

PENGARUH TEBAL LAPISAN TANAH KOHESIF TERHADAP PENURUNAN KONSOLIDASI PRIMER AKIBAT TIMBUNAN

Wismoyo Siswanto
NRP: 1221002

Pembimbing: Hanny Juliany Dani, S.T., M.T.

ABSTRAK

Penambahan beban di atas permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, dan keluarnya air atau udara dari dalam pori. Proses penurunan tanah tersebut dikenal dengan istilah konsolidasi.

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis besar dan waktu penurunan konsolidasi pada proyek *Botani Residence* di Kota Bogor akibat timbunan dan beban jalan. Tanah timbunan menggunakan tanah *stiff clay*. Kedalaman tanah yang ditinjau adalah sampai 9m. Lapisan tanah yang dianalisis adalah tanah lanau dengan variasi *soft*, *medium stiff*, dan *stiff*. Bentuk timbunan yang dianalisis adalah berbentuk trapesium dengan kemiringan 1:2 dan mempunyai ketinggian 1m. Beban jalan lokal $q = 12\text{kN/m}^2$ dengan lebar jalan 4m. Analisis menggunakan metode Terzaghi dengan bantuan *software Mathcad* dan dibandingkan dengan *software GEO5-Settlement*.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, penurunan konsolidasi primer dengan metode Terzaghi pada elevasi tanah 0m, -2m, dan -4m berturut-turut menghasilkan hasil 2,19cm, 1,97cm, dan 1,68cm, sedangkan dengan menggunakan *software GEO5-Settlement* menghasilkan hasil 2,22cm, 2,03cm, dan 1,73cm. Waktu konsolidasi dengan metode Terzaghi pada elevasi tanah 0m, -2m, dan -4m berturut-turut memerlukan waktu 666 hari, 403 hari, dan 222 hari, sedangkan dengan menggunakan *software GEO5-Settlement* memerlukan waktu 800 hari, 500 hari, dan 300 hari. Dari kedua metode tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin kecil tebal lapisan tanah, nilai penurunan konsolidasi primer akan semakin berkurang. Begitu juga halnya dengan waktu konsolidasi. Jika dilihat dari sisi nilai penurunan konsolidasi primer, penurunan yang dihasilkan untuk elevasi tanah 0m dan -4m tidak jauh berbeda ($\pm 0,5\text{cm}$). Tetapi jika dilihat dari sisi nilai waktu konsolidasi, waktu yang diperlukan untuk elevasi tanah -4m mencapai total penurunan adalah 1/3 dari nilai waktu konsolidasi elevasi tanah 0m.

Kata kunci: Konsolidasi, penurunan konsolidasi primer, waktu konsolidasi

EFFECT OF THICK LAYER OF COHESIVE SOIL AGAINST PRIMARY CONSOLIDATION SETTLEMENT DUE TO EMBANKMENTS

Wismoyo Siswanto
NRP: 1221002

Supervisor: Hanny Juliany Dani, S.T., M.T.

ABSTRACT

A stress increase caused by the construction of foundations or other loads compresses soil layers. The compression is caused by deformation of soil particles, relocations of soil particles, and expulsion of water or air from the void spaces. The soil settlement process is known as consolidation.

This study will be the analysis of primary consolidation settlement and time rate of consolidation in Botani Residence Project at Bogor due to embankment and road loads. The soil embankment using stiff clay soil. The depth of soil that been reviewed is 9m. Clayey silt soil with the variations of soft, medium stiff, and stiff are used for this analysis. The shape of embankment is trapezoid with a slope of 1:2 and has a height of 1m. Local road load is 12kN/m² with a road width of 4m. This final project's analysis use Terzaghi's method along with Mathcad 15 software and compare with GEO5-Settlement software.

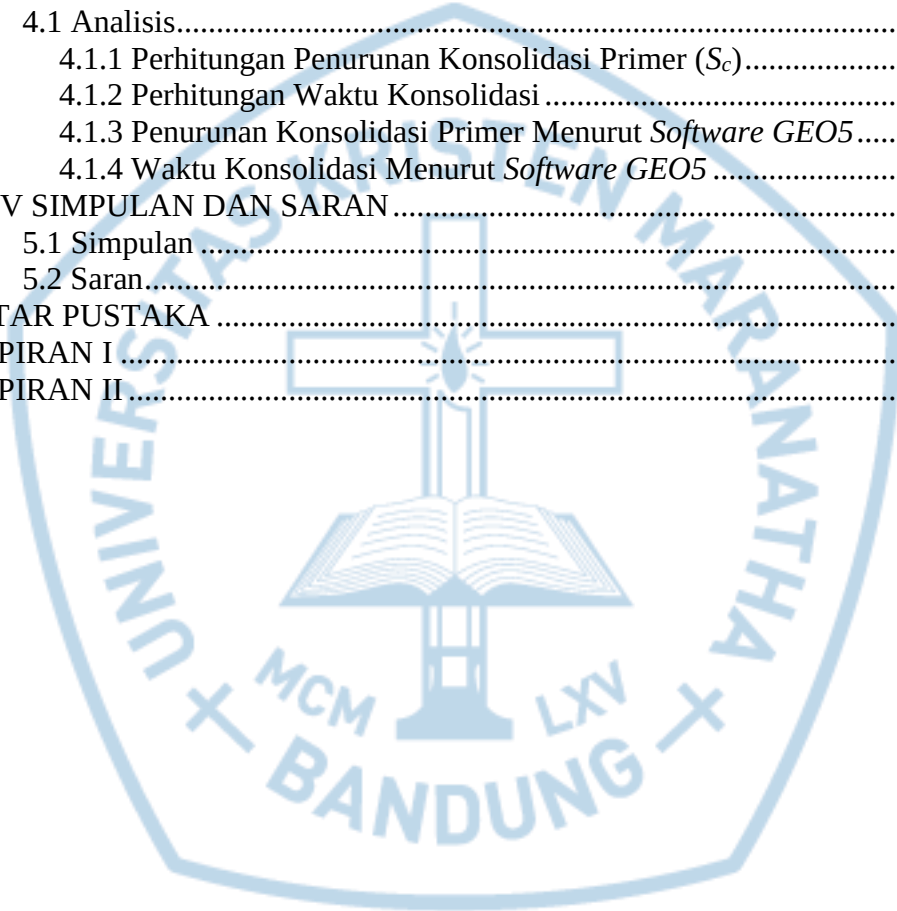
According to the result, primary consolidation settlement with Terzaghi method on the surface 0m, -2m, and -4m elevation respectively produce result 2,19cm, 1,97cm, and 1,68cm, while using GEO5-Settlement software produce results 2,22cm, 2,03cm, and 1,73cm. Time rate of consolidation with Terzaghi method on the surface 0m, -2m, and -4m elevation respectively take as much as 666 days, 403 days and 222 days, while using GEO5-Settlement software takes 800 days, 500 days and 300 days. From both methods can be concluded that the smaller the thick layer of soil, the value of primary consolidation settlement will decrease. So it is the same as the time rate of consolidation. When viewed from the value of primary consolidation settlement, the settlement that is generated for the 0m and -4m elevation is not much different ($\pm 0,5$ cm). But when viewed from the value of time rate of consolidation, the time required by the -4m elevation to reach total settlement is 1/3 of the time required by the 0m elevation.

Keyword: *Consolidation, primary consolidation settlement, time rate of consolidation*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN.....	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN	iv
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	v
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Sistematika Pembahasan	2
1.5 Lisensi Perangkat Lunak	3
BAB II TINJAUAN LITERATUR.....	4
2.1 Jalan Raya	4
2.1.1 Pengertian dan Klasifikasi Jalan Raya.....	4
2.1.2 Fungsi Jalan	4
2.1.3 Tipe Jalan.....	5
2.2 Tanah.....	6
2.3 Tanah Kohesif	6
2.4 Distribusi Beban.....	7
2.5 Tegangan Akibat Beban Berbentuk Trapesium	9
2.6 Konsolidasi.....	10
2.6.1 Konsolidasi Satu Dimensi	11
2.6.2 Hubungan Angka Pori-Tekanan	13
2.6.3 Lempung yang Terkonsolidasi Secara Normal (<i>Normally Consolidated</i>) dan Terlalu Terkonsolidasi (<i>Over Consolidated</i>)	15
2.6.4 Pengaruh Kerusakan Struktur Tanah pada Hubungan Antara Angka Pori dan Tekanan	17
2.6.5 Analisis Penurunan yang Disebabkan oleh Konsolidasi Primer Satu Dimensi	19
2.6.6 Indeks Pemampatan (<i>Compression Index C_c</i>)	21
2.6.7 Indeks Pemuaian (<i>Swell Index C_s</i>).....	22
2.6.8 Kecepatan Waktu Konsolidasi	23
2.6.9 Koefisien Konsolidasi (C_v).....	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	30

3.1 Diagram Penelitian.....	30
3.2 Data Tanah	31
3.2.1 Tanah Timbunan.....	31
3.2.2 Tanah Kohesif	31
3.3 Perhitungan Distribusi Beban Akibat Timbunan Menurut Teori Boussinesq.....	33
3.4 Konsolidasi Primer	35
3.5 <i>Software Mathcad 15</i>	37
3.6 Langkah-langkah Penggunaan <i>Software Mathcad 15</i>	38
3.7 <i>Software GEO5-Settlement v19</i>	40
3.8 Langkah-langkah Penggunaan <i>Software GEO5-Settlement v19</i>	40
BAB IV ANALISIS HASIL	47
4.1 Analisis.....	47
4.1.1 Perhitungan Penurunan Konsolidasi Primer (S_c).....	47
4.1.2 Perhitungan Waktu Konsolidasi	61
4.1.3 Penurunan Konsolidasi Primer Menurut <i>Software GEO5</i>	62
4.1.4 Waktu Konsolidasi Menurut <i>Software GEO5</i>	64
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Simpulan	67
5.2 Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN I	70
LAMPIRAN II	75



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tambahan Tegangan dan Distribusi Tegangan dalam Tanah	8
Gambar 2.2	Teori Boussinesq dan Westergaard	9
Gambar 2.3	Tambahan Tegangan Vertikal Beban Trapesium	9
Gambar 2.4	Nilai Faktor Pengaruh Akibat Beban Trapesium	10
Gambar 2.5	Konsolidometer	12
Gambar 2.6	Hubungan Waktu–Pemampatan Selama Konsolidasi untuk Suatu Penimbunan Beban.....	12
Gambar 2.7	Perubahan Tinggi Contoh Tanah pada Uji Konsolidasi Satu Dimensi.....	14
Gambar 2.8	Hubungan e vs $\log p$	15
Gambar 2.9	Hubungan e vs $\log p$ yang Menunjukkan Keadaan Akibat Pembebanan, Pengangkatan Beban, dan Pembebanan Kembali	16
Gambar 2.10	Karakteristik Konsolidasi Lempung yang Terkonsolidasi Secara Normal Dengan Sensitifitas Rendah Sampai Sedang	18
Gambar 2.11	Karakteristik Konsolidasi Lempung yang Terlalu Terkonsolidasi Dengan Sensitifitas Rendah Sampai Sedang	18
Gambar 2.12	Karakteristik Konsolidasi Lempung Sensitif.....	19
Gambar 2.13	Penurunan yang Disebabkan oleh Konsolidasi Satu Dimensi.....	19
Gambar 2.14	Nilai Faktor Koreksi α	21
Gambar 2.15a	Lapisan Lempung yang Mengalami Konsolidasi	23
Gambar 2.15b	Aliran pada A Selama Konsolidasi	23
Gambar 2.16	Variasi U_z Terhadap T_v dan z/H_{dr}	25
Gambar 2.17	Variasi Derajat Konsolidasi Rata-rata Terhadap Faktor Waktu, T_v	26
Gambar 2.18	Metode Logaritma–Waktu.....	28
Gambar 2.19	Metode Akar–Waktu	29
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 3.2	<i>Bore Log</i> No. BH-4	32
Gambar 3.3	Perhitungan Kedalaman H Akibat Beban Timbunan	33
Gambar 3.4	Pengaruh Kedalaman Terhadap Distribusi Beban.....	35
Gambar 3.5	Penampang Melintang Untuk Elevasi Tanah 0m ($H = 9$ m)	36
Gambar 3.6	Penampang Melintang Untuk Elevasi Tanah -2m ($H = 7$ m).....	36
Gambar 3.7	Penampang Melintang Untuk Elevasi Tanah -4m ($H = 5$ m).....	36
Gambar 3.8	<i>Software Mathcad 15</i>	38
Gambar 3.9	<i>Project</i>	41
Gambar 3.10	<i>Settings</i>	41
Gambar 3.11	<i>Interface</i>	42
Gambar 3.12	<i>Soils</i>	43
Gambar 3.13	<i>Assign</i>	43
Gambar 3.14	<i>Analysis Stage 1</i>	44
Gambar 3.15	<i>Embankment</i>	45
Gambar 3.16	<i>Assign Stage 2</i>	45

Gambar 3.17	<i>Surcharge</i>	46
Gambar 3.18	<i>Analysis Stage 2</i>	46
Gambar 4.1	Per Lapisan Tanah Untuk Elevasi Tanah 0m ($H = 9\text{m}$)	47
Gambar 4.2	Per Lapisan Tanah Untuk Elevasi Tanah -2m ($H = 7\text{m}$).....	47
Gambar 4.3	Per Lapisan Tanah Untuk Elevasi Tanah -4m ($H = 5\text{m}$).....	48
Gambar 4.4	Penurunan Konsolidasi Primer, $H = 9\text{m}$	62
Gambar 4.5	Penurunan Konsolidasi Primer, $H = 7\text{m}$	62
Gambar 4.6	Penurunan Konsolidasi Primer, $H = 5\text{m}$	63
Gambar 4.7	Perbandingan Kurva Tebal vs Penurunan Konsolidasi Primer pada Tebal Lapisan Tanah 9m, 7m, dan 5m.....	64
Gambar 4.8	Waktu Konsolidasi, $H = 9\text{m}$	64
Gambar 4.9	Waktu Konsolidasi, $H = 7\text{m}$	65
Gambar 4.10	Waktu Konsolidasi, $H = 5\text{m}$	65
Gambar 4.11	Perbandingan Kurva Tebal vs Waktu Konsolidasi pada Tebal Lapisan Tanah 9m, 7m, dan 5m	66
Gambar L1.1	<i>Bore Log</i> BH-4 (0-20m)	70
Gambar L1.2	<i>Bore Log</i> BH-4 (20m-40m).....	71
Gambar L1.3	Tes Konsolidasi (1m-1,5m).....	72
Gambar L1.4	Tes Konsolidasi (4m-4,5m).....	73
Gambar L1.5	Tes Konsolidasi (7m-7,5m).....	74



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penetapan Lebar Lajur dan Jalur Jalan.....	6
Tabel 2.2	Beban Lalu Lintas	6
Tabel 2.3	Tipe Tanah Kohesif dan Sifatnya.....	7
Tabel 2.4	Hubungan untuk Indeks Pemampatan, C_c	22
Tabel 2.5	Pemampatan dan Pemuaian Tanah Asli	22
Tabel 2.6	Variasi Faktor Waktu Terhadap Derajat Konsolidasi	26
Tabel 3.1	Paramater Tanah untuk Timbunan	31
Tabel 3.2	Data Tanah Kohesif.....	31
Tabel 3.3	Perhitungan H Maksimum Menurut Teori Boussinesq.....	34
Tabel 3.4	Data <i>Input Soils</i>	42
Tabel 4.1	Perhitungan Penurunan Konsolidasi Primer pada Tanah <i>Clayey Silt Soft Consistency</i> (0-4m).....	49
Tabel 4.2	Perhitungan Penurunan Konsolidasi Primer pada Tanah <i>Clayey Silt Medium Stiff Consistency</i> (4m-7m)	51
Tabel 4.3	Perhitungan Penurunan Konsolidasi Primer pada Tanah <i>Clayey Silt Stiff Consistency</i> (7m-9m).....	52
Tabel 4.4	Perhitungan Faktor Koreksi Penurunan Konsolidasi Primer H=9m ..	52
Tabel 4.5	Perhitungan Penurunan Konsolidasi Primer pada Tanah <i>Clayey Silt Soft Consistency</i> (0-2m).....	54
Tabel 4.6	Perhitungan Penurunan Konsolidasi Primer pada Tanah <i>Clayey Silt Medium Stiff Consistency</i> (2m-5m)	55
Tabel 4.7	Perhitungan Penurunan Konsolidasi Primer pada Tanah <i>Clayey Silt Stiff Consistency</i> (5m-7m).....	57
Tabel 4.8	Perhitungan Faktor Koreksi Penurunan Konsolidasi Primer H=7m ..	57
Tabel 4.9	Perhitungan Penurunan Konsolidasi Primer pada Tanah <i>Clayey Silt Medium Stiff Consistency</i> (0-3m).....	59
Tabel 4.10	Perhitungan Penurunan Konsolidasi Primer pada Tanah <i>Clayey Silt Stiff Consistency</i> (3m-5m).....	60
Tabel 4.11	Perhitungan Faktor Koreksi Penurunan Konsolidasi Primer H=5m ..	61
Tabel 4.12	Hasil Perhitungan Penurunan Konsolidasi Primer pada Tebal Lapisan Tanah 9m, 7m, dan 5m	63
Tabel 4.13	Hasil Perhitungan Waktu Konsolidasi pada Tebal Lapisan Tanah 9m, 7m, dan 5m.....	66

DAFTAR LAMPIRAN

L.1	Data Tanah di Proyek Botani <i>Residence</i>	70
L.2	Perhitungan Penurunan Konsolidasi Primer dan Waktu Konsolidasi dengan Metode Terzaghi	75



DAFTAR NOTASI

$\partial(\Delta p')$	Perubahan tekanan efektif
Δe	Perubahan angka pori
Δp	Tambahan tegangan
A	Luas penampang contoh tanah
a_v	Koefisien kemampumampatan
C_c	Indeks pemampatan (<i>compression index</i>)
C_s	Indeks pemuaian (<i>swell index</i>)
C_v	Koefisien konsolidasi
E	Modulus elastisitas
e_o	Angka pori awal
G_s	Berat spesifik contoh tanah
H	Tebal lapisan tanah
H_{dr}	Panjang aliran rata-rata yang harus ditempuh oleh air pori selama proses konsolidasi
h_i	Tebal lapisan i
I	Nilai faktor pengaruh
m	Bilangan bulat
m_v	Koefisien kemampumampatan volume = $a_v/(1+e_o)$
OCR	<i>Over consolidated ratio</i>
P_c	Tekanan prakonsolidasi
P_o	Tekanan efektif
S	Penurunan batas lapisan lempung yang disebabkan oleh konsolidasi primer
S_t	Penurunan lapisan lempung pada saat t
T_v	Faktor waktu
U	Derajat konsolidasi rata-rata
u	Tekanan air pori yang disebabkan oleh penambahan tegangan
u_o	Tegangan air pori awal
u_z	Tekanan air pori pada jarak z pada waktu t
V	Volume elemen tanah

V_0	Volume awal
V_1	Volume akhir
V_s	Volume butiran padat
V_v	Volume pori
V_{v0}	Volume awal dari pori
V_{v1}	Volume akhir dari pori
v_z	Kecepatan aliran dalam arah sumbu z
W_s	Berat kering contoh tanah
α	Faktor koreksi konsolidasi
γ_w	Berat volume air
μ	Angka poisson

