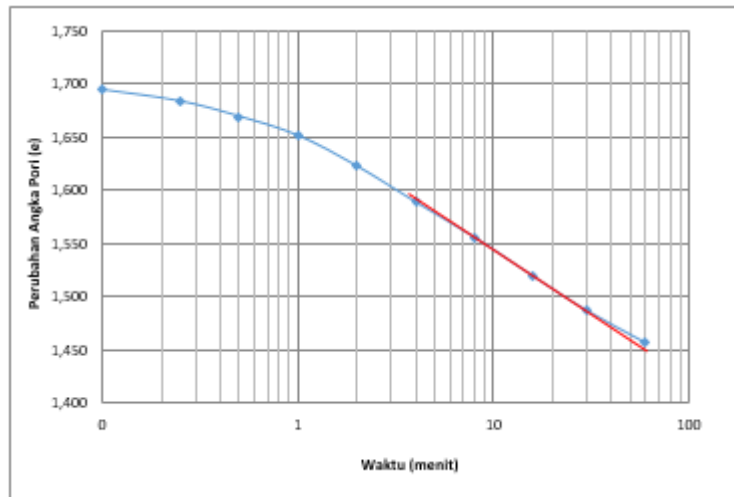


Sampel 1 - Soft Clay - 2 kg/cm²

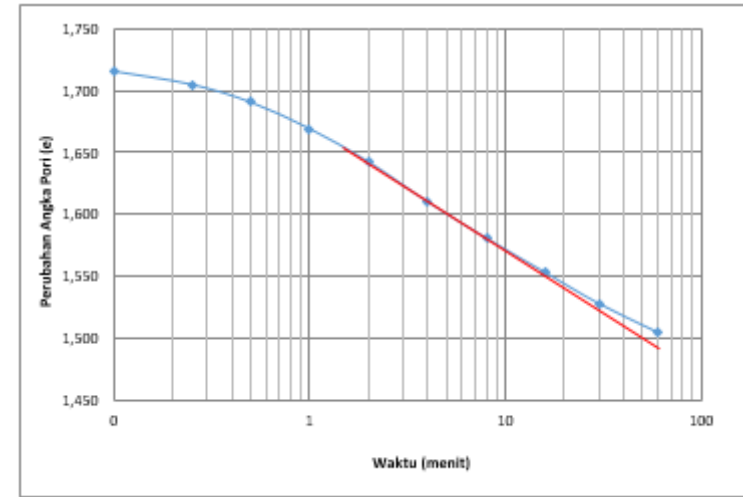


Sampel 2 - Soft Clay - 2 kg/cm²

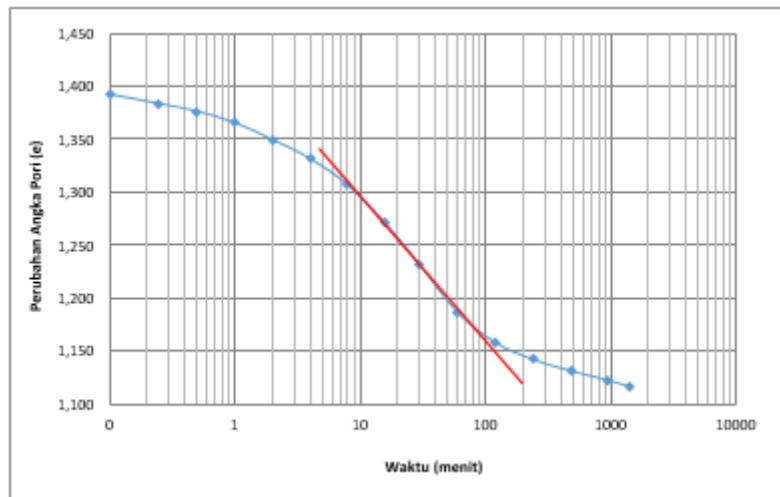
KONSOLIDASI – AKHIR PRIMER / TAHAP PEMBEBANAN



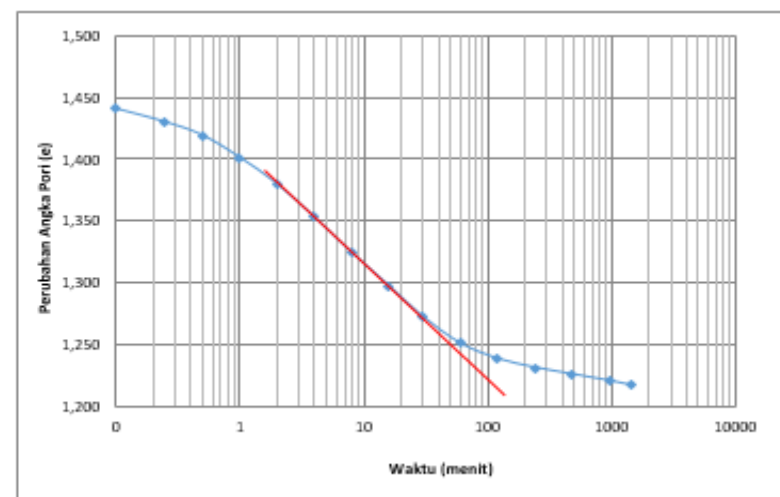
Sampel 1 - Soft Clay - 4 kg/cm²



Sampel 2 - Soft Clay - 4 kg/cm²

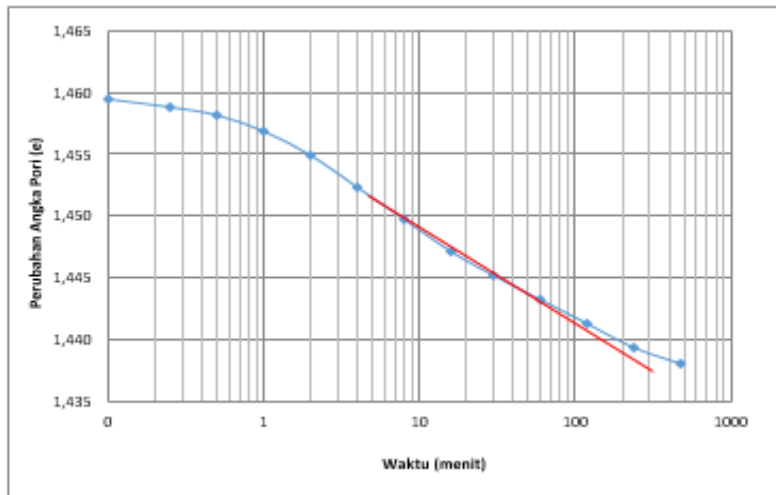


Sampel 1 - Soft Clay - 8 kg/cm²

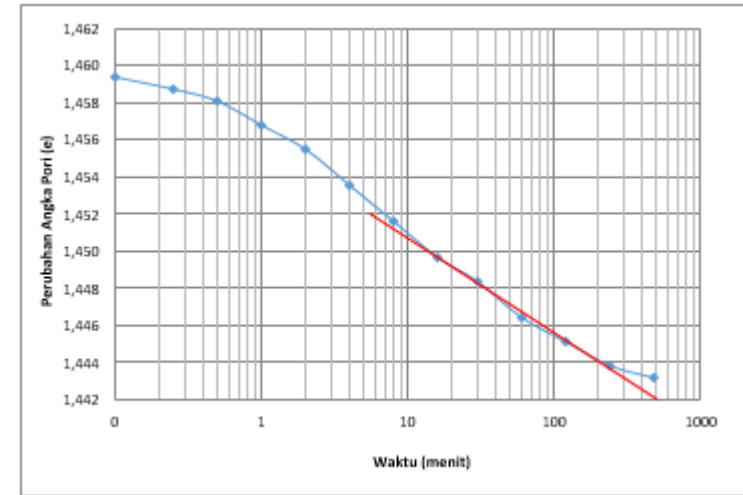


Sampel 2 - Soft Clay - 8 kg/cm²

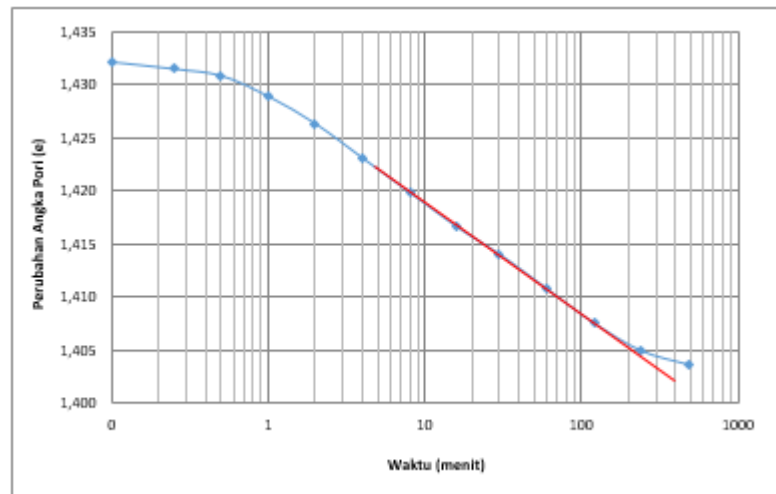
KONSOLIDASI – AKHIR PRIMER / TAHAP PEMBEBANAN



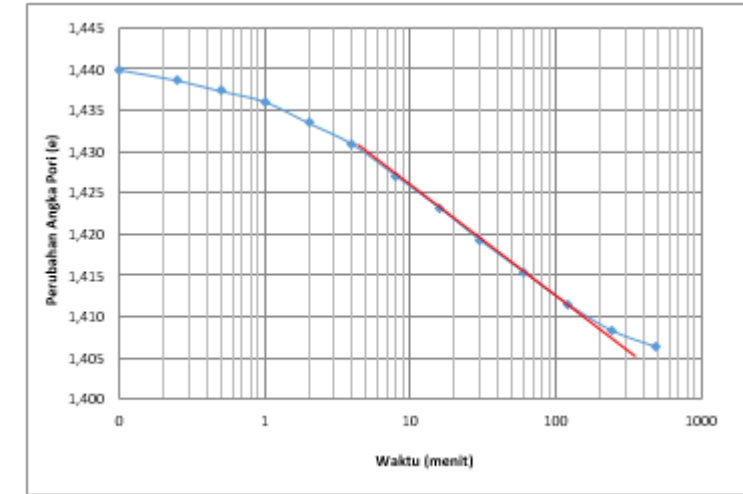
Sampel 1 – *Medium Clay* - 0,25 kg/cm²



Sampel 2 - *Medium Clay* - 0,25 kg/cm²

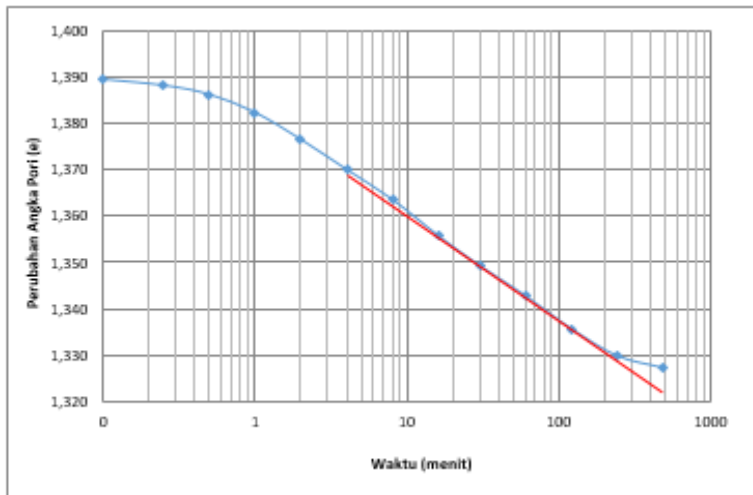


Sampel 1 - *Medium Clay* - 0,5 kg/cm²

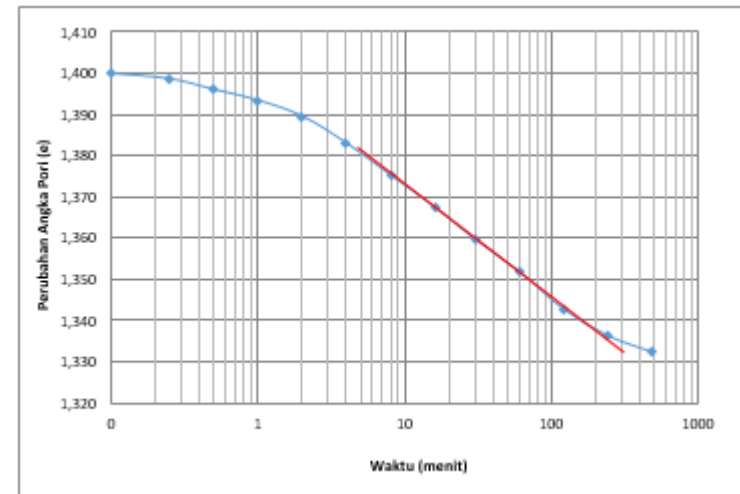


Sampel 2 - *Medium Clay* - 0,5 kg/cm²

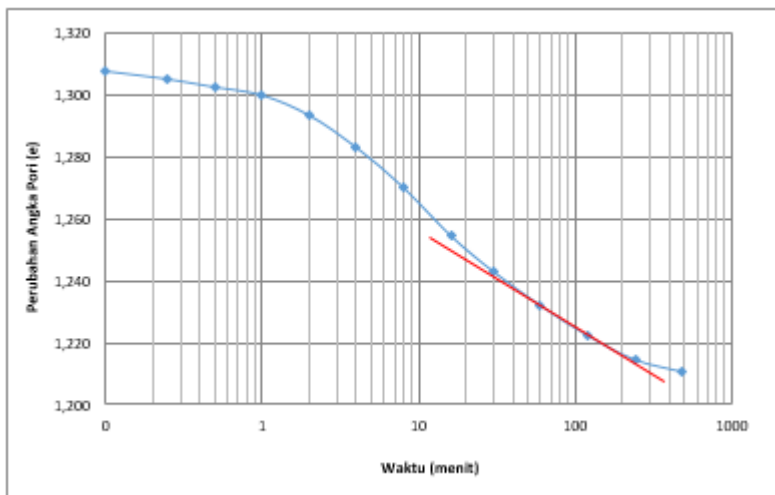
KONSOLIDASI – AKHIR PRIMER / TAHAP PEMBEBANAN



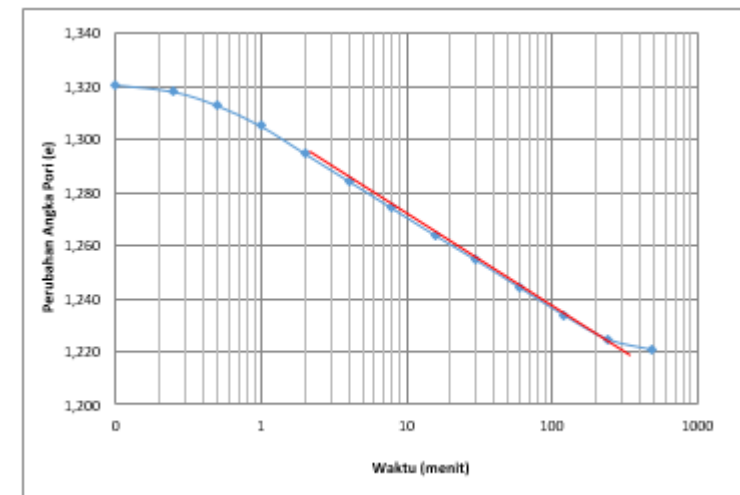
Sampel 1 - *Medium Clay* - 1 kg/cm²



Sampel 2 - *Medium Clay* - 1 kg/cm²

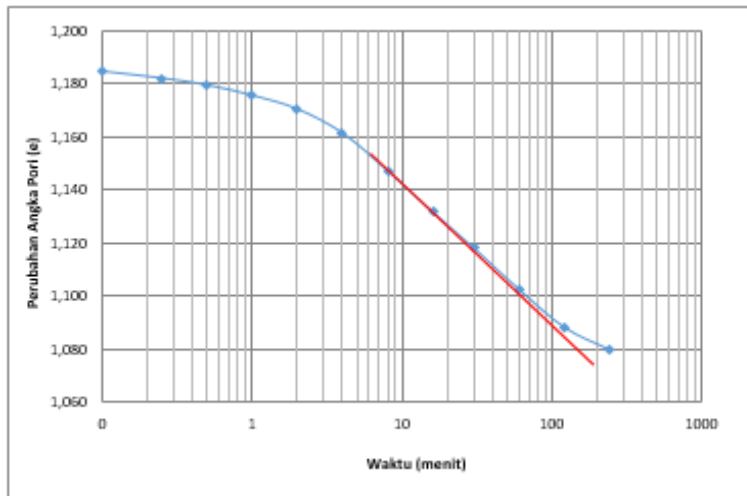


Sampel 1 - *Medium Clay* - 2 kg/cm²

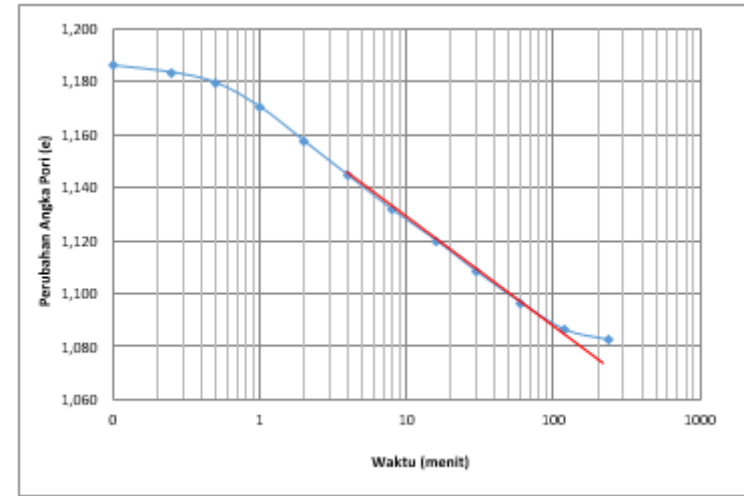


Sampel 2 - *Medium Clay* - 2 kg/cm²

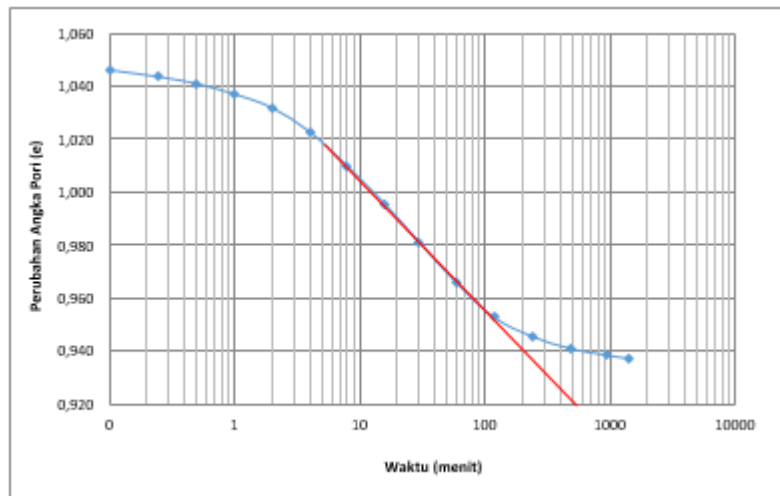
KONSOLIDASI – AKHIR PRIMER / TAHAP PEMBEBANAN



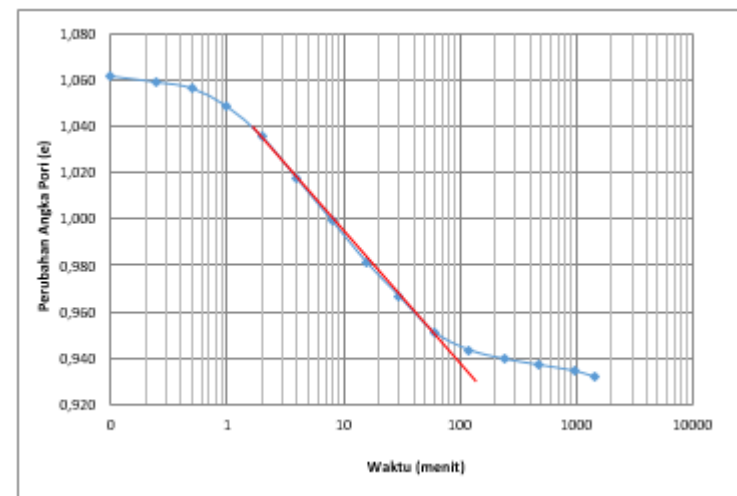
Sampel 1 - *Medium Clay* - 4 kg/cm²



Sampel 2 - *Medium Clay* - 4 kg/cm²



Sampel 1 - *Medium Clay* - 8 kg/cm²



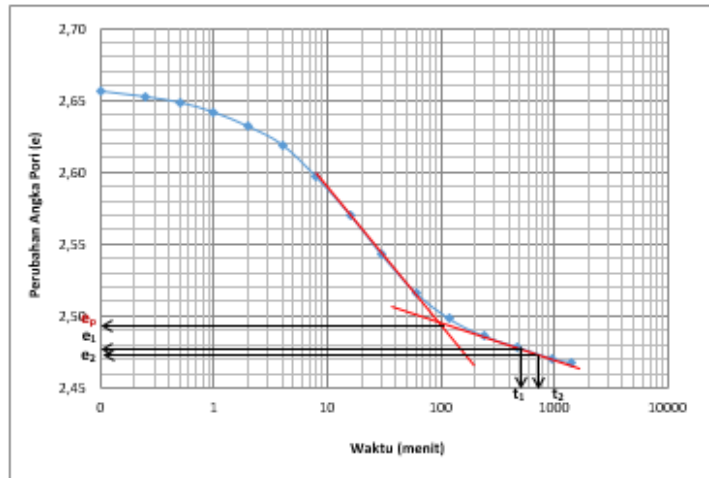
Sampel 2 - *Medium Clay* - 8 kg/cm²

KONSOLIDASI – 24 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan
Angka Pori Akhir

$C_{\alpha} = 0,021$
 $e_p = 2,495$

$C_{\alpha}' = 0,00587$

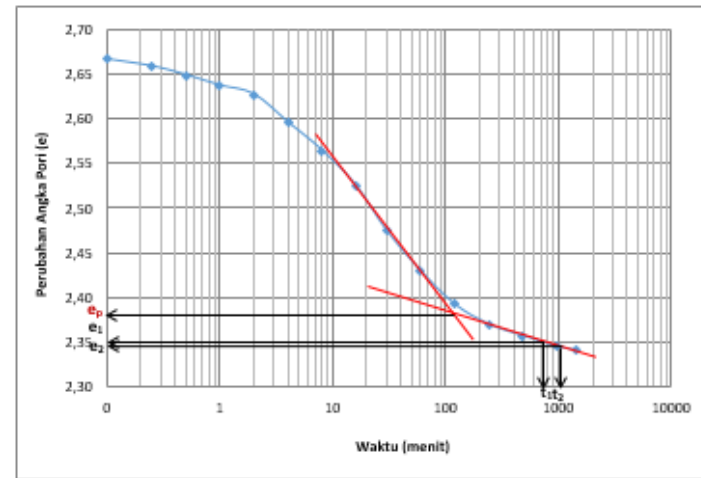


Sampel 1 - Very Soft Clay - 0,25 kg/cm²

Koefisien Pemampatan
Angka Pori Akhir

$C_{\alpha} = 0,023$
 $e_p = 2,38$

$C_{\alpha}' = 0,00668$

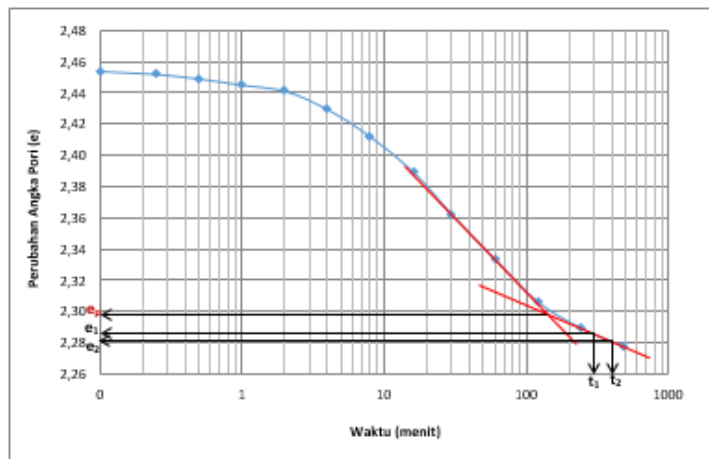


Sampel 2 - Very Soft Clay - 0,25 kg/cm²

Koefisien Pemampatan
Angka Pori Akhir

$C_{\alpha} = 0,0320$
 $e_p = 2,299$

$C_{\alpha}' = 0,00970$

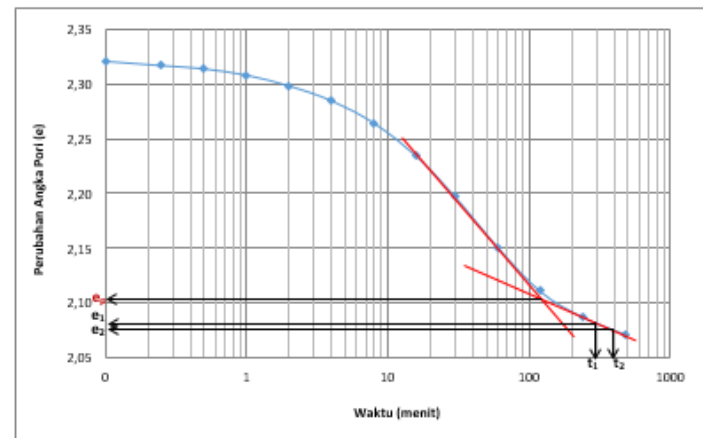


Sampel 1 - Very Soft Clay - 0,5 kg/cm²

Koefisien Pemampatan
Angka Pori Akhir

$C_{\alpha} = 0,028$
 $e_p = 2,105$

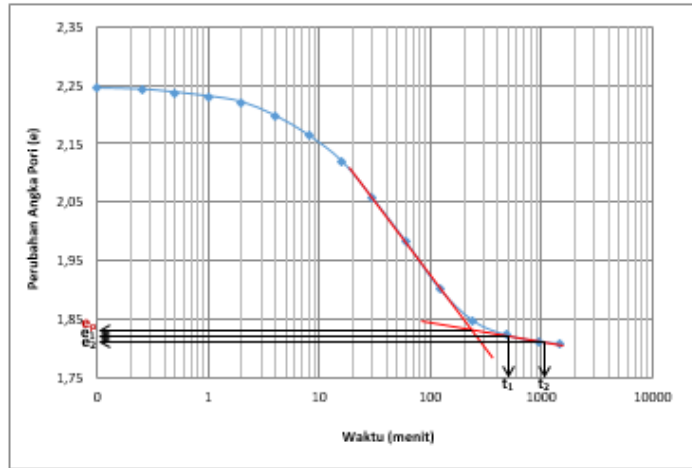
$C_{\alpha}' = 0,00902$



Sampel 2 - Very Soft Clay - 0,5 kg/cm²

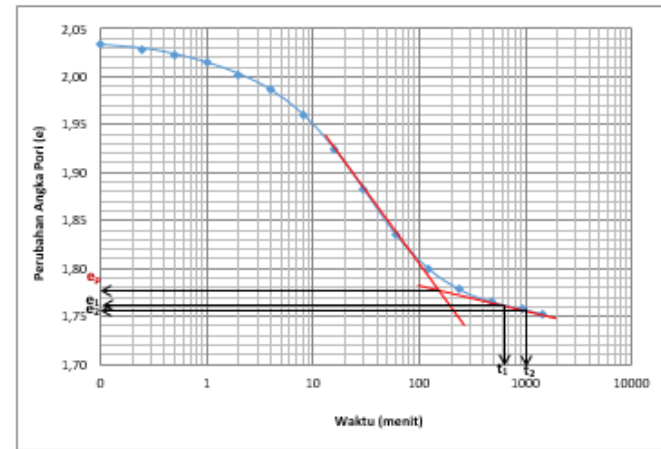
KONSOLIDASI – 24 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,030$ $C_{\alpha}' = 0,0106$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,83$



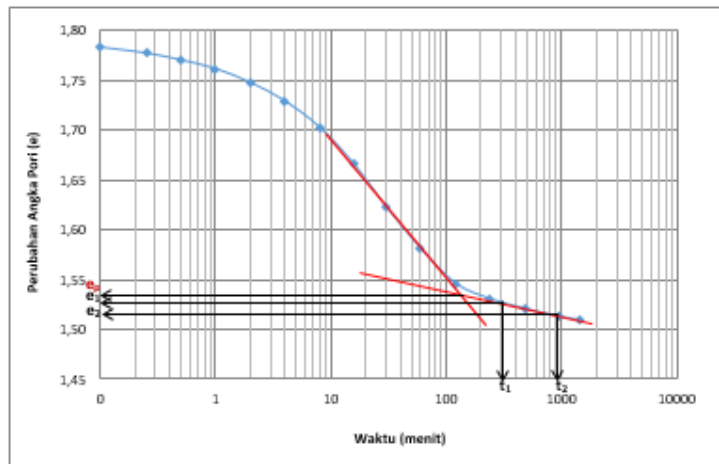
Sampel 1 - Very Soft Clay - 1 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0316$ $C_{\alpha}' = 0,01136$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,778$



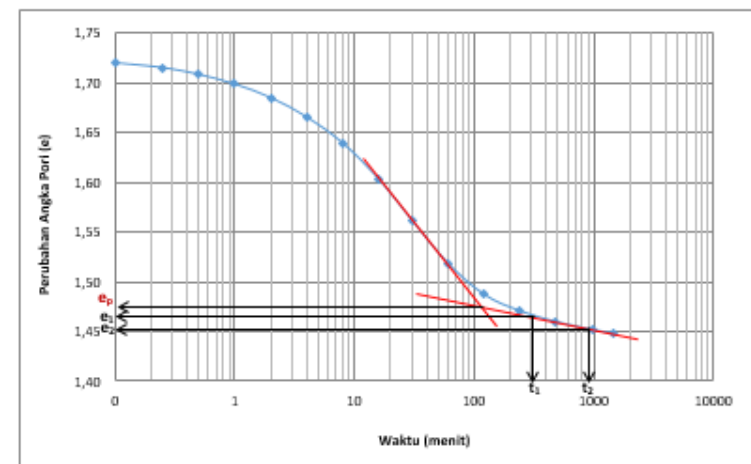
Sampel 2 - Very Soft Clay – 1 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0314$ $C_{\alpha}' = 0,01240$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,535$



Sampel 1 - Very Soft Clay - 2 kg/cm²

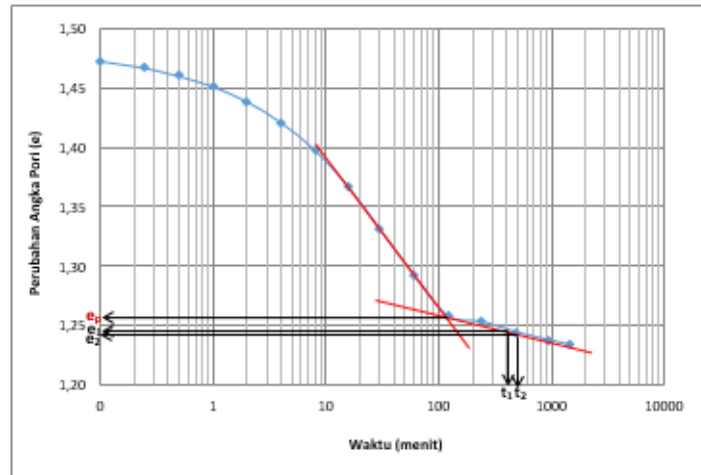
Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,027$ $C_{\alpha}' = 0,01101$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,475$



Sampel 2 - Very Soft Clay - 2 kg/cm²

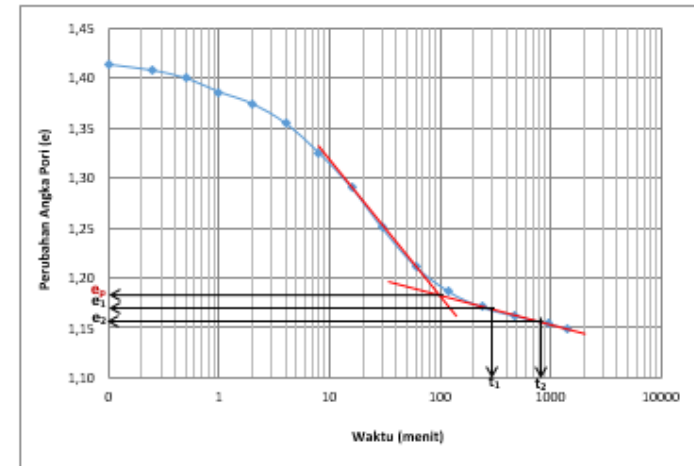
KONSOLIDASI – 24 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,028$ $C_{\alpha}' = 0,01234$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,258$



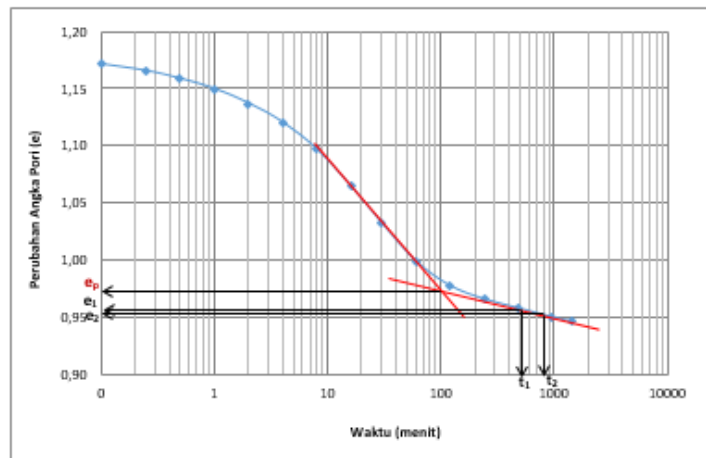
Sampel 1 - *Very Soft Clay* - 4 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,031$ $C_{\alpha}' = 0,01397$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,185$



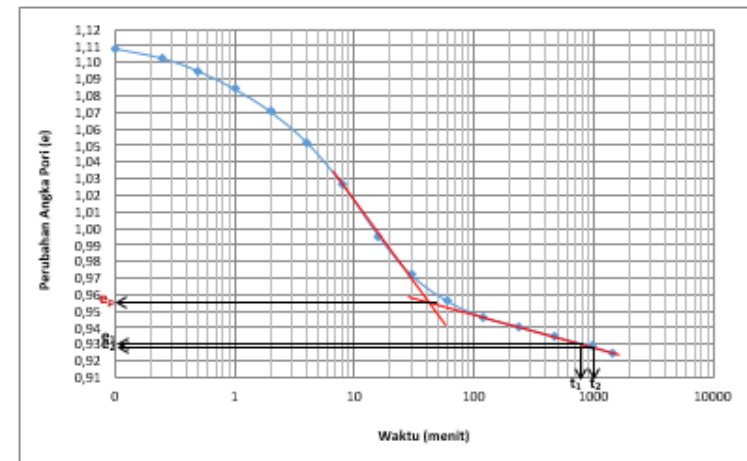
Sampel 2 - *Very Soft Clay* - 4 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0245$ $C_{\alpha}' = 0,01243$
 Angka Pori Akhir $e_p = 0,97$



Sampel 1 - *Very Soft Clay* - 8 kg/cm²

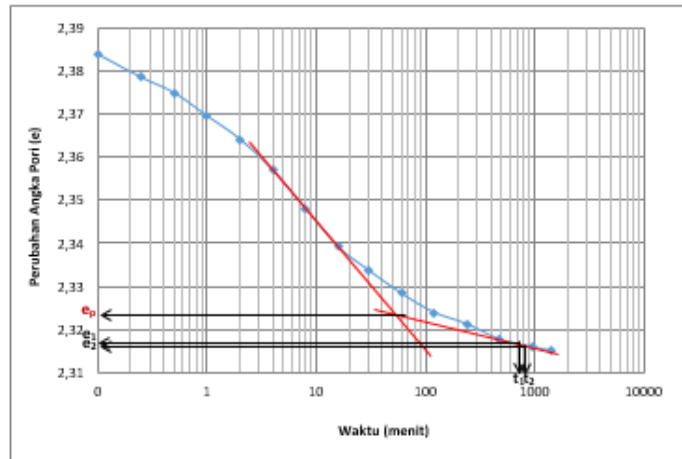
Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0237$ $C_{\alpha}' = 0,01214$
 Angka Pori Akhir $e_p = 0,955$



Sampel 2 - *Very Soft Clay* - 8 kg/cm²

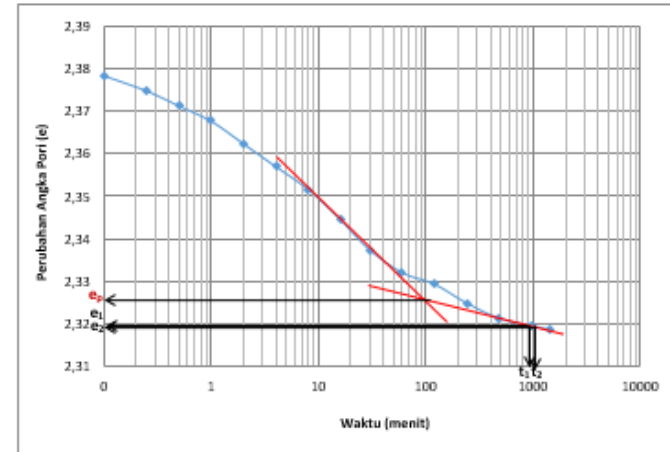
KONSOLIDASI – 24 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,01380$ $C_{\alpha}' = 0,00415$
 Angka Pori Akhir $e_p = 2,323$



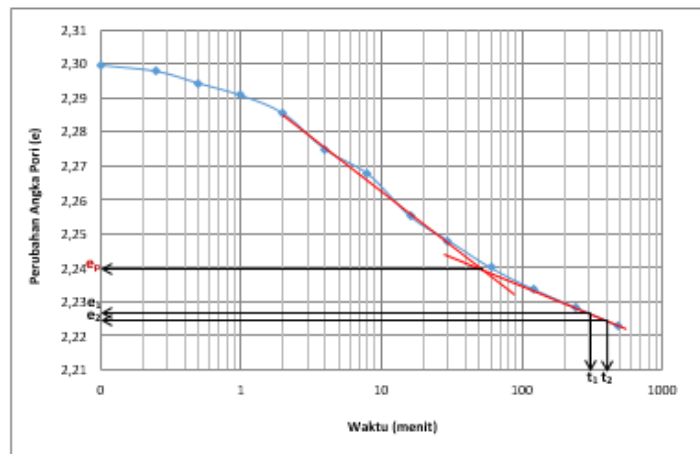
Sampel 1 - *Soft Clay* - 0,25 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0153$ $C_{\alpha}' = 0,00460$
 Angka Pori Akhir $e_p = 2,326$



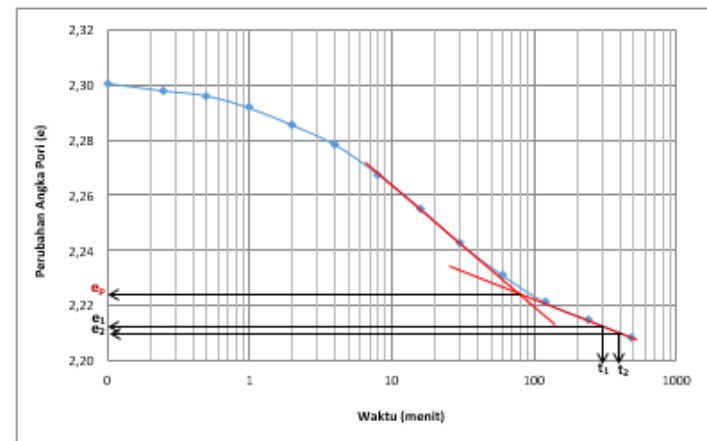
Sampel 2 - *Soft Clay* - 0,25 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,02001$ $C_{\alpha}' = 0,00618$
 Angka Pori Akhir $e_p = 2,24$



Sampel 1 - *Soft Clay* - 0,5 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,024$ $C_{\alpha}' = 0,00745$
 Angka Pori Akhir $e_p = 2,225$



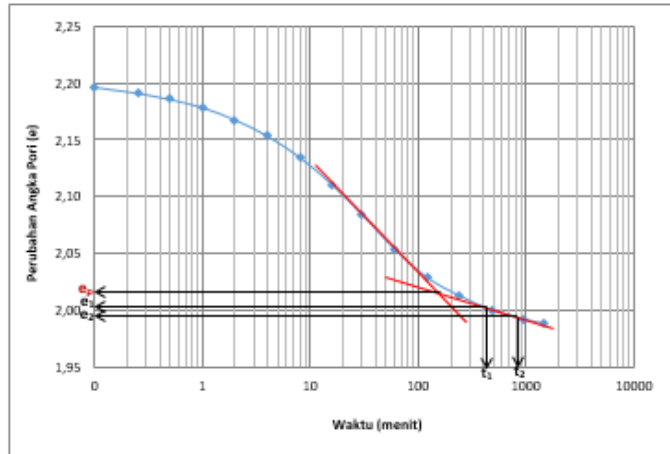
Sampel 2 - *Soft Clay* - 0,5 kg/cm²

KONSOLIDASI – 24 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan
Angka Pori Akhir

$C_{\alpha} = 0,0233$
 $e_p = 2,018$

$C_{\alpha}' = 0,0077$

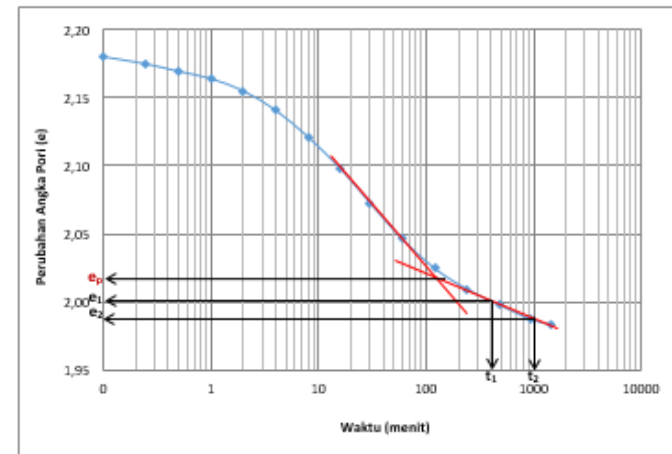


Sampel 1 - Soft Clay - 1 kg/cm²

Koefisien Pemampatan
Angka Pori Akhir

$C_{\alpha} = 0,0276$
 $e_p = 2,018$

$C_{\alpha}' = 0,00916$

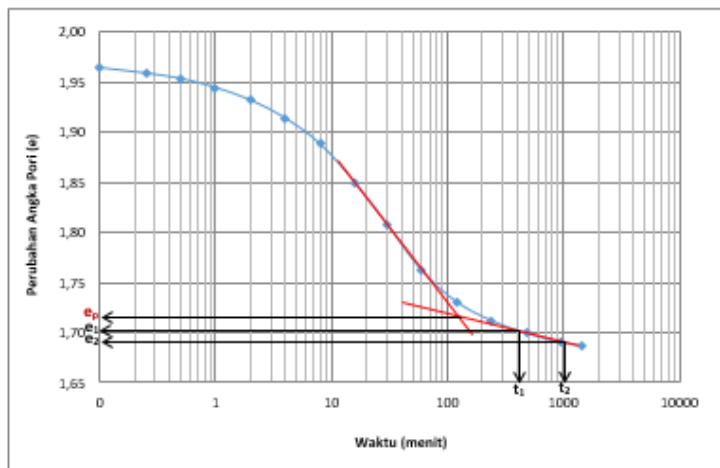


Sampel 2 - Soft Clay - 1 kg/cm²

Koefisien Pemampatan
Angka Pori Akhir

$C_{\alpha} = 0,03267$
 $e_p = 1,717$

$C_{\alpha}' = 0,01202$

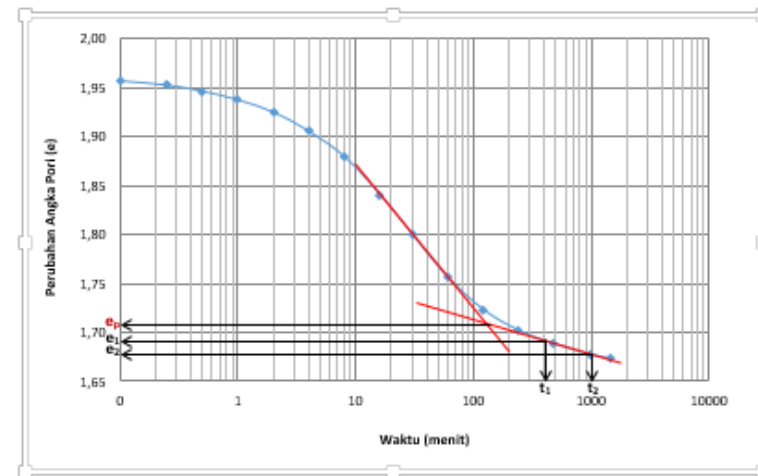


Sampel 1 - Soft Clay - 2 kg/cm²

Koefisien Pemampatan
Angka Pori Akhir

$C_{\alpha} = 0,0302$
 $e_p = 1,71$

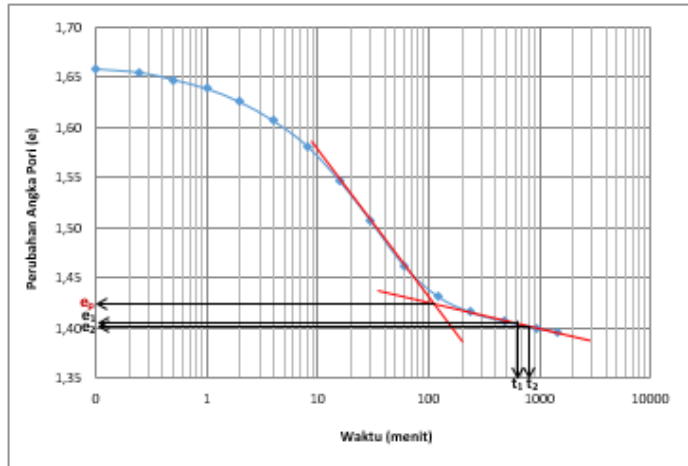
$C_{\alpha}' = 0,01113$



Sampel 2 - Soft Clay - 2 kg/cm²

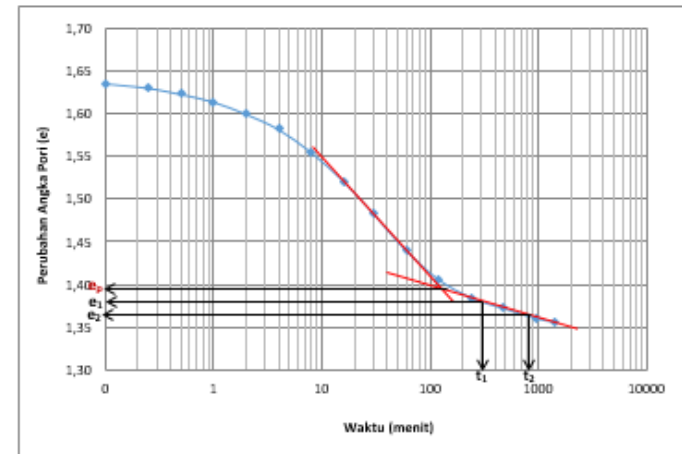
KONSOLIDASI – 24 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,03202$ $C_{\alpha}' = 0,01321$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,424$



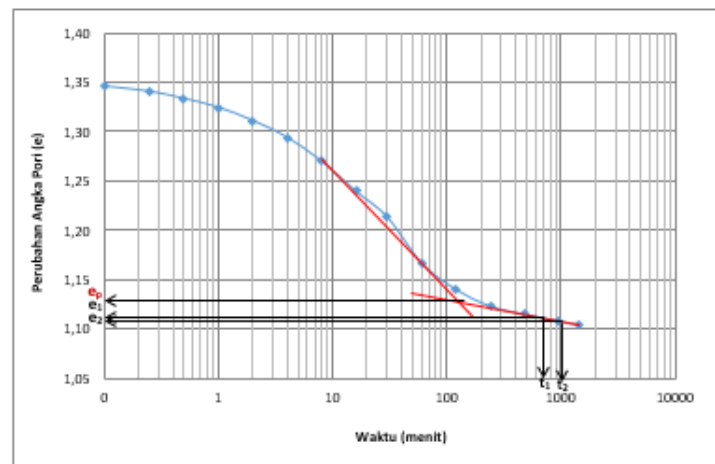
Sampel 1 - Soft Clay - 4 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,031$ $C_{\alpha}' = 0,01274$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,395$



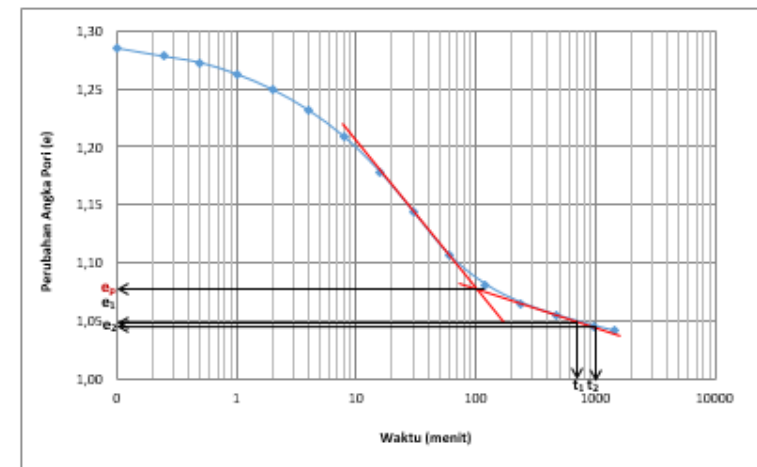
Sampel 2 - Soft Clay - 4 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,02332$ $C_{\alpha}' = 0,01091$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,13$



Sampel 1 - Soft Clay - 8 kg/cm²

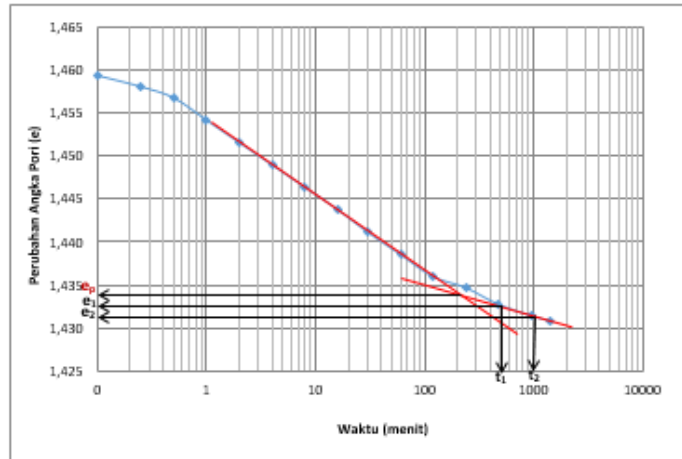
Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,02582$ $C_{\alpha}' = 0,01241$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,08$



Sampel 2 - Soft Clay - 8 kg/cm²

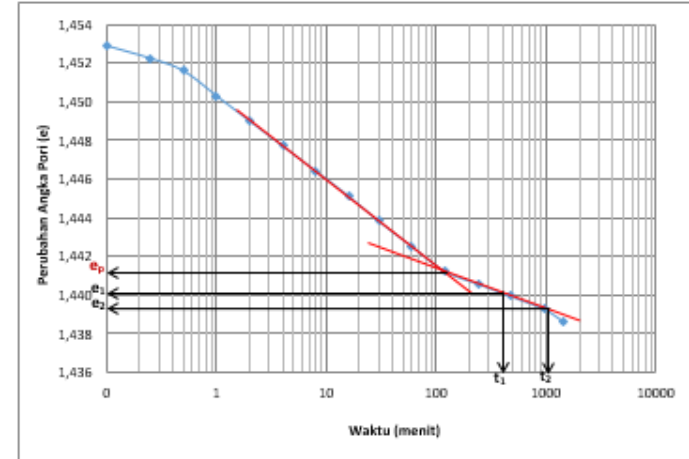
KONSOLIDASI – 24 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,003$ $C_{\alpha}' = 0,00136$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,434$



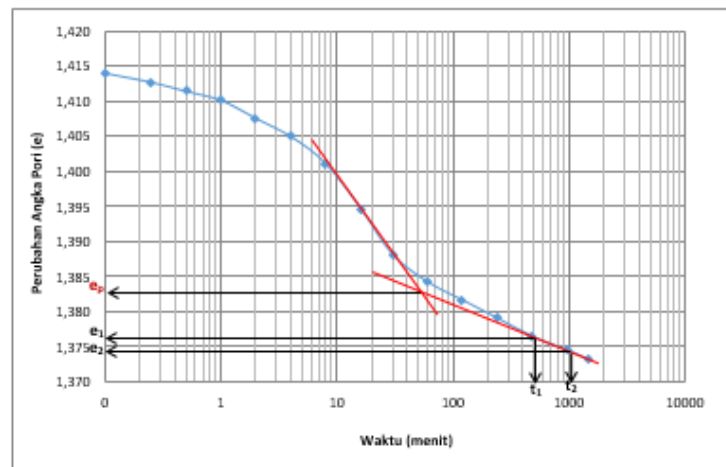
Sampel 1 – *Medium Clay* - 0,25 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0020$ $C_{\alpha}' = 0,00082$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,4413$



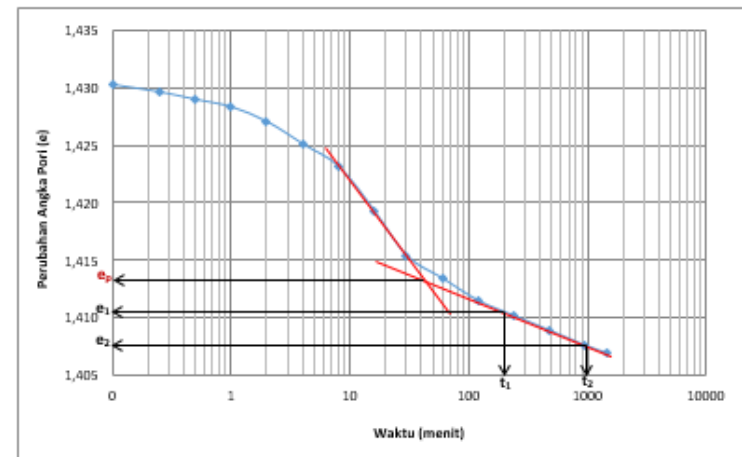
Sampel 2 - *Medium Clay* - 0,25 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,005$ $C_{\alpha}' = 0,00223$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,383$



Sampel 1 - *Medium Clay* - 0,5 kg/cm²

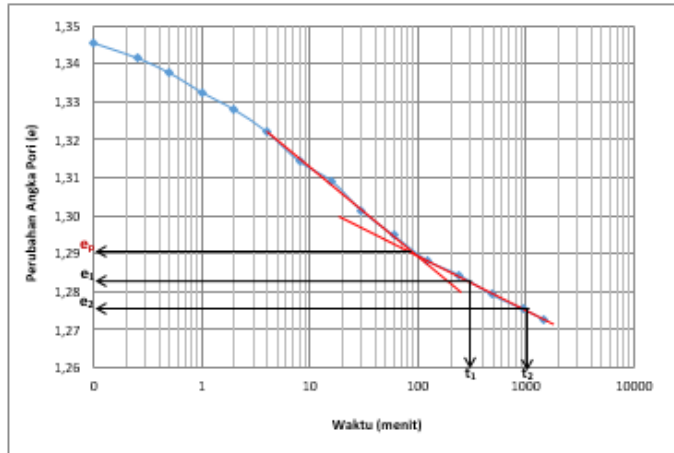
Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,004$ $C_{\alpha}' = 0,00160$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,4132$



Sampel 2 - *Medium Clay* - 0,5 kg/cm²

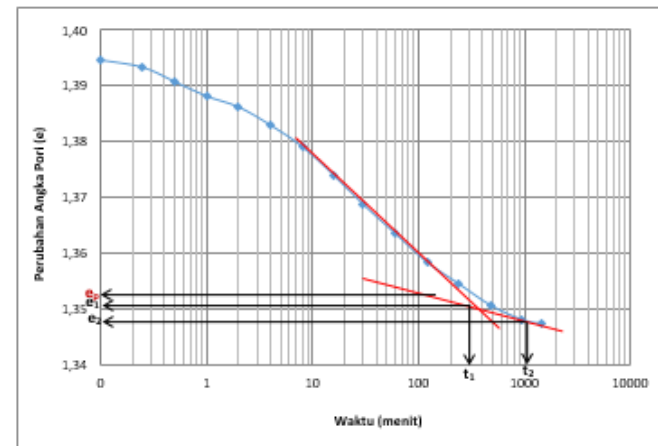
KONSOLIDASI – 24 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,013$ $C_{\alpha}' = 0,0058$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,291$



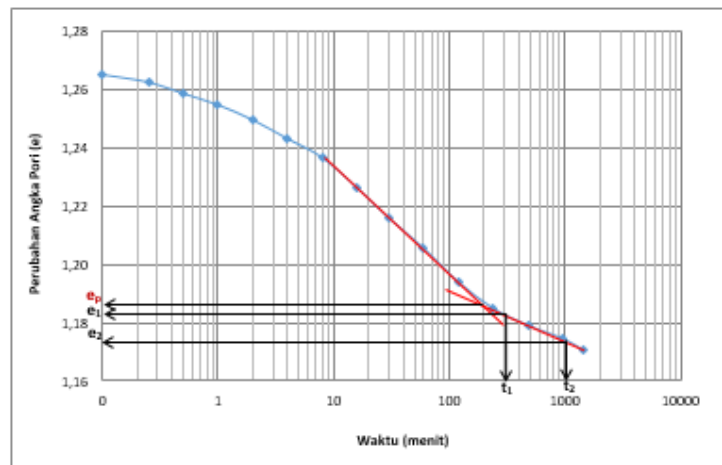
Sampel 1 - *Medium Clay* - 1 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,006$ $C_{\alpha}' = 0,00244$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,353$



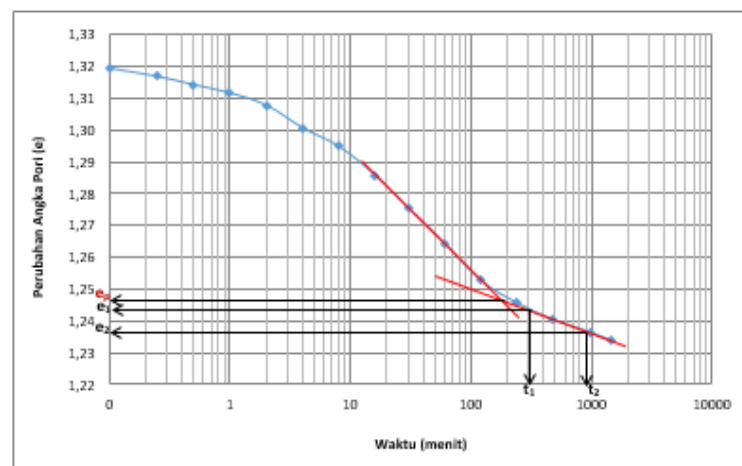
Sampel 2 - *Medium Clay* - 1 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,017$ $C_{\alpha}' = 0,00787$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,187$



Sampel 1 - *Medium Clay* - 2 kg/cm²

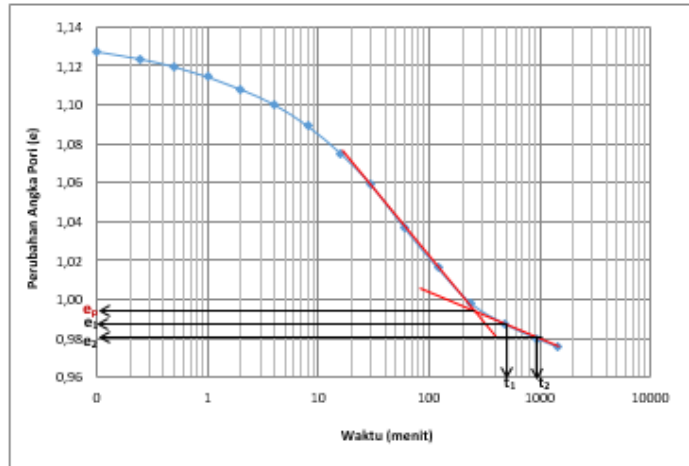
Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,016348$ $C_{\alpha}' = 0,00728$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,246$



Sampel 2 - *Medium Clay* - 2 kg/cm²

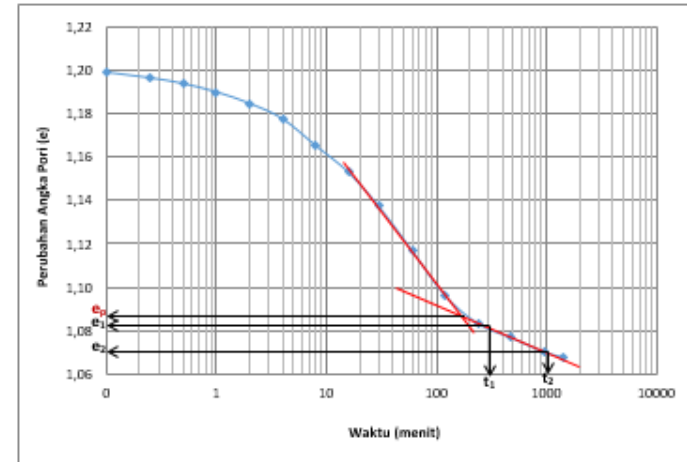
KONSOLIDASI – 24 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,020$ $C_{\alpha}' = 0,00999$
 Angka Pori Akhir $e_p = 0,995$



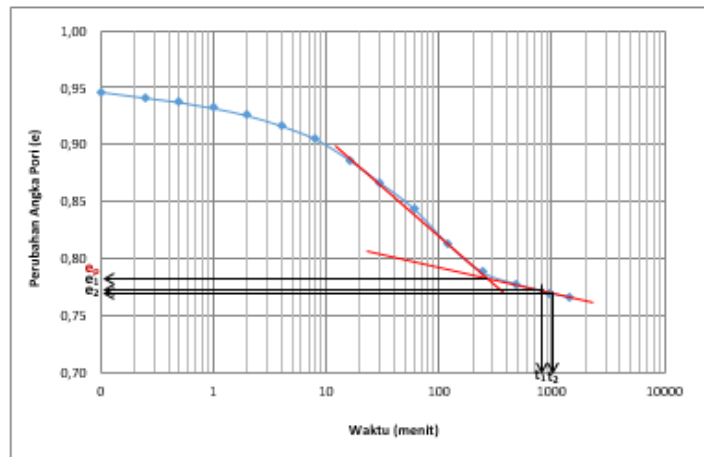
Sampel 1 - *Medium Clay* - 4 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,019$ $C_{\alpha}' = 0,00917$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,086$



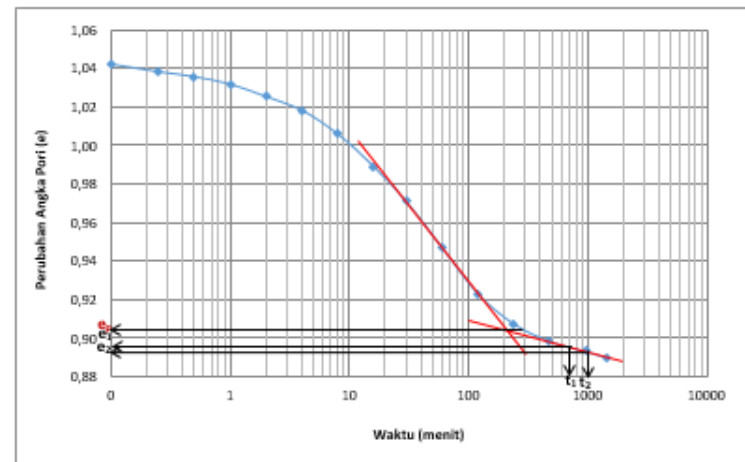
Sampel 2 - *Medium Clay* - 4 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,017$ $C_{\alpha}' = 0,00926$
 Angka Pori Akhir $e_p = 0,782$



Sampel 1 - *Medium Clay* - 8 kg/cm²

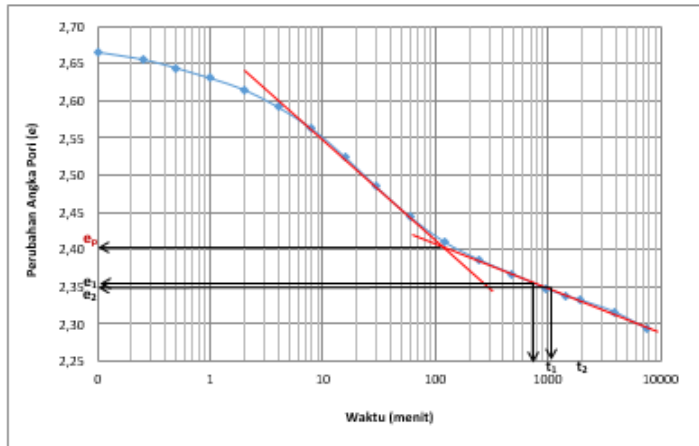
Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,016$ $C_{\alpha}' = 0,00848$
 Angka Pori Akhir $e_p = 0,903$



Sampel 2 - *Medium Clay* - 8 kg/cm²

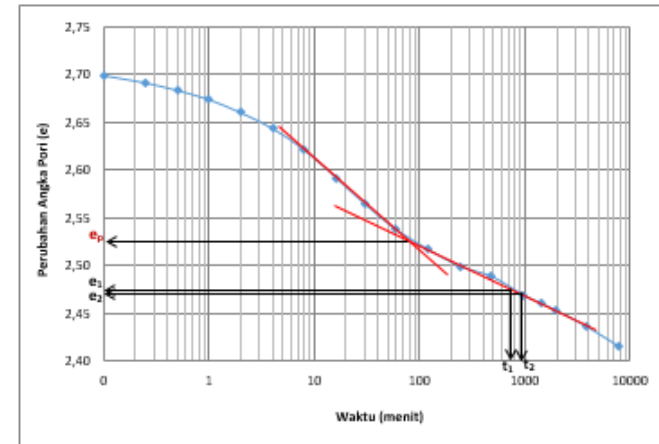
KONSOLIDASI – 128 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0258$ $C_{\alpha}' = 0,0076$
 Angka Pori Akhir $e_p = 2,405$



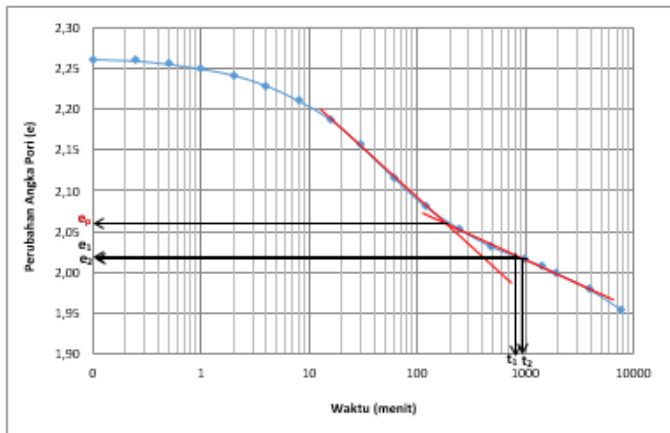
Sampel 1 - *Very Soft Clay* - 0,25 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0183$ $C_{\alpha}' = 0,0056$
 Angka Pori Akhir $e_p = 2,252$



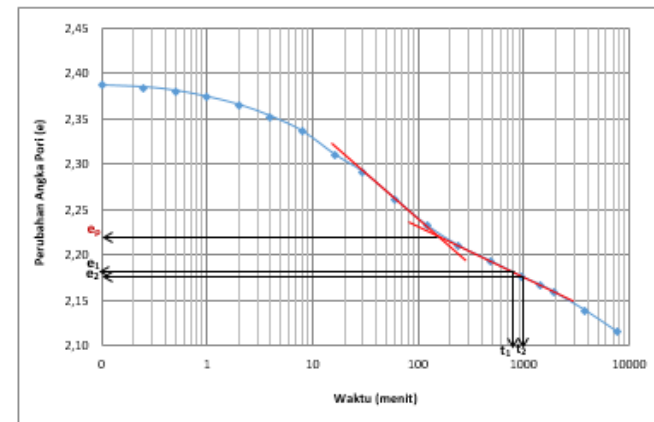
Sampel 2 - *Very Soft Clay* - 0,25 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0195$ $C_{\alpha}' = 0,0064$
 Angka Pori Akhir $e_p = 2,06$



Sampel 1 - *Very Soft Clay* - 0,5 kg/cm²

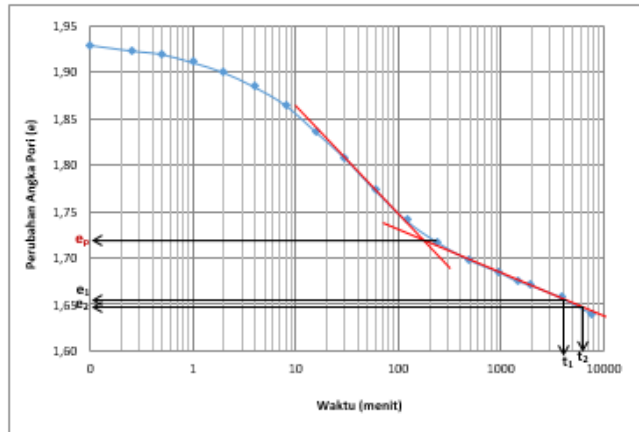
Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0310$ $C_{\alpha}' = 0,0096$
 Angka Pori Akhir $e_p = 2,22$



Sampel 2 - *Very Soft Clay* - 0,5 kg/cm²

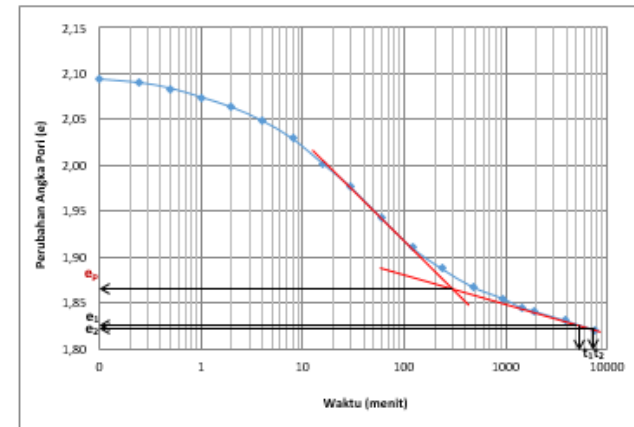
KONSOLIDASI – 128 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0295$ $C_{\alpha}' = 0,0109$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,72$



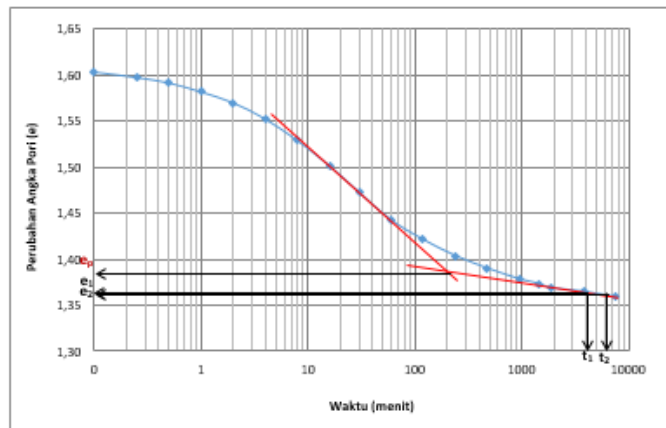
Sampel 1 - *Very Soft Clay* - 1 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0342$ $C_{\alpha}' = 0,0119$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,865$



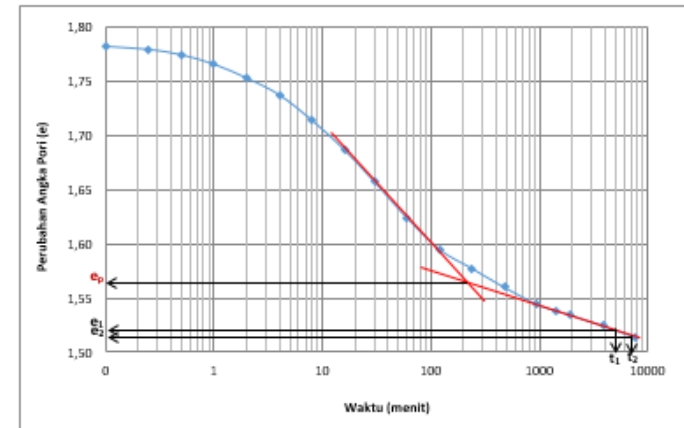
Sampel 2 - *Very Soft Clay* – 1 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0284$ $C_{\alpha}' = 0,0119$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,385$



Sampel 1 - *Very Soft Clay* - 2 kg/cm²

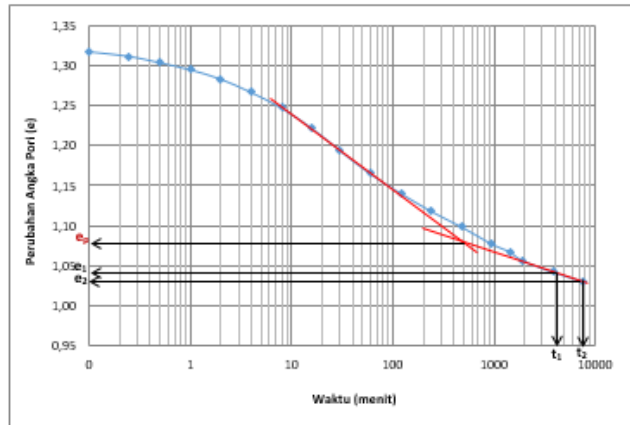
Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0308$ $C_{\alpha}' = 0,0120$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,565$



Sampel 2 - *Very Soft Clay* - 2 kg/cm²

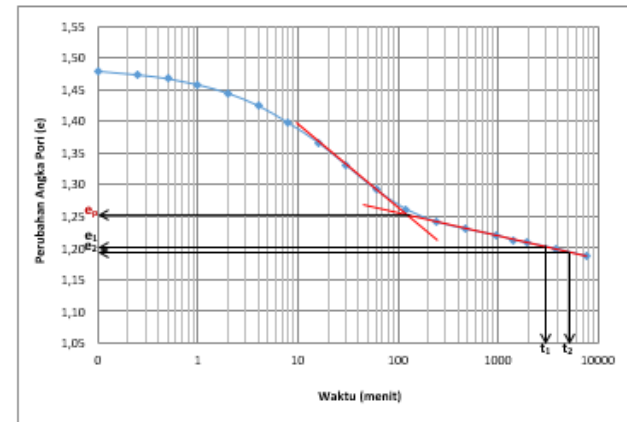
KONSOLIDASI – 128 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0276$ $C_{\alpha}' = 0,0133$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,08$



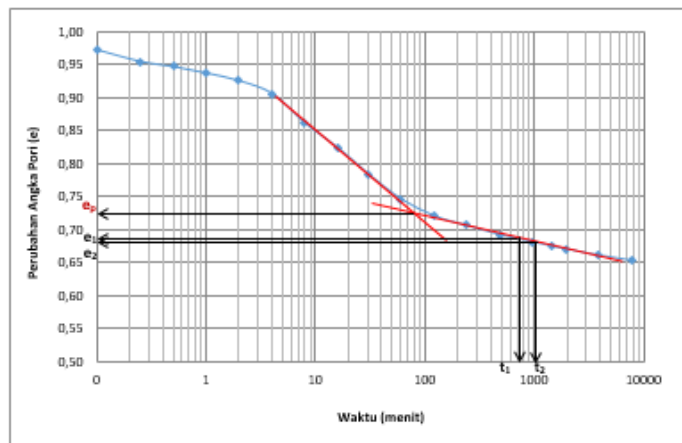
Sampel 1 - Very Soft Clay - 4 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,032$ $C_{\alpha}' = 0,0140$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,252$



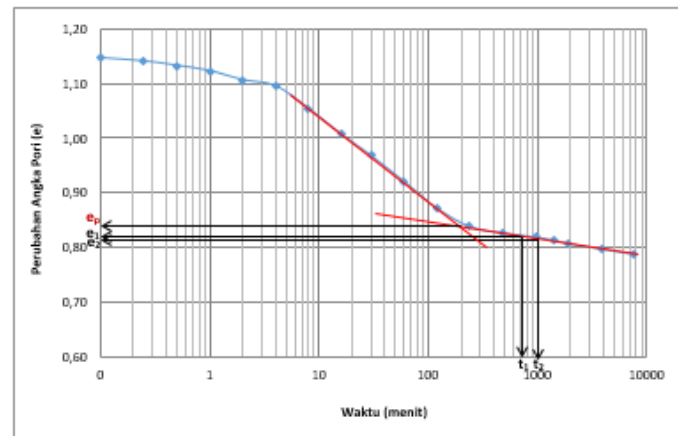
Sampel 2 - Very Soft Clay - 4 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0226$ $C_{\alpha}' = 0,0131$
 Angka Pori Akhir $e_p = 0,725$



Sampel 1 - Very Soft Clay - 8 kg/cm²

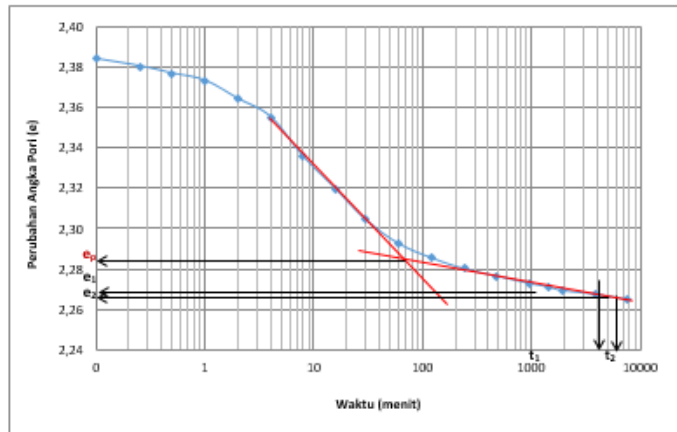
Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,023$ $C_{\alpha}' = 0,0123$
 Angka Pori Akhir $e_p = 0,84$



Sampel 2 - Very Soft Clay - 8 kg/cm²

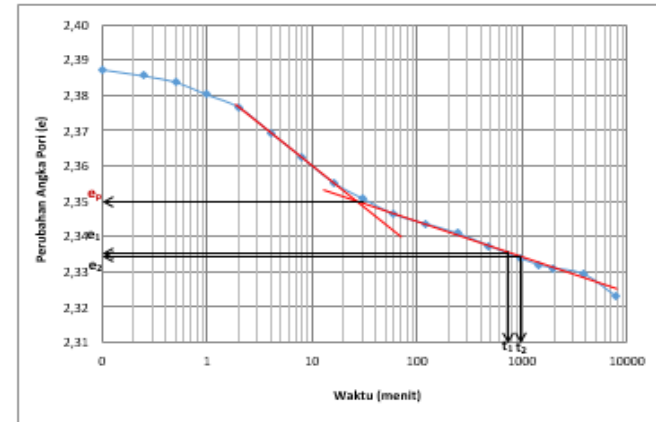
KONSOLIDASI – 128 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0159$ $C_{\alpha}' = 0,0048$
 Angka Pori Akhir $e_p = 2,285$



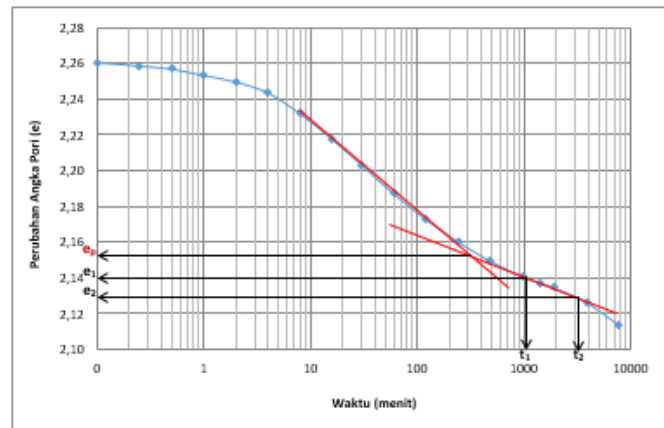
Sampel 1 - Soft Clay - 0,25 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0137$ $C_{\alpha}' = 0,00410$
 Angka Pori Akhir $e_p = 2,35$



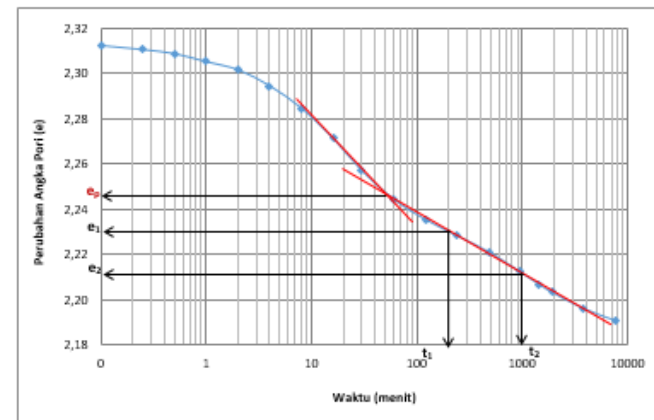
Sampel 2 - Soft Clay - 0,25 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0210$ $C_{\alpha}' = 0,0066$
 Angka Pori Akhir $e_p = 2,154$



Sampel 1 - Soft Clay - 0,5 kg/cm²

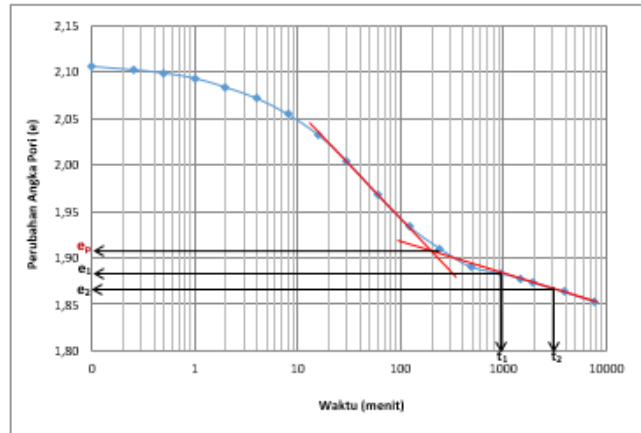
Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0229$ $C_{\alpha}' = 0,0071$
 Angka Pori Akhir $e_p = 2,245$



Sampel 2 - Soft Clay - 0,5 kg/cm²

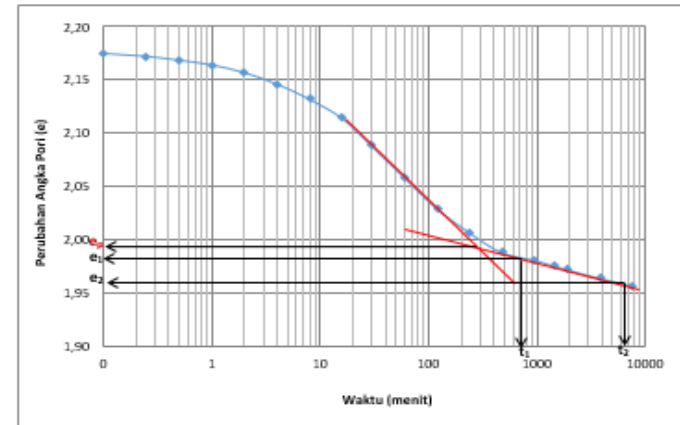
KONSOLIDASI – 128 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0268$ $C_{\alpha}' = 0,0092$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,908$



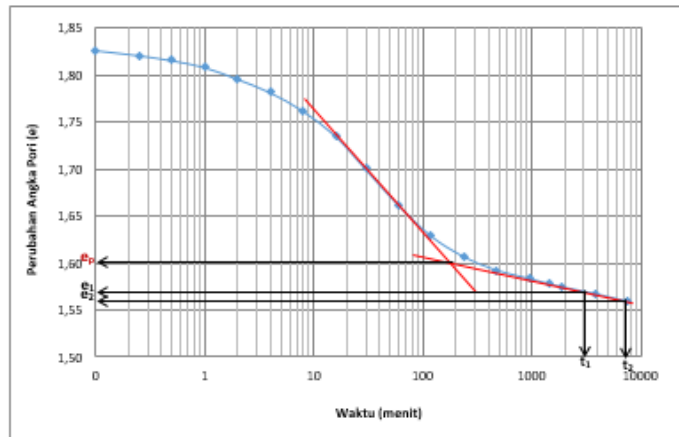
Sampel 1 - Soft Clay - 1 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0236$ $C_{\alpha}' = 0,0079$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,995$



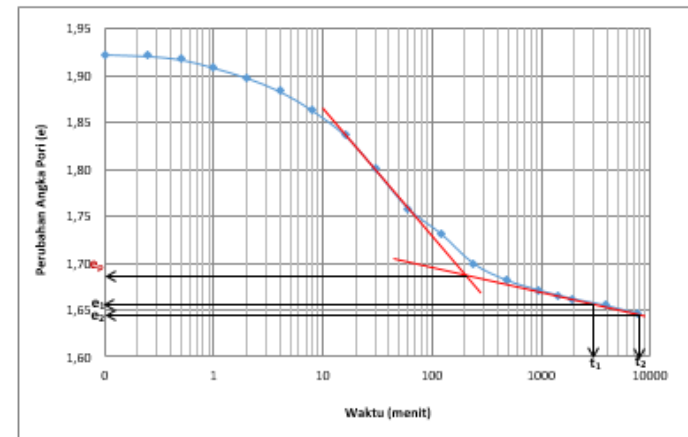
Sampel 2 - Soft Clay - 1 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0299$ $C_{\alpha}' = 0,0115$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,601$



Sampel 1 - Soft Clay - 2 kg/cm²

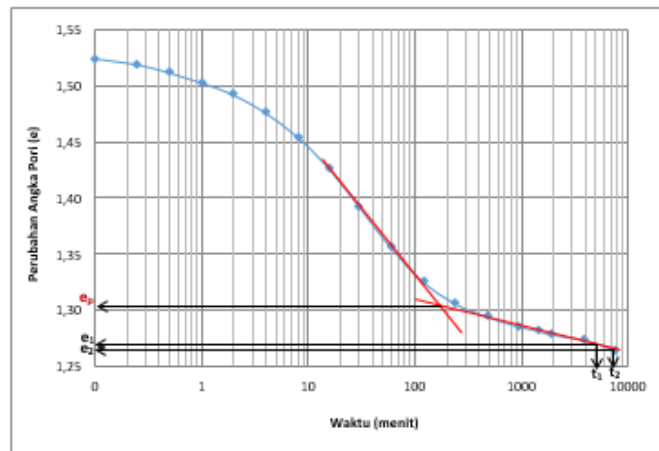
Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0293$ $C_{\alpha}' = 0,0109$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,688$



Sampel 2 - Soft Clay - 2 kg/cm²

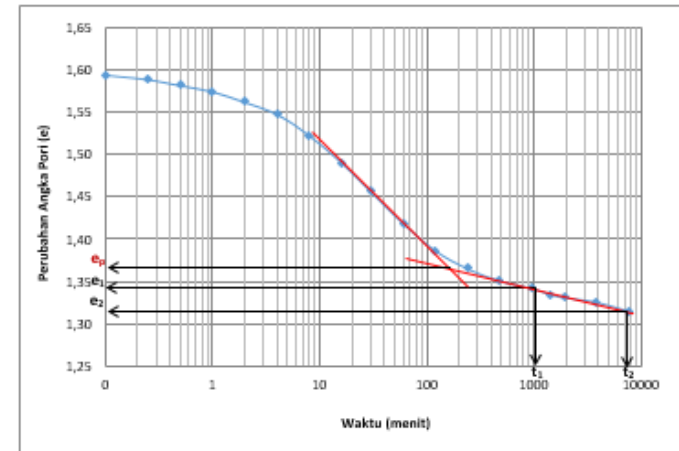
KONSOLIDASI – 128 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0274$ $C_{\alpha}' = 0,0119$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,305$



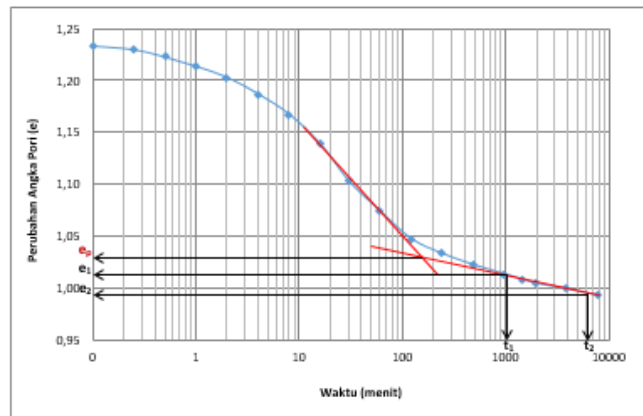
Sampel 1 - *Soft Clay* - 4 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0284$ $C_{\alpha}' = 0,01199$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,369$



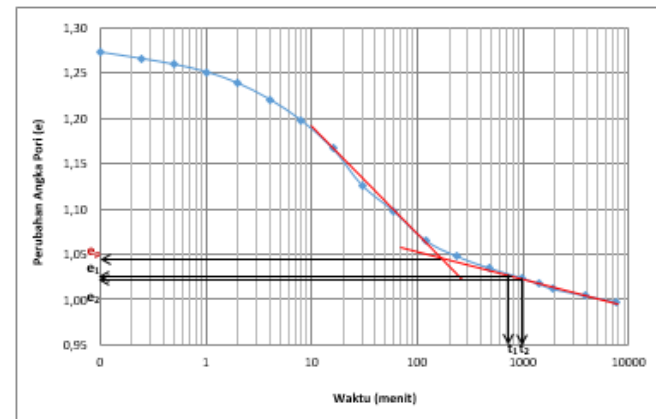
Sampel 2 - *Soft Clay* - 4 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0218$ $C_{\alpha}' = 0,0108$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,03$



Sampel 1 - *Soft Clay* - 8 kg/cm²

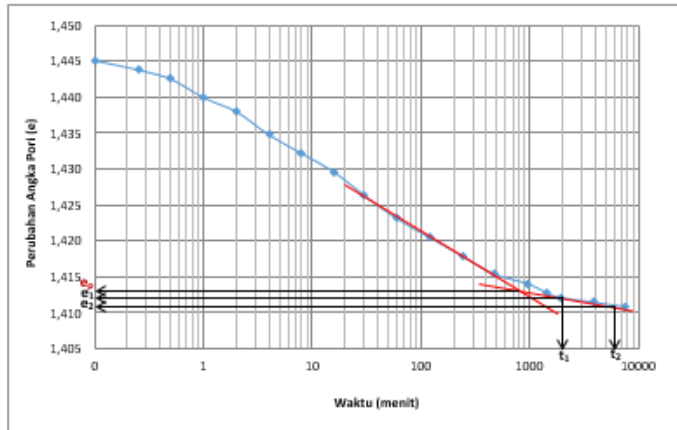
Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0258$ $C_{\alpha}' = 0,0126$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,045$



Sampel 2 - *Soft Clay* - 8 kg/cm²

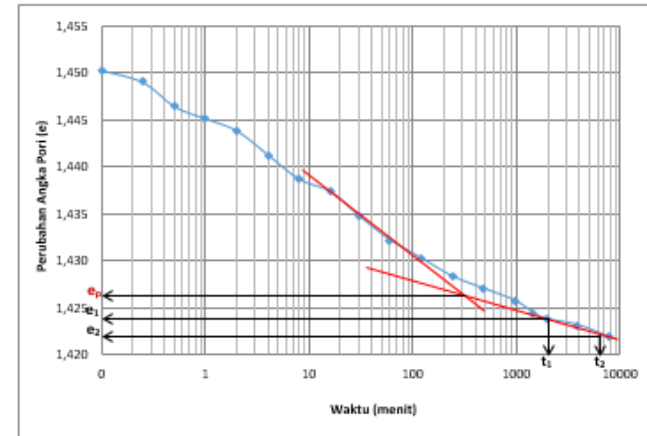
KONSOLIDASI – 128 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0021$ $C_{\alpha}' = 0,0009$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,413$



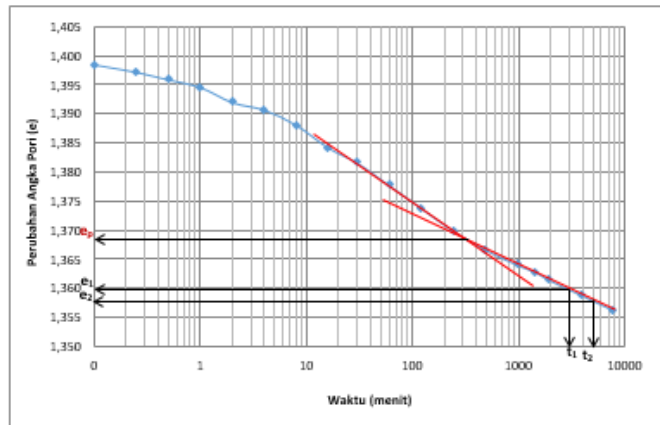
Sampel 1 – *Medium Clay* - 0,25 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,004$ $C_{\alpha}' = 0,0017$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,4262$



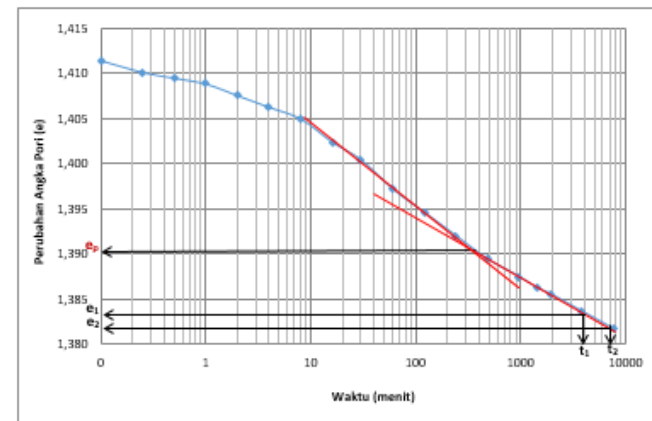
Sampel 2 - *Medium Clay* - 0,25 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0066$ $C_{\alpha}' = 0,0028$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,3685$



Sampel 1 - *Medium Clay* - 0,5 kg/cm²

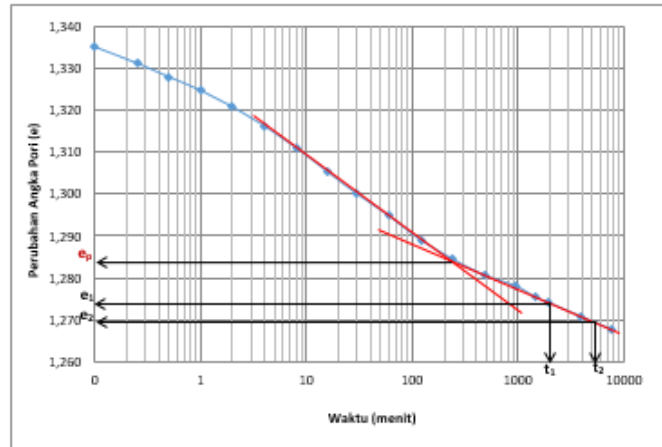
Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,00494$ $C_{\alpha}' = 0,0021$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,391$



Sampel 2 - *Medium Clay* - 0,5 kg/cm²

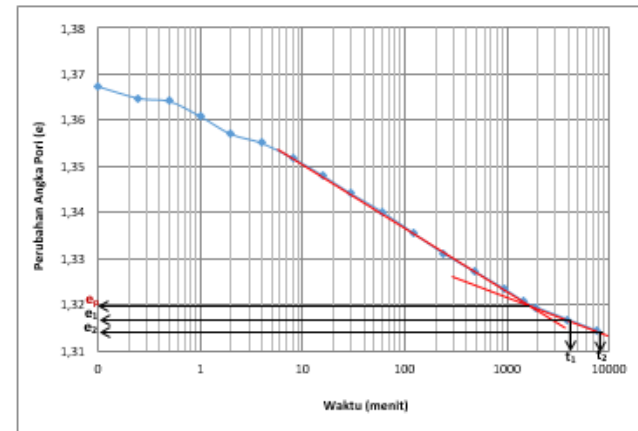
KONSOLIDASI – 128 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0101$ $C_{\alpha}' = 0,0044$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,284$



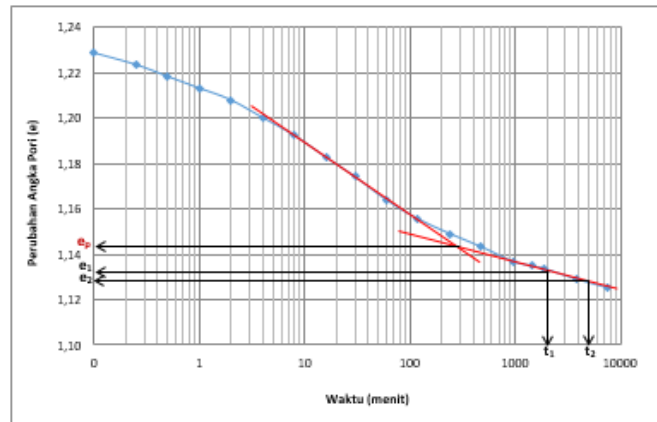
Sampel 1 - *Medium Clay* - 1 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0062$ $C_{\alpha}' = 0,0027$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,32$



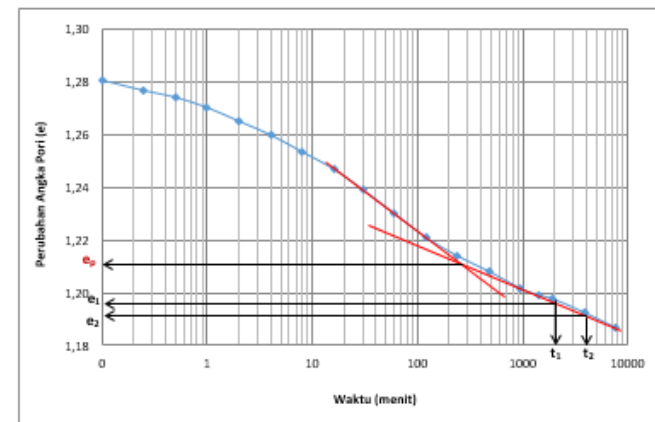
Sampel 2 - *Medium Clay* - 1 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0101$ $C_{\alpha}' = 0,0047$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,143$



Sampel 1 - *Medium Clay* - 2 kg/cm²

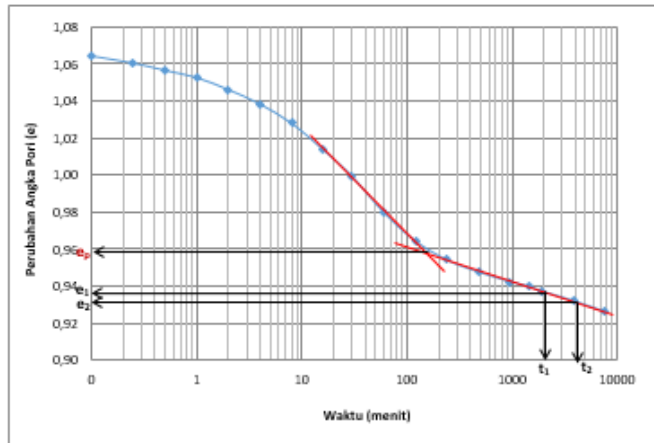
Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0100$ $C_{\alpha}' = 0,0045$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,212$



Sampel 2 - *Medium Clay* - 2 kg/cm²

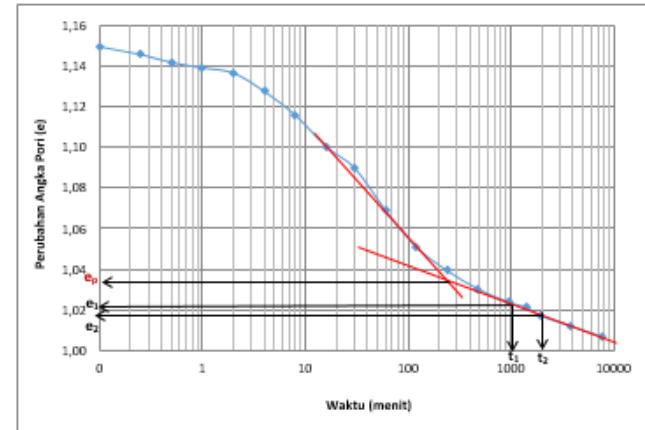
KONSOLIDASI – 128 JAM / TAHAP PEMBEBANAN

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0166$ $C_{\alpha}' = 0,0085$
 Angka Pori Akhir $e_p = 0,958$



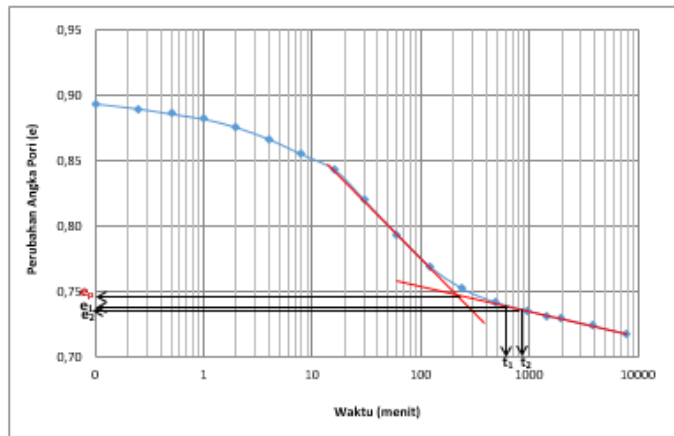
Sampel 1 - *Medium Clay* - 4 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,016$ $C_{\alpha}' = 0,0080$
 Angka Pori Akhir $e_p = 1,035$



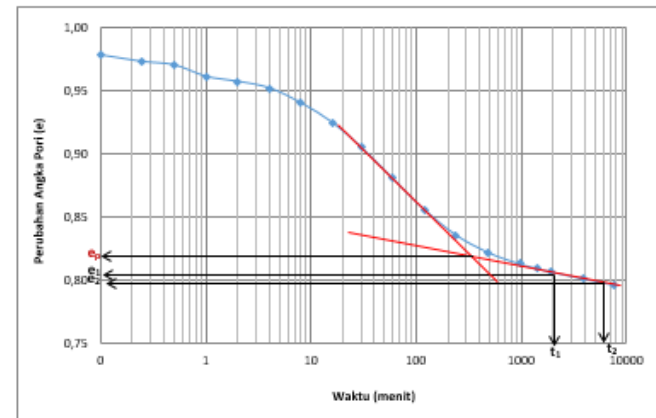
Sampel 2 - *Medium Clay* - 4 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0120$ $C_{\alpha}' = 0,0069$
 Angka Pori Akhir $e_p = 0,748$



Sampel 1 - *Medium Clay* - 8 kg/cm²

Koefisien Pemampatan $C_{\alpha} = 0,0147$ $C_{\alpha}' = 0,0081$
 Angka Pori Akhir $e_p = 0,82$



Sampel 2 - *Medium Clay* - 8 kg/cm²

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERBAIKAN TANAH – B = 11 m

[illegible]

$\gamma_{\text{timbunan}} =$	1,90	t/m ³	B ₁ =	5,50	m																			
q =	10	t/m ²	B ₂ =	10,53	m	t ₁ =	0,5	tahun				Sc Primer				t ₂ = 5 th		t ₂ = 10 th		t ₂ = 25 th		t ₂ = 50 th		
Kedalaman	H	z	γ_{sat}	e ₀	Cc	P' ₀	a ₁	a2	I	ΔP	P' ₀ + ΔP	Sc	Σ Sc	Ca'	Ss	Σ Ss	Ss	Σ Ss	Ss	Σ Ss	Ss	Σ Ss		
(m)	(m)	(m)	(t/m ³)			(t/m ²)				(t/m ²)	(m)		(m)		(m)									
0 - 1	1	0,5	1,700	1,050	0,658	0,350	3,407	84,806	0,50	9,999	10,349	0,472	0,472	0,0086	0,009	0,009	0,011	0,011	0,015	0,015	0,017	0,017		
1 - 2	1	1,5	1,700	1,050	0,658	1,050	9,908	74,745	0,50	9,981	11,031	0,328	0,800	0,0086	0,009	0,017	0,011	0,022	0,015	0,029	0,017	0,034		
2 - 3	1	2,5	1,426	1,380	0,763	1,613	15,578	65,556	0,50	9,919	11,532	0,274	1,074	0,0321	0,032	0,049	0,042	0,064	0,055	0,084	0,064	0,099		
3 - 4	1	3,5	1,426	1,380	0,763	2,039	20,152	57,529	0,49	9,801	11,840	0,245	1,319	0,0317	0,032	0,081	0,041	0,105	0,054	0,138	0,063	0,162		
4 - 5	1	4,5	1,426	1,380	0,763	2,465	23,605	50,711	0,48	9,628	12,093	0,221	1,540	0,0312	0,031	0,112	0,041	0,146	0,053	0,191	0,062	0,224		
5 - 6	1	5,5	1,483	1,265	0,723	2,920	26,059	45,000	0,47	9,408	12,328	0,200	1,740	0,0227	0,023	0,135	0,029	0,175	0,038	0,229	0,045	0,270		
6 - 7	1	6,5	1,483	1,265	0,723	3,403	27,687	40,236	0,46	9,154	12,558	0,181	1,921	0,0220	0,022	0,157	0,029	0,204	0,037	0,266	0,044	0,314		
7 - 8	1	7,5	1,483	1,265	0,723	3,887	28,667	36,254	0,44	8,878	12,765	0,165	2,086	0,0214	0,021	0,178	0,028	0,232	0,036	0,303	0,043	0,356		
8 - 9	1	8,5	1,483	1,265	0,723	4,370	29,154	32,905	0,43	8,588	12,958	0,151	2,237	0,0207	0,021	0,199	0,027	0,259	0,035	0,338	0,041	0,398		
9 - 10	1	9,5	1,483	1,265	0,723	4,853	29,273	30,069	0,41	8,293	13,146	0,138	2,375	0,0200	0,020	0,219	0,026	0,285	0,034	0,372	0,040	0,438		
10 - 11	1	10,5	1,700	1,050	0,658	5,445	29,122	27,646	0,40	7,998	13,443	0,126	2,501	0,0069	0,007	0,226	0,009	0,294	0,012	0,384	0,014	0,452		
11 - 12	1	11,5	1,700	1,050	0,658	6,145	28,778	25,560	0,39	7,708	13,853	0,113	2,614	0,0066	0,007	0,232	0,009	0,302	0,011	0,395	0,013	0,465		
12 - 13	1	12,5	1,700	1,050	0,658	6,845	28,297	23,749	0,37	7,426	14,271	0,102	2,717	0,0064	0,006	0,239	0,008	0,311	0,011	0,406	0,013	0,478		
13 - 14	1	13,5	1,700	1,050	0,658	7,545	27,724	22,166	0,36	7,153	14,698	0,093	2,810	0,0062	0,006	0,245	0,008	0,319	0,010	0,416	0,012	0,490		
14 - 15	1	14,5	1,700	1,050	0,658	8,245	27,090	20,772	0,34	6,891	15,136	0,085	2,894	0,0059	0,006	0,251	0,008	0,326	0,010	0,426	0,012	0,502		

PERBAIKAN TANAH – B = 11 m

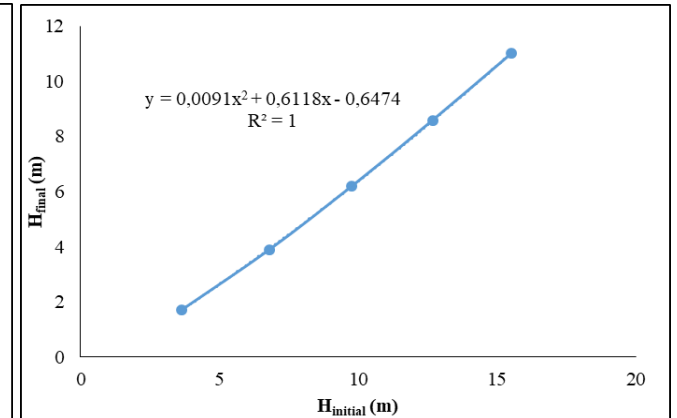
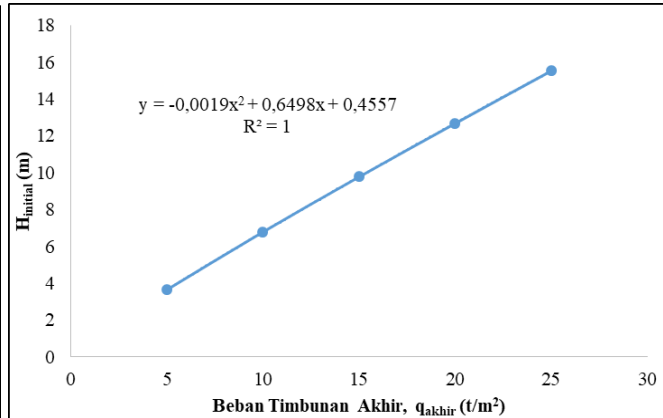
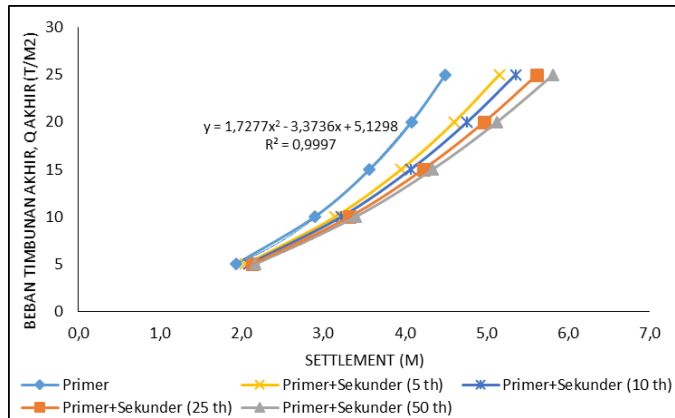
[illegible][illegible]

PERBAIKAN TANAH – B = 11 m

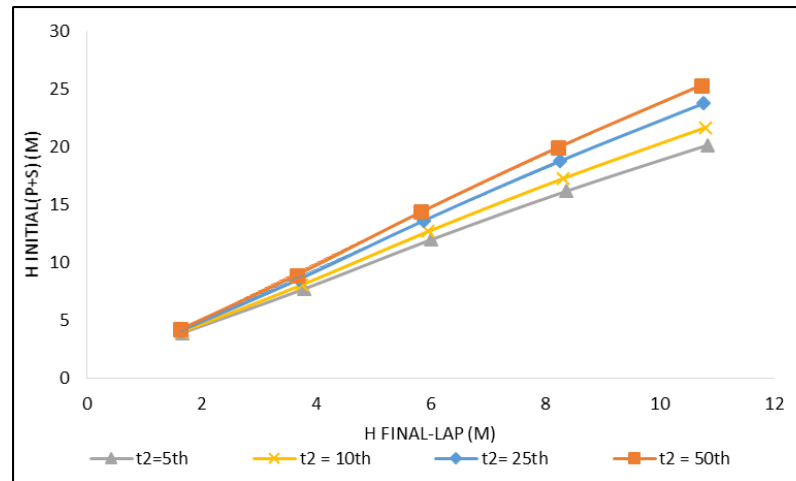
γ _{timbunan} =	1,90	t/m ³	B ₁ =	5,50	m																		
q =	25	t/m ²	B ₂ =	26,32	m		t ₁ =	0,5	tahun														
												Sc Primer											

REKAPITULASI											
q_{akhir}	Sc	H_{initial}	Ss (m)				S _{total} (m)				H_{final} (m)
(t/m ²)	(m)	(m)	$t_2 = 5 \text{ th}$	$t_2 = 10 \text{ th}$	$t_2 = 25 \text{ th}$	$t_2 = 50 \text{ th}$	$t_2 = 5 \text{ th}$	$t_2 = 10 \text{ th}$	$t_2 = 25 \text{ th}$	$t_2 = 50 \text{ th}$	
5	1,928	3,646	0,1195	0,1555	0,203	0,239	2,048	2,084	2,131	2,167	1,718
10	2,894	6,786	0,2509	0,3264	0,426	0,502	3,145	3,221	3,320	3,396	3,892
15	3,567	9,772	0,3862	0,5025	0,656	0,772	3,953	4,070	4,223	4,340	6,205
20	4,081	12,674	0,5232	0,6807	0,889	1,046	4,605	4,762	4,970	5,128	8,593
25	4,496	15,524	0,6609	0,8599	1,123	1,322	5,157	5,356	5,619	5,818	11,028

PERBAIKAN TANAH – B = 11 m



Waktu Sekunder	Q_{akhir} (t/m ²)	S_{total} (m)	Q_{akhir} baru (t/m ²)	Δq (t/m ²)	bongkar / (m)	$H_{initial(p+s)}$ (m)	$H_{final(p+s)}$ (m)	$H_{final-lap}$ (m)
5 tahun	5	2,048	5,466	0,466	0,25	3,95	1,91	1,67
	10	3,145	11,610	1,610	0,85	7,74	4,64	3,79
	15	3,953	18,795	3,795	2,00	12,00	8,00	6,01
	20	4,605	26,227	6,227	3,28	16,19	11,64	8,37
	25	5,157	33,683	8,683	4,57	20,19	15,41	10,84
10 tahun	5	2,084	5,601	0,601	0,32	4,04	1,97	1,65
	10	3,221	12,185	2,185	1,15	8,09	4,90	3,75
	15	4,070	20,015	5,015	2,64	12,70	8,59	5,95
	20	4,762	28,244	8,244	4,34	17,29	12,65	8,31
	25	5,356	36,626	11,626	6,12	21,71	16,92	10,80
25 tahun	5	2,131	5,787	0,787	0,41	4,15	2,05	1,64
	10	3,320	12,977	2,977	1,57	8,57	5,26	3,70
	15	4,223	21,698	6,698	3,53	13,66	9,41	5,88
	20	4,970	31,043	11,043	5,81	18,80	14,07	8,26
	25	5,619	40,726	15,726	8,28	23,77	19,03	10,76
50 tahun	5	2,167	5,933	0,933	0,49	4,24	2,11	1,62
	10	3,396	13,598	3,598	1,89	8,94	5,55	3,66
	15	4,340	23,026	8,026	4,22	14,41	10,06	5,83
	20	5,128	33,259	13,259	6,98	19,97	15,20	8,22
	25	5,818	43,986	18,986	9,99	25,36	20,72	10,73



PERBAIKAN TANAH – B = 40 m

$\gamma_{\text{timbunan}} =$	1,90	t/m ³	B ₁ =	20,00	m																		
q =	5	t/m ²	B ₂ =	5,26	m	t ₁ =	0,5	tahun				Sc Primer			t ₂ = 5 th		t ₂ = 10 th		t ₂ = 25 th		t ₂ = 50 th		
Kedalaman	H	z	γ_{sat}	e ₀	Cc	P' ₀	α_1	α_2	I	ΔP	P' ₀ + ΔP	Sc	Σ Sc	C α'	Ss	Σ Ss	Ss	Σ Ss	Ss	Σ Ss	Ss	Σ Ss	
(m)	(m)	(m)	(t/m ³)			(t/m ²)				(t/m ²)	(m)		(m)		(m)	(m)							
0 - 1	1	0,5	1,700	1,050	0,658	0,350	0,298	88,568	0,50	5,000	5,350	0,380	0,380	0,0043	0,004	0,004	0,006	0,006	0,007	0,007	0,009	0,009	
1 - 2	1	1,5	1,700	1,050	0,658	1,050	0,891	85,711	0,50	4,999	6,049	0,244	0,625	0,0043	0,004	0,009	0,006	0,011	0,007	0,015	0,009	0,017	
2 - 3	1	2,5	1,426	1,380	0,763	1,613	1,474	82,875	0,50	4,997	6,610	0,196	0,821	0,0162	0,016	0,025	0,021	0,032	0,027	0,042	0,032	0,050	
3 - 4	1	3,5	1,426	1,380	0,763	2,039	2,039	80,074	0,50	4,992	7,031	0,172	0,993	0,0162	0,016	0,041	0,021	0,053	0,027	0,070	0,032	0,082	
4 - 5	1	4,5	1,426	1,380	0,763	2,465	2,581	77,320	0,50	4,984	7,449	0,154	1,147	0,0161	0,016	0,057	0,021	0,074	0,027	0,097	0,032	0,114	
5 - 6	1	5,5	1,483	1,265	0,723	2,920	3,094	74,624	0,50	4,971	7,891	0,138	1,285	0,0120	0,012	0,069	0,016	0,090	0,020	0,117	0,024	0,138	
6 - 7	1	6,5	1,483	1,265	0,723	3,403	3,575	71,996	0,50	4,953	8,357	0,125	1,409	0,0119	0,012	0,081	0,016	0,105	0,020	0,138	0,024	0,162	
7 - 8	1	7,5	1,483	1,265	0,723	3,887	4,021	69,444	0,49	4,930	8,817	0,114	1,523	0,0119	0,012	0,093	0,015	0,121	0,020	0,158	0,024	0,186	
8 - 9	1	8,5	1,483	1,265	0,723	4,370	4,430	66,975	0,49	4,902	9,272	0,104	1,627	0,0118	0,012	0,105	0,015	0,136	0,020	0,178	0,024	0,209	
9 - 10	1	9,5	1,483	1,265	0,723	4,853	4,799	64,592	0,49	4,868	9,722	0,096	1,724	0,0117	0,012	0,116	0,015	0,151	0,020	0,198	0,023	0,233	
10 - 11	1	10,5	1,700	1,050	0,658	5,445	5,130	62,301	0,48	4,829	10,274	0,089	1,812	0,0042	0,004	0,121	0,005	0,157	0,007	0,205	0,008	0,241	
11 - 12	1	11,5	1,700	1,050	0,658	6,145	5,423	60,101	0,48	4,785	10,930	0,080	1,892	0,0041	0,004	0,125	0,005	0,162	0,007	0,212	0,008	0,249	
12 - 13	1	12,5	1,700	1,050	0,658	6,845	5,680	57,995	0,47	4,736	11,582	0,073	1,966	0,0041	0,004	0,129	0,005	0,167	0,007	0,219	0,008	0,257	
13 - 14	1	13,5	1,700	1,050	0,658	7,545	5,900	55,981	0,47	4,683	12,229	0,067	2,033	0,0040	0,004	0,133	0,005	0,173	0,007	0,225	0,008	0,265	
14 - 15	1	14,5	1,700	1,050	0,658	8,245	6,088	54,058	0,46	4,627	12,872	0,062	2,095	0,0040	0,004	0,137	0,005	0,178	0,007	0,232	0,008	0,273	

$\gamma_{\text{timbunan}} =$	1,90	t/m ³	B ₁ =	20,00	m																		
q =	10	t/m ²	B ₂ =	10,53	m	t ₁ =	0,5	tahun					Sc Primer			t ₂ = 5 th	t ₂ = 10 th	t ₂ = 25 th	t ₂ = 50 th				
Kedalaman	H	z	γ_{sat}	e ₀	Cc	P'₀	α_1	α_2	I	ΔP	P'₀ + ΔP	Sc	Σ Sc	Ca'	Ss	Σ Ss	Ss	Σ Ss	Ss	Σ Ss	Ss	Σ Ss	
(m)	(m)	(m)	(t/m ³)			(t/m ²)				(t/m ²)	(m)		(m)			(m)		(m)		(m)		(m)	(m)
0 - 1	1	0,5	1,700	1,050	0,658	0,350	0,494	88,568	0,50	10,000	10,350	0,472	0,472	0,0086	0,009	0,009	0,011	0,011	0,015	0,015	0,017	0,017	
1 - 2	1	1,5	1,700	1,050	0,658	1,050	1,476	85,711	0,50	9,999	11,049	0,328	0,801	0,0086	0,009	0,017	0,011	0,022	0,015	0,029	0,017	0,034	
2 - 3	1	2,5	1,426	1,380	0,763	1,613	2,443	82,875	0,50	9,996	11,609	0,275	1,075	0,0323	0,032	0,050	0,042	0,064	0,055	0,084	0,065	0,099	
3 - 4	1	3,5	1,426	1,380	0,763	2,039	3,386	80,074	0,50	9,988	12,027	0,247	1,322	0,0323	0,032	0,082	0,042	0,107	0,055	0,139	0,065	0,164	
4 - 5	1	4,5	1,426	1,380	0,763	2,465	4,295	77,320	0,50	9,975	12,440	0,225	1,548	0,0323	0,032	0,114	0,042	0,149	0,055	0,194	0,065	0,228	
5 - 6	1	5,5	1,483	1,265	0,723	2,920	5,163	74,624	0,50	9,955	12,875	0,206	1,753	0,0240	0,024	0,138	0,031	0,180	0,041	0,235	0,048	0,276	
6 - 7	1	6,5	1,483	1,265	0,723	3,403	5,984	71,996	0,50	9,928	13,331	0,189	1,943	0,0239	0,024	0,162	0,031	0,211	0,041	0,275	0,048	0,324	
7 - 8	1	7,5	1,483	1,265	0,723	3,887	6,752	69,444	0,49	9,892	13,779	0,175	2,118	0,0238	0,024	0,186	0,031	0,242	0,040	0,316	0,048	0,372	
8 - 9	1	8,5	1,483	1,265	0,723	4,370	7,466	66,975	0,49	9,847	14,217	0,164	2,282	0,0237	0,024	0,210	0,031	0,273	0,040	0,356	0,047	0,419	
9 - 10	1	9,5	1,483	1,265	0,723	4,853	8,121	64,592	0,49	9,794	14,647	0,153	2,435	0,0236	0,024	0,233	0,031	0,303	0,040	0,396	0,047	0,466	
10 - 11	1	10,5	1,700	1,050	0,658	5,445	8,718	62,301	0,49	9,731	15,177	0,143	2,578	0,0084	0,008	0,242	0,011	0,314	0,014	0,410	0,017	0,483	
11 - 12	1	11,5	1,700	1,050	0,658	6,145	9,256	60,101	0,48	9,660	15,806	0,132	2,709	0,0083	0,008	0,250	0,011	0,325	0,014	0,424	0,017	0,500	
12 - 13	1	12,5	1,700	1,050	0,658	6,845	9,737	57,995	0,48	9,581	16,427	0,122	2,832	0,0082	0,008	0,258	0,011	0,336	0,014	0,438	0,016	0,516	
13 - 14	1	13,5	1,700	1,050	0,658	7,545	10,162	55,981	0,47	9,495	17,040	0,114	2,945	0,0082	0,008	0,266	0,011	0,346	0,014	0,452	0,016	0,532	
14 - 15	1	14,5	1,700	1,050	0,658	8,245	10,534	54,058	0,47	9,401	17,646	0,106	3,051	0,0081	0,008	0,274	0,011	0,357	0,014	0,466	0,016	0,549	

PERBAIKAN TANAH – B = 40 m

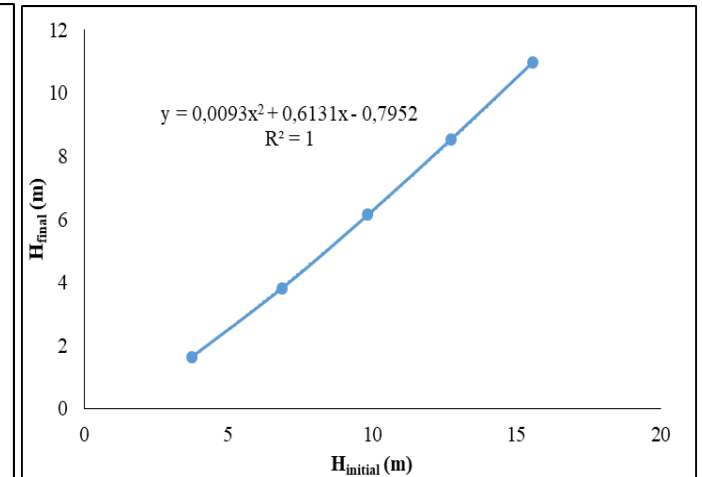
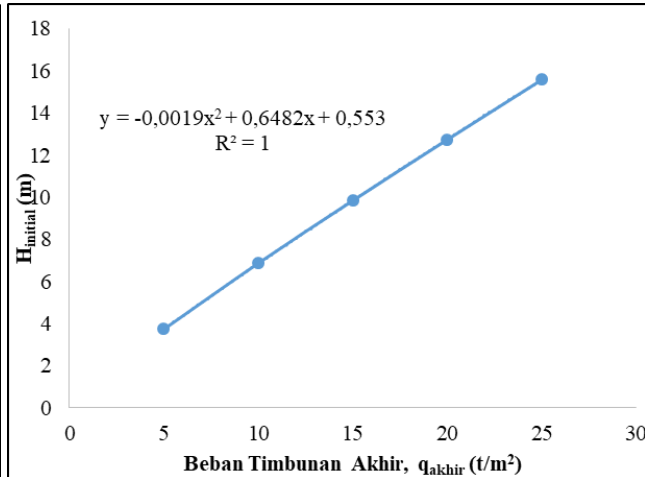
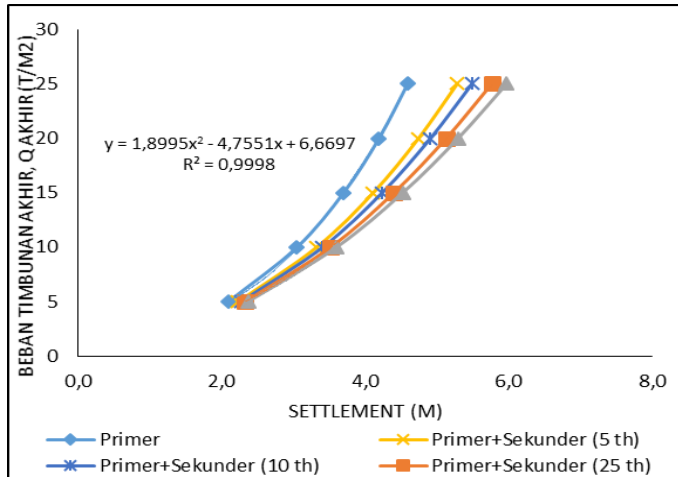
[illegible][illegible]

PERBAIKAN TANAH – B = 40 m

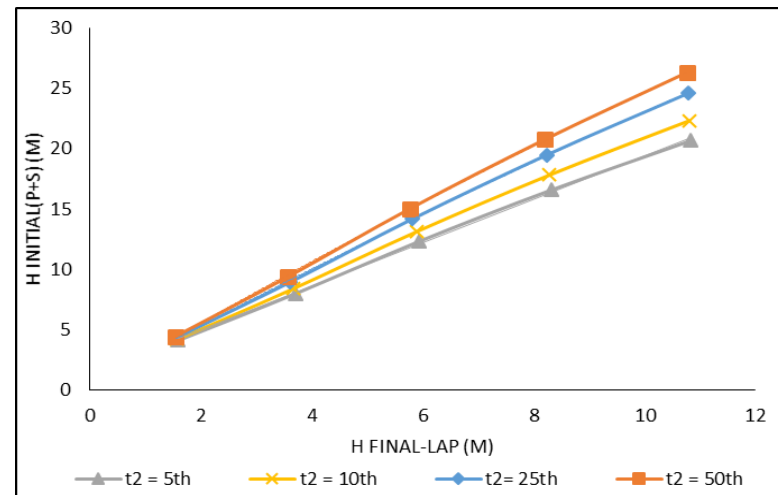
[illegible]

REKAPITULASI											
q_{akhir}	S_c	$H_{initial}$	S_s (m)				S_{total} (m)				H_{final} (m)
(t/m^2)	(m)	(m)	$t_2 = 5$ th	$t_2 = 10$ th	$t_2 = 25$ th	$t_2 = 50$ th	$t_2 = 5$ th	$t_2 = 10$ th	$t_2 = 25$ th	$t_2 = 50$ th	
5	2,095	3,734	0,1367	0,1778	0,232	0,273	2,232	2,273	2,328	2,369	1,639
10	3,0513	6,869	0,2743	0,3569	0,466	0,549	3,326	3,408	3,517	3,600	3,818
15	3,700	9,842	0,4124	0,5365	0,701	0,825	4,113	4,237	4,401	4,525	6,142
20	4,194	12,734	0,5507	0,7165	0,936	1,101	4,744	4,910	5,129	5,295	8,540
25	4,593	15,575	0,6892	0,8967	1,171	1,378	5,282	5,489	5,763	5,971	10,982

PERBAIKAN TANAH – B = 40 m



Waktu Sekunder	q_{akhir} (t/m²)	S_{total} (m)	q_{akhir} baru (t/m²)	Δq (t/m²)	$H_{bongkar \Delta q}$ (m)	$H_{initial(p+s)}$ (m)	$H_{final(p+s)}$ (m)	$H_{final-lap}$ (m)
5 tahun	5	2,23	5,52	0,52	0,27	4,07	1,86	1,58
	10	3,33	11,86	1,86	0,98	7,98	4,69	3,71
	15	4,11	19,24	4,24	2,23	12,32	8,17	5,94
	20	4,74	26,87	6,87	3,61	16,60	11,94	8,33
	25	5,28	34,54	9,54	5,02	20,68	15,86	10,83
10 tahun	5	2,27	5,68	0,68	0,36	4,17	1,92	1,57
	10	3,41	12,53	2,53	1,33	8,37	4,99	3,66
	15	4,24	20,62	5,62	2,96	13,11	8,84	5,88
	20	4,91	29,12	9,12	4,80	17,82	13,08	8,28
	25	5,49	37,80	12,80	6,74	22,34	17,54	10,81
25 tahun	5	2,33	5,89	0,89	0,47	4,31	2,02	1,55
	10	3,52	13,44	3,44	1,81	8,92	5,42	3,60
	15	4,40	22,53	7,53	3,96	14,19	9,78	5,82
	20	5,13	32,26	12,26	6,45	19,48	14,68	8,23
	25	5,76	42,36	17,36	9,14	24,60	19,92	10,78
50 tahun	5	2,37	6,06	1,06	0,56	4,41	2,09	1,53
	10	3,60	14,17	4,17	2,19	9,36	5,75	3,56
	15	4,52	24,05	9,05	4,76	15,04	10,53	5,77
	20	5,30	34,75	14,75	7,76	20,78	15,96	8,20
	25	5,97	46,00	21,00	11,05	26,35	21,82	10,76



PERBAIKAN TANAH – B = 1000 m

$\gamma_{\text{timbunan}} =$	1,90	t/m ³	B ₁ =	500,00	m																			
q =	5	t/m ²	B ₂ =	5,26	m		t ₁ =	0,5	tahun				Sc Primer			t ₂ = 5 th		t ₂ = 10 th		t ₂ = 25 th		t ₂ = 50 th		
Kedalaman	H	z	γ_{sat}	e ₀	Cc	P' ₀	α_1	α_2	I	ΔP	P' ₀ + ΔP	Sc	$\sum Sc$	Ca'	Ss	$\sum Ss$	Ss	$\sum Ss$	Ss	$\sum Ss$	Ss	$\sum Ss$	Ss	$\sum Ss$
(m)	(m)	(m)	(t/m ³)			(t/m ²)				(t/m ²)														
0 - 1	1	0,5	1,700	1,050	0,658	0,350	0,001	89,943	0,50	5	5,350	0,380	0,380	0,0043	0,004	0,004	0,006	0,006	0,007	0,007	0,009	0,009	0,009	0,009
1 - 2	1	1,5	1,700	1,050	0,658	1,050	0,002	89,828	0,50	5	6,050	0,244	0,625	0,0043	0,004	0,009	0,006	0,011	0,007	0,015	0,009	0,017	0,017	0,017
2 - 3	1	2,5	1,426	1,380	0,763	1,613	0,003	89,714	0,50	5	6,613	0,196	0,821	0,0162	0,016	0,025	0,021	0,032	0,027	0,042	0,032	0,050	0,050	0,050
3 - 4	1	3,5	1,426	1,380	0,763	2,039	0,004	89,599	0,50	5	7,039	0,172	0,993	0,0162	0,016	0,041	0,021	0,053	0,027	0,070	0,032	0,082	0,082	0,082
4 - 5	1	4,5	1,426	1,380	0,763	2,465	0,005	89,484	0,50	5	7,465	0,154	1,148	0,0162	0,016	0,057	0,021	0,074	0,027	0,097	0,032	0,114	0,114	0,114
5 - 6	1	5,5	1,483	1,265	0,723	2,920	0,007	89,370	0,50	5	7,920	0,138	1,286	0,0120	0,012	0,069	0,016	0,090	0,020	0,118	0,024	0,138	0,138	0,138
6 - 7	1	6,5	1,483	1,265	0,723	3,403	0,008	89,255	0,50	5	8,403	0,125	1,411	0,0120	0,012	0,081	0,016	0,106	0,020	0,138	0,024	0,162	0,162	0,162
7 - 8	1	7,5	1,483	1,265	0,723	3,887	0,009	89,141	0,50	5	8,887	0,115	1,526	0,0120	0,012	0,093	0,016	0,121	0,020	0,158	0,024	0,187	0,187	0,187
8 - 9	1	8,5	1,483	1,265	0,723	4,370	0,010	89,026	0,50	5	9,370	0,106	1,632	0,0120	0,012	0,105	0,016	0,137	0,020	0,179	0,024	0,211	0,211	0,211
9 - 10	1	9,5	1,483	1,265	0,723	4,853	0,011	88,912	0,50	5	9,853	0,098	1,730	0,0120	0,012	0,117	0,016	0,153	0,020	0,199	0,024	0,235	0,235	0,235
10 - 11	1	10,5	1,700	1,050	0,658	5,445	0,013	88,797	0,50	5	10,445	0,091	1,821	0,0043	0,004	0,122	0,006	0,158	0,007	0,207	0,009	0,243	0,243	0,243
11 - 12	1	11,5	1,700	1,050	0,658	6,145	0,014	88,682	0,50	5	11,145	0,083	1,904	0,0043	0,004	0,126	0,006	0,164	0,007	0,214	0,009	0,252	0,252	0,252
12 - 13	1	12,5	1,700	1,050	0,658	6,845	0,015	88,568	0,50	5	11,845	0,076	1,980	0,0043	0,004	0,130	0,006	0,169	0,007	0,221	0,009	0,260	0,260	0,260
13 - 14	1	13,5	1,700	1,050	0,658	7,545	0,016	88,453	0,50	5	12,545	0,071	2,051	0,0043	0,004	0,135	0,006	0,175	0,007	0,229	0,009	0,269	0,269	0,269
14 - 15	1	14,5	1,700	1,050	0,658	8,245	0,017	88,339	0,50	5	13,245	0,066	2,117	0,0043	0,004	0,139	0,006	0,181	0,007	0,236	0,009	0,278	0,278	0,278

$\gamma_{\text{timbunan}} =$	1,90	t/m ³	B ₁ =	500,00	m																	
q =	10	t/m ²	B ₂ =	10,53	m		t ₁ =	0,5	tahun													
Kedalaman	H	z	γ_{sat}	e₀	Cc	P'₀	α_1	α_2	I	ΔP	P'₀ + ΔP	Sc Primer		Cα'	t₂ = 5 th		t₂ = 10 th		t₂ = 25 th		t₂ = 50 th	
(m)	(m)	(m)	(t/m³)			(t/m²)						Sc	Σ Sc		Ss	Σ Ss	Ss	Σ Ss	Ss	Σ Ss	Ss	Σ Ss
0 - 1	1	0,5	1,700	1,050	0,658	0,350	0,001	89,943	0,50	10	10,350	0,472	0,472	0,0086	0,009	0,009	0,011	0,011	0,015	0,015	0,017	0,017
1 - 2	1	1,5	1,700	1,050	0,658	1,050	0,004	89,828	0,50	10	11,050	0,328	0,801	0,0086	0,009	0,017	0,011	0,022	0,015	0,029	0,017	0,034
2 - 3	1	2,5	1,426	1,380	0,763	1,613	0,006	89,714	0,50	10	11,613	0,275	1,075	0,0324	0,032	0,050	0,042	0,064	0,055	0,084	0,065	0,099
3 - 4	1	3,5	1,426	1,380	0,763	2,039	0,008	89,599	0,50	10	12,039	0,247	1,322	0,0324	0,032	0,082	0,042	0,107	0,055	0,139	0,065	0,164
4 - 5	1	4,5	1,426	1,380	0,763	2,465	0,011	89,484	0,50	10	12,465	0,226	1,548	0,0324	0,032	0,114	0,042	0,149	0,055	0,194	0,065	0,229
5 - 6	1	5,5	1,483	1,265	0,723	2,920	0,013	89,370	0,50	10	12,920	0,206	1,754	0,0241	0,024	0,138	0,031	0,180	0,041	0,235	0,048	0,277
6 - 7	1	6,5	1,483	1,265	0,723	3,403	0,015	89,255	0,50	10	13,403	0,190	1,944	0,0241	0,024	0,162	0,031	0,211	0,041	0,276	0,048	0,325
7 - 8	1	7,5	1,483	1,265	0,723	3,887	0,018	89,141	0,50	10	13,887	0,177	2,121	0,0241	0,024	0,187	0,031	0,243	0,041	0,317	0,048	0,373
8 - 9	1	8,5	1,483	1,265	0,723	4,370	0,020	89,026	0,50	10	14,370	0,165	2,286	0,0241	0,024	0,211	0,031	0,274	0,041	0,358	0,048	0,421
9 - 10	1	9,5	1,483	1,265	0,723	4,853	0,022	88,912	0,50	10	14,853	0,155	2,441	0,0241	0,024	0,235	0,031	0,305	0,041	0,399	0,048	0,469
10 - 11	1	10,5	1,700	1,050	0,658	5,445	0,025	88,797	0,50	10	15,445	0,145	2,586	0,0086	0,009	0,243	0,011	0,317	0,015	0,413	0,017	0,487
11 - 12	1	11,5	1,700	1,050	0,658	6,145	0,027	88,682	0,50	10	16,145	0,135	2,721	0,0086	0,009	0,252	0,011	0,328	0,015	0,428	0,017	0,504
12 - 13	1	12,5	1,700	1,050	0,658	6,845	0,030	88,568	0,50	10	16,845	0,126	2,847	0,0086	0,009	0,260	0,011	0,339	0,015	0,443	0,017	0,521
13 - 14	1	13,5	1,700	1,050	0,658	7,545	0,032	88,453	0,50	10	17,545	0,118	2,964	0,0086	0,009	0,269	0,011	0,350	0,015	0,457	0,017	0,538
14 - 15	1	14,5	1,700	1,050	0,658	8,245	0,034	88,339	0,50	10	18,245	0,111	3,075	0,0086	0,009	0,278	0,011	0,361	0,015	0,472	0,017	0,555

PERBAIKAN TANAH – B = 1000 m

$\gamma_{\text{timbunan}} =$	1,90	t/m ³	B ₁ =	500,00	m																					
q =	15	t/m ²	B ₂ =	15,79	m		t ₁ =	0,5	tahun					Sc Primer			t ₂ = 5 th	t ₂ = 10 th	t ₂ = 25 th	t ₂ = 50 th						
Kedalaman	H	z	γ_{sat}	e ₀	Cc	P' ₀	a ₁	a ₂	I	ΔP	P' ₀ + ΔP	Sc	$\sum Sc$	Ca'	Ss	$\sum Ss$	Ss	$\sum Ss$	Ss	$\sum Ss$	Ss	$\sum Ss$	Ss	$\sum Ss$	Ss	$\sum Ss$
(m)	(m)	(m)	(t/m ³)			(t/m ²)				(t/m ²)	(t/m ²)	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0 - 1	1	0,5	1,700	1,050	0,658	0,350	0,002	89,943	0,50	15	15,350	0,527	0,527	0,0129	0,013	0,013	0,017	0,017	0,022	0,022	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
1 - 2	1	1,5	1,700	1,050	0,658	1,050	0,005	89,828	0,50	15	16,050	0,380	0,908	0,0129	0,013	0,026	0,017	0,034	0,022	0,044	0,026	0,052	0,026	0,052	0,026	0,052
2 - 3	1	2,5	1,426	1,380	0,763	1,613	0,009	89,714	0,50	15	16,613	0,325	1,232	0,0485	0,049	0,074	0,063	0,097	0,082	0,126	0,097	0,149	0,097	0,149	0,097	0,149
3 - 4	1	3,5	1,426	1,380	0,763	2,039	0,012	89,599	0,50	15	17,039	0,295	1,528	0,0485	0,049	0,123	0,063	0,160	0,082	0,209	0,097	0,246	0,097	0,246	0,097	0,246
4 - 5	1	4,5	1,426	1,380	0,763	2,465	0,016	89,484	0,50	15	17,465	0,272	1,800	0,0485	0,049	0,171	0,063	0,223	0,082	0,291	0,097	0,343	0,097	0,343	0,097	0,343
5 - 6	1	5,5	1,483	1,265	0,723	2,920	0,019	89,370	0,50	15	17,920	0,252	2,052	0,0361	0,036	0,208	0,047	0,270	0,061	0,353	0,072	0,415	0,072	0,415	0,072	0,415
6 - 7	1	6,5	1,483	1,265	0,723	3,403	0,023	89,255	0,50	15	18,403	0,234	2,286	0,0361	0,036	0,244	0,047	0,317	0,061	0,414	0,072	0,487	0,072	0,487	0,072	0,487
7 - 8	1	7,5	1,483	1,265	0,723	3,887	0,026	89,141	0,50	15	18,887	0,219	2,505	0,0361	0,036	0,280	0,047	0,364	0,061	0,475	0,072	0,560	0,072	0,560	0,072	0,560
8 - 9	1	8,5	1,483	1,265	0,723	4,370	0,030	89,026	0,50	15	19,370	0,206	2,711	0,0361	0,036	0,316	0,047	0,411	0,061	0,537	0,072	0,632	0,072	0,632	0,072	0,632
9 - 10	1	9,5	1,483	1,265	0,723	4,853	0,033	88,912	0,50	15	19,853	0,195	2,907	0,0361	0,036	0,352	0,047	0,458	0,061	0,598	0,072	0,704	0,072	0,704	0,072	0,704
10 - 11	1	10,5	1,700	1,050	0,658	5,445	0,037	88,797	0,50	15	20,445	0,185	3,091	0,0129	0,013	0,365	0,017	0,475	0,022	0,620	0,026	0,730	0,026	0,730	0,026	0,730
11 - 12	1	11,5	1,700	1,050	0,658	6,145	0,040	88,682	0,50	15	21,145	0,172	3,263	0,0129	0,013	0,378	0,017	0,492	0,022	0,642	0,026	0,756	0,026	0,756	0,026	0,756
12 - 13	1	12,5	1,700	1,050	0,658	6,845	0,044	88,568	0,50	15	21,845	0,162	3,425	0,0129	0,013	0,391	0,017	0,508	0,022	0,664	0,026	0,781	0,026	0,781	0,026	0,781
13 - 14	1	13,5	1,700	1,050	0,658	7,545	0,047	88,453	0,50	15	22,545	0,153	3,578	0,0129	0,013	0,404	0,017	0,525	0,022	0,686	0,026	0,807	0,026	0,807	0,026	0,807
14 - 15	1	14,5	1,700	1,050	0,658	8,245	0,051	88,339	0,50	15	23,245	0,145	3,723	0,0129	0,013	0,417	0,017	0,542	0,022	0,708	0,026	0,833	0,026	0,833	0,026	0,833

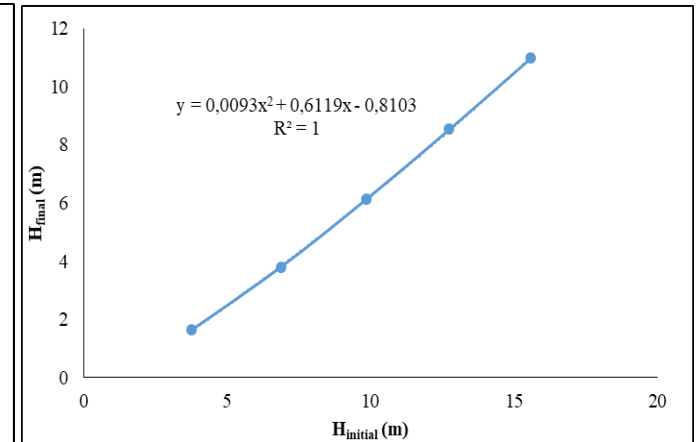
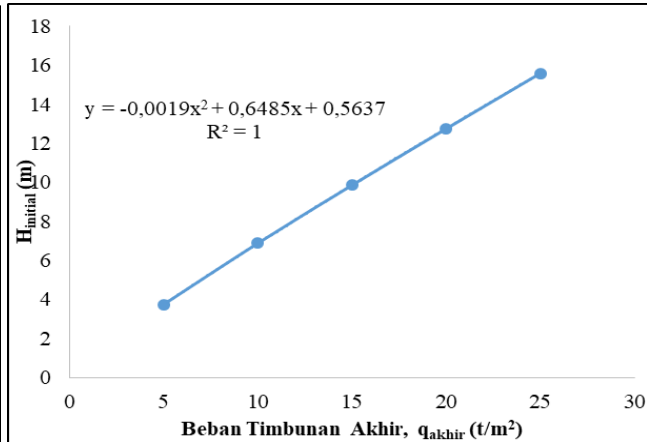
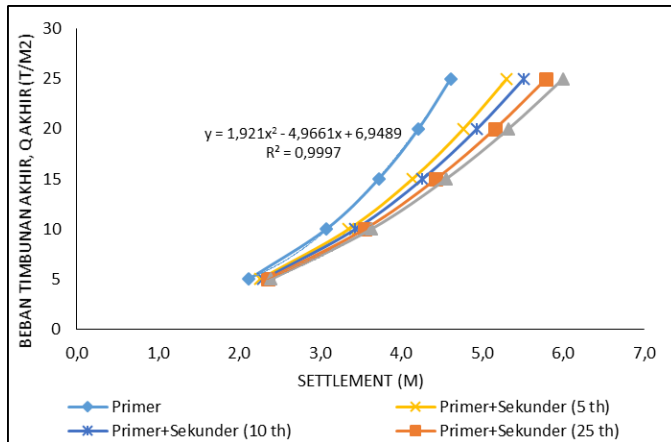
[illegible]

PERBAIKAN TANAH – B = 1000 m

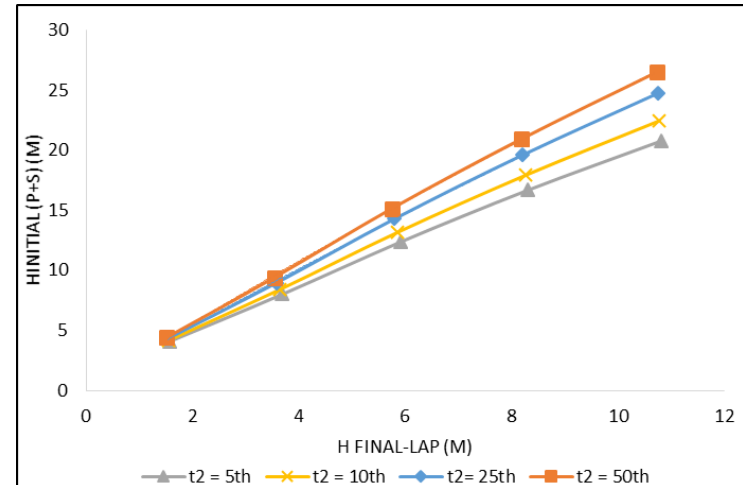
$\gamma_{\text{timbunan}} =$	1,90	t/m ³	B ₁ =	500,00	m																			
q =	25	t/m ²	B ₂ =	26,32	m		t ₁ =	0,5	tahun				Sc Primer				t ₂ = 5 th		t ₂ = 10 th		t ₂ = 25 th		t ₂ = 50 th	
Kedalaman	H	z	γ_{sat}	e ₀	Cc	P' ₀	α_1	α_2	I	ΔP	P' ₀ + ΔP	Sc	$\sum Sc$	Ca'	Ss	$\sum Ss$	Ss	$\sum Ss$	Ss	$\sum Ss$	Ss	$\sum Ss$	Ss	$\sum Ss$
(m)	(m)	(m)	(t/m ³)			(t/m ²)																		
0 - 1	1	0,5	1,700	1,050	0,658	0,350	0,003	89,943	0,50	25	25,350	0,597	0,597	0,0215	0,021	0,021	0,028	0,028	0,037	0,037	0,043	0,043	0,043	0,043
1 - 2	1	1,5	1,700	1,050	0,658	1,050	0,009	89,828	0,50	25	26,050	0,448	1,045	0,0215	0,021	0,043	0,028	0,056	0,037	0,073	0,043	0,086	0,043	0,086
2 - 3	1	2,5	1,426	1,380	0,763	1,613	0,014	89,714	0,50	25	26,613	0,390	1,435	0,0809	0,081	0,124	0,105	0,161	0,137	0,211	0,162	0,248	0,162	0,248
3 - 4	1	3,5	1,426	1,380	0,763	2,039	0,020	89,599	0,50	25	27,039	0,360	1,795	0,0809	0,081	0,205	0,105	0,266	0,137	0,348	0,162	0,410	0,162	0,410
4 - 5	1	4,5	1,426	1,380	0,763	2,465	0,026	89,484	0,50	25	27,465	0,335	2,130	0,0809	0,081	0,286	0,105	0,372	0,137	0,485	0,162	0,571	0,162	0,571
5 - 6	1	5,5	1,483	1,265	0,723	2,920	0,032	89,370	0,50	25	27,920	0,313	2,444	0,0602	0,060	0,346	0,078	0,450	0,102	0,588	0,120	0,692	0,120	0,692
6 - 7	1	6,5	1,483	1,265	0,723	3,403	0,037	89,255	0,50	25	28,403	0,294	2,738	0,0602	0,060	0,406	0,078	0,528	0,102	0,690	0,120	0,812	0,120	0,812
7 - 8	1	7,5	1,483	1,265	0,723	3,887	0,043	89,141	0,50	25	28,887	0,278	3,016	0,0602	0,060	0,466	0,078	0,607	0,102	0,792	0,120	0,933	0,120	0,933
8 - 9	1	8,5	1,483	1,265	0,723	4,370	0,049	89,026	0,50	25	29,370	0,264	3,280	0,0602	0,060	0,526	0,078	0,685	0,102	0,895	0,120	1,053	0,120	1,053
9 - 10	1	9,5	1,483	1,265	0,723	4,853	0,054	88,912	0,50	25	29,853	0,252	3,532	0,0602	0,060	0,587	0,078	0,763	0,102	0,997	0,120	1,173	0,120	1,173
10 - 11	1	10,5	1,700	1,050	0,658	5,445	0,060	88,797	0,50	25	30,445	0,240	3,772	0,0215	0,021	0,608	0,028	0,791	0,037	1,033	0,043	1,216	0,043	1,216
11 - 12	1	11,5	1,700	1,050	0,658	6,145	0,066	88,682	0,50	25	31,145	0,226	3,998	0,0215	0,021	0,630	0,028	0,819	0,037	1,070	0,043	1,259	0,043	1,259
12 - 13	1	12,5	1,700	1,050	0,658	6,845	0,072	88,568	0,50	25	31,845	0,214	4,213	0,0215	0,021	0,651	0,028	0,847	0,037	1,106	0,043	1,302	0,043	1,302
13 - 14	1	13,5	1,700	1,050	0,658	7,545	0,077	88,453	0,50	25	32,545	0,204	4,417	0,0215	0,021	0,673	0,028	0,875	0,037	1,143	0,043	1,345	0,043	1,345
14 - 15	1	14,5	1,700	1,050	0,658	8,245	0,083	88,339	0,50	25	33,245	0,194	4,611	0,0215	0,021	0,694	0,028	0,903	0,037	1,179	0,043	1,388	0,043	1,388

REKAPITULASI											
q_{akhir}	S_c	H_{initial}	$S_s \text{ (m)}$				$S_{\text{total}} \text{ (m)}$				$H_{\text{final}} \text{ (m)}$
(t/m ²)	(m)	(m)	$t_2 = 5 \text{ th}$	$t_2 = 10 \text{ th}$	$t_2 = 25 \text{ th}$	$t_2 = 50 \text{ th}$	$t_2 = 5 \text{ th}$	$t_2 = 10 \text{ th}$	$t_2 = 25 \text{ th}$	$t_2 = 50 \text{ th}$	
5	2,117	3,746	0,1388	0,1806	0,236	0,278	2,256	2,298	2,353	2,395	1,629
10	3,075	6,882	0,2777	0,3613	0,472	0,555	3,353	3,436	3,547	3,630	3,807
15	3,723	9,854	0,4165	0,5419	0,708	0,833	4,139	4,264	4,430	4,556	6,131
20	4,214	12,744	0,5554	0,7225	0,944	1,111	4,770	4,937	5,158	5,325	8,530
25	4,611	15,585	0,6942	0,9032	1,179	1,388	5,305	5,514	5,790	5,999	10,974

PERBAIKAN TANAH – B = 1000 m



Waktu Sekunder	q_{akhir} (t/m²)	S total (m)	q_{akhir} baru (t/m²)	Δq (t/m²)	H bongkar Δq (m)	$H_{initial(p+s)}$ (m)	$H_{final(p+s)}$ (m)	$H_{final-lap}$ (m)
5 tahun	5	2,256	5,523	0,523	0,28	4,09	1,85	1,57
	10	3,353	11,893	1,893	1,00	8,01	4,69	3,69
	15	4,139	19,305	4,305	2,27	12,37	8,19	5,92
	20	4,770	26,963	6,963	3,66	16,67	11,97	8,31
	25	5,305	34,670	9,670	5,09	20,76	15,90	10,81
10 tahun	5	2,298	5,681	0,681	0,36	4,19	1,91	1,56
	10	3,436	12,568	2,568	1,35	8,41	5,00	3,64
	15	4,264	20,706	5,706	3,00	13,18	8,87	5,86
	20	4,937	29,249	9,249	4,87	17,91	13,13	8,26
	25	5,514	37,975	12,975	6,83	22,45	17,61	10,79
25 tahun	5	2,353	5,900	0,900	0,47	4,32	2,01	1,54
	10	3,547	13,502	3,502	1,84	8,97	5,43	3,59
	15	4,430	22,651	7,651	4,03	14,28	9,82	5,80
	20	5,158	32,437	12,437	6,55	19,60	14,76	8,21
	25	5,790	42,602	17,602	9,26	24,74	20,02	10,76
50 tahun	5	2,395	6,073	1,073	0,56	4,43	2,08	1,52
	10	3,630	14,239	4,239	2,23	9,41	5,77	3,54
	15	4,556	24,193	9,193	4,84	15,14	10,59	5,75
	20	5,325	34,974	14,974	7,88	20,92	16,06	8,18
	25	5,999	46,297	21,297	11,21	26,52	21,95	10,74



DAFTAR PUSTAKA

- Alihudien A., (2009), *Perumusan Koefisien Pemampatan Sekunder Sebagai Fungsi dari angka Pori, Beban Konsolidasi, Batas Cair pada Tanah Lempung*, Tesis Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- Alonso, E. E., Gens, A. & Lloret, A., (2000), *Precompression Design For Secondary Settlement Reduction*, *Geotechnique* 50, No. 6, 645-656.
- Ardana dan Mochtar, (1999), *Pengaruh Tegangan Overburden Efektif dan Plastisitas Tanah Lempung Berkonsistensi Sangat Lunak sampai Kaku yang Terkonsolidasi Normal*, Surabaya.
- Chu J., Indraratna B., Yan S., Rujikiatkamjorn C., (2014), *Practical Considerations For Using Vertical Drains in Soil Improvement Projects*, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Ground Improvement*, 167 (3), 173-185.
- Das B.M., (1985), Alih bahasa : Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar, (1994), *Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 1 dan 2, Jakarta : Erlangga.
- Das B.M., (1987), *Advanced Soil mechanics*, Mc Graw Hill Int. Edit, New York.
- Kosasih dan Mochtar, (2007), *Pengaruh Kadar Air, Angka Pori, dan Batas Cair Tanah Lempung terhadap Harga Pemampatan Konsolidasi C_c dan Indeks Pengembangan C_s* , Surabaya.
- Koutsoftas, D. C., Foott, R. & Handfelt, L. D. (1987), *Geotechnical Investigations Offshore Hong Kong*, *J. Geotech. Engng. Div., ASCE* 113, No. 2, 87-105.
- Ladd, C. C. (1994), *Settlement Analysis of Cohesive Soils*, Research Report R71-2. Cambridge, MA: MIT.
- Mesri G., Ajlouni M.A., Feng T.W., and Lo D.O.K., (1973), *Surcharging of Soft Ground to Reduce Secondary Settlement*, U.S.A, Republic of China.

- Mesri, G. (1973), *Coefficient of Secondary Compression*, J. Soil Mech. Found. Div., ASCE 99, No. 1, 123-137.
- Mochtar I. B., (2002), *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soil)*, Surabaya : Jurusan Teknik Sipil, ITS.
- Mochtar I. B., (2012), *Empirical Parameters for Soft Soil in Situ*, Surabaya : Jurusan Teknik Sipil, ITS.
- Mochtar N.E., (2012), *Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah*, Surabaya:ITS Press.
- Yu, K. P. & Frizzi, R. P. (1994), *Preloading Organic Soils To Limit Future Settlements. In Vertical And Horizontal Displacements Of Foundations And Embankments*, ASCE Geotechnical Special Publication No. 40, Vol. 1, 476-490.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Ega Dhianty, dilahirkan di Surabaya pada tanggal 25 Februari 1994, merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Mochamad Taufid, S.E dan Endang Suprihatiningsih.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Trayang II - Nganjuk dan lulus pada tahun 2006, SMPN 1 Kertosono - Nganjuk dan lulus pada tahun 2009, seta SMAN 2 Kediri dan lulus pada tahun 2012. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sarjana jurusan Teknik Sipil ITS dan lulus pada tahun 2016, kemudian melanjutkan pendidikan Pascasarjana jurusan Teknik sipil bidang studi Geoteknik dengan beasiswa *Fresh Graduated ITS*.

Contact Person :

Email : egadhianty12@gmail.com

Telepon : 085233606934