

**SKRIPSI**

**PENGARUH PERMEABILITAS HORIZONTAL  
TERHADAP EFEKTIVITAS PERBAIKAN TANAH  
DENGAN METODE PRELOADING PADA STUDI  
KASUS TRIAL EMBANKMENTS DI MUAR,  
MALAYSIA**



**HANSEN GUNAWAN TEJA**

**NPM : 6101901107**

**PEMBIMBING: Ir. Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S.**

**KO-PEMBIMBING: Martin Wijaya, S.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JULI 2023**

**SKRIPSI**

**PENGARUH PERMEABILITAS HORIZONTAL  
TERHADAP EFEKTIVITAS PERBAIKAN TANAH  
DENGAN METODE PRELOADING PADA STUDI  
KASUS TRIAL EMBANKMENTS DI MUAR,  
MALAYSIA**



**HANSEN GUNAWAN TEJA**

**NPM : 6101901107**

**PEMBIMBING: Ir. Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S.**

**KO-PEMBIMBING: Martin Wijaya, S.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JULI 2023**

**SKRIPSI**

**PENGARUH PERMEABILITAS HORIZONTAL  
TERHADAP EFEKTIVITAS PERBAIKAN TANAH  
DENGAN METODE PRELOADING PADA STUDI  
KASUS TRIAL EMBANKMENTS DI MUAR,  
MALAYSIA**



**HANSEN GUNAWAN TEJA**

**NPM : 6101901107**

**PEMBIMBING:**

**Ir. Ignatius Tommy Pratama,  
S.T., M.S.**

**KO-PEMBIMBING:**

**Martin Wijaya, S.T., Ph.D**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JULI 2023**

**SKRIPSI**

**PENGARUH PERMEABILITAS HORIZONTAL  
TERHADAP EFEKTIVITAS PERBAIKAN TANAH  
DENGAN METODE PRELOADING PADA STUDI  
KASUS TRIAL EMBANKMENTS DI MUAR,  
MALAYSIA**



**HANSEN GUNAWAN TEJA**

**NPM : 6101901107**

**PEMBIMBING: Ir. Ignatius Tommy Pratama, M.T., M.S.**

**KO-  
PEMBIMBING: Martin Wijaya, S.T., Ph.D.**

**PENGUJI 1: Ir. Siska Rustiani, M.T.**

**PENGUJI 2: Aswin Lim, Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JULI 2023**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : HANSEN GUNAWAN TEJA

Tempat, tanggal lahir : Bandung, 7 Juni 2001

NPM 6101901107

Judul skripsi : **PENGARUH PERMEABILITAS**

**HORIZONTAL TERHADAP EFEKTIVITAS PERBAIKAN TANAH  
DENGAN METODE PRELOADING PADA STUDI KASUS TRIAL  
EMBANKMENTS DI MUAR, MALAYSIA**

Dengan ini Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah benar hasil karya tulis saya sendiri dan bebas plagiat. Adapun kutipan yang tertuang sebagian atau seluruh bagian pada karya tulis ini yang merupakan karya orang lain (buku, makalah, karya tulis, materi perkuliahan, internet, dan sumber lain) telah selayaknya saya kutip, sadur, atau tafsir dan dengan jelas telah melampirkan sumbernya. Bahwa tindakan melanggar hak cipta dan yang disebut plagiat merupakan pelanggaran akademik yang sanksinya dapat berupa peniadaan pengakuan atas karya ilmiah ini dan kehilangan hak keserjanaan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

(Kutipan pasal 25 ayat 2 UU no. 20 tahun 2003)

Bandung, 24 Juli 2023



Hansen Gunawan Teja

**PENGARUH PERMEABILITAS HORIZONTAL  
TERHADAP EFEKTIVITAS PERBAIKAN TANAH  
DENGAN METODE PRELOADING PADA STUDI  
KASUS TRIAL EMBANKMENTS DI MUAR,  
MALAYSIA**

**Hansen Gunawan Teja  
NPM : 6101901107**

**PEMBIMBING : Ir. Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S.**

**KO-PEMBIMBING : Martin Wijaya, Ph. D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JULI 2023**

**ABSTRAK**

Permeabilitas horizontal tanah merupakan kemampuan tanah untuk mengalirkan air melalui pori-pori yang ada pada tanah pada arah horizontal. Melalui penelitian ini, dilakukan simulasi menggunakan Studi Kasus Trial Embankments di Malaysia untuk memodelkan geometri dan parameter tanah, serta menggunakan parameter hidraulik dengan bantuan *back-analysis* berupa nilai Permeabilitas Tanah atau Konduktivitas Hidraulik ( $K_{sat}$ ). Selanjutnya, setelah mendapatkan parameter tersebut, dilakukan perubahan nilai *anisotropic ratio* yang berupa perbandingan nilai permeabilitas vertikal dan horizontal ( $K_y/K_x$ ). Variasi nilai *anisotropic ratio* yang digunakan yaitu sebesar 0.6, 0.8, 1, 1.5, dan 2. Dengan variasi tersebut, nilai permeabilitas horizontal akan memiliki rentang sebesar 0.6 hingga 2 kali dari nilai permeabilitas vertikal yang dipakai ( $K_{sat}$ ). Perubahan nilai permeabilitas horizontal akan memengaruhi nilai tekanan air pori eksese yang terjadi pada lereng. Berubahnya nilai tekanan air pori eksese dengan perubahan *anisotropic ratio* akan menyebabkan perubahan nilai Faktor Keamanan (FK) atau *Safety Factor* (SF) pada stabilitas lereng.

Kata kunci : permeabilitas horizontal, tekanan air pori eksese, stabilitas lereng, faktor keamanan

**THE EFFECT OF HORIZONTAL PERMEABILITY ON  
THE EFFECTIVENESS OF SOIL IMPROVEMENT  
WITH THE PRELOADING METHOD IN A CASE  
STUDY OF TRIAL EMBANKMENTS IN MUAR,  
MALAYSIA**

**Hansen Gunawan Teja  
NPM : 6101901107**

**ADVISOR : Ir. Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S.**

**CO-ADVISOR : Martin Wijaya, Ph. D.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
FACULTY OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
BACHELOR PROGRAM**

**(Accredited by SK BAN-PT Number: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)**

**BANDUNG  
JULY 2023**

**ABSTRACT**

Soil horizontal permeability is the ability of the soil to drain water through the pores in the soil in a horizontal direction. Through this research, a simulation was carried out using a Case Study of Trial Embankments in Malaysia to model soil geometry and parameters, as well as using hydraulic parameters with the help of back-analysis in the form of Soil Permeability or Hydraulic Conductivity ( $K_{sat}$ ) values. Furthermore, after obtaining these parameters, the value of the anisotropic ratio is changed in the form of a comparison of the vertical and horizontal permeability values ( $K_y/K_x$ ). Variations in the anisotropic ratio values used are 0.6, 0.8, 1, 1.5, and 2. With these variations, the horizontal permeability value will have a range of 0.6 to 2 times the vertical permeability value used ( $K_{sat}$ ). Changes in the horizontal permeability value will affect the value of the excess pore water pressure that occurs on the slope. Changing the value of excess pore water pressure with changes in the anisotropic ratio will cause a change in the value of the Safety Factor (SF) on slope stability.

Keywords : horizontal permeability, excess pore-water-pressure, slope stability , safety factor

# PRAKATA

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Permeabilitas Horizontal Terhadap Efektivitas Perbaikan Tanah dengan Metode Preloading pada Studi Kasus Trial Embankments di Muar, Malaysia”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk lulus program sarjana di program studi teknik sipil, fakultas teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Selama proses pengerjaan skripsi ini, terdapat banyak habatan yang dialami oleh penulis. Akan tetapi, penulis sangat bersyukur dan berterima kasih atas bantuan, dukungan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada orang-orang tersebut, yaitu :

1. Bapak Ir. Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S. dan Bapak Martin Wijaya, Ph.D., selaku dosen pembimbing dan dosen ko-pembimbing atas saran, komentar, dan dukungannya selama proses melakukan analisis dan penulisan skripsi ini, serta dengan sabar membimbing dan mendampingi penulis untuk menyelesaikan seluruh pengerjaan skripsi ini.
2. Seluruh dosen dan staff pengajar KBI Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan selaku dosen penguji untuk kritik, saran, masukan, dan pembelajaran.
3. Papa The Nien Huang, Mama Soeng Hin Fong, dan Kakak Helen Surya Teja yang selalu memberikan dukungan dan memotivasi penulis untuk selalu berjuang dalam berbagai situasi dan kondisi yang telah penulis alami selama pengerjaan skripsi.
4. Elvira Safitri yang memberikan saran, kritik, dan masukan, serta memotivasi penulis untuk berjuang dalam berbagai situasi dan kondisi yang telah penulis alami selama pengerjaan skripsi dari awal hingga akhir penulisan.
5. Adela Amabel yang selalu memberikan saran dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
6. I Made Bryan Andiko selaku teman satu pembimbing yang berjuang bersama dari awal hingga akhir penulisan skripsi.



7. Seluruh Civitas Akademika Universitas Katolik Parahyangan, khususnya program studi teknik sipil dan teman-teman yang telah turut serta dalam memberikan semangat kepada penulis.

Penulis menyadari adanya berbagai kekurangan dan ketidaksempurnaan yang dilakukan selama proses pengerjaan skripsi. Dengan demikian, penulis sangat terbuka dalam menanggapi kritik dan saran agar dapat menjadi lebih baik lagi, terima kasih.

Bandung, Juli 2023



Hansen Gunawan Teja

6101901107



# DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Inti Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
1.7 Diagram Alir.....	5
BAB 2 STUDI PUSTAKA.....	6
2.1 Dasar Teori Modified Cam Clay (MCC) dan Aplikasinya pada Studi Kasus Terdahulu.....	6
2.2 Soil Parameter Pada Model MCC.....	11
2.3 Metode Van Genuchten Untuk Pergerakan Air Tanah.....	14
2.4 Analisis <i>Coupled Stress/PWP Change</i> .....	15
2.5 Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Bishop.....	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Permodelan Geometri Lereng.....	21
3.2 Penentuan Parameter Tanah dengan Referensi <i>Back-Analysis</i> .....	28
3.3 Penentuan Parameter Hidraulik Tanah dari Hasil <i>Back-Analysis</i> .....	37
3.4 Interpretasi Hasil Analisis <i>Coupled Stress w/ PWP Change</i> .....	39
3.5 Penentuan Ruang Lingkup Analisis Bishop (Menggunakan <i>Entry</i> dan <i>Exit</i> ).....	46
3.6 Interpretasi Hasil Analisis Kestabilan dengan MEH Metode Bishop.....	47
BAB 4 HASIL ANALISIS DAN DISKUSI.....	52
4.1 Hasil Analisis dan <i>Back-Analysis</i> .....	52
4.2 Diskusi.....	58
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	59

5.1 Kesimpulan .....	59
5.2 Saran .....	59
DAFTAR PUSTAKA .....	60
LAMPIRAN 1 Perubahan Kontur Total Stress, Excess PWP, dan Settlement untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 0.6.....	62
LAMPIRAN 2 Perubahan Kontur Total Stress, Excess PWP, dan Settlement untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 0.8.....	72
LAMPIRAN 3 Perubahan Kontur Total Stress, Excess PWP, dan Settlement P untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 1 .....	82
LAMPIRAN 4 Perubahan Kontur Total Stress, Excess PWP, dan Settlement untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 1.5.....	92
LAMPIRAN 5 Perubahan Kontur Total Stress, Excess PWP, dan Settlement untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 2.....	102
LAMPIRAN 6 Tabel dan Kurva Perubahan Nilai Faktor Keamanan untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 0.6.....	111
LAMPIRAN 7 Tabel dan Kurva Perubahan Nilai Faktor Keamanan untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 0.8.....	116
LAMPIRAN 8 Tabel dan Kurva Perubahan Nilai Faktor Keamanan untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 1.....	121
LAMPIRAN 9 Tabel dan Kurva Perubahan Nilai Faktor Keamanan untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 1.5.....	125
LAMPIRAN 10 Tabel dan Kurva Perubahan Nilai Faktor Keamanan untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 2.....	130
LAMPIRAN 11 Data Settlement S4 dan S5 dari Pengujian di Lapangan .....	135
LAMPIRAN 12 Tabel dan Kurva Perubahan Nilai Settlement Hasil <i>Back-Analysis</i> ( <i>Anisotropic Ratio</i> $K_y/K_x = 1$ ) Menggunakan Parameter dari Raharjo, et. al. 2022 .....	140

## DAFTAR NOTASI

$\alpha$ (Bishop)	: Kemiringan Irisan
$\beta$	: Panjang Irisan
$c$	: Kohesi tanah
$C_c$	: Indeks Kompresibilitas Tanah
$C_s$	: Indeks <i>Swelling</i> Tanah
$e_0$	: Angka Pori Awal pada Tanah
$E'$	: Modulus Elastisitas Efektif Tanah
FS atau FK	: <i>Safety Factor</i> / Faktor Keamanan
$\gamma$	: <i>Unit Weight</i> / Berat Jenis Tanah
$\kappa$	: Kappa (Parameter Model MCC)
$K_0$	: <i>At rest coefficient</i>
$K_{sat}$	: Koefisien Permeabilitas Tanah Pada Kondisi Jenuh Air
$K_y$	: Koefisien Permeabilitas Tanah Pada Arah Vertikal
$K_x$	: Koefisien Permeabilitas Tanah Pada Arah Horizontal
$\lambda$	: Lambda (Parameter Model MCC)
M atau $\mu$	: <i>State Parameter</i> untuk Model MCC
$N$	: Gaya Normal pada Irisan ( $W \cos \alpha$ )
OCR	: <i>Over Consolidation Ratio</i>
$\phi'$	: Sudut Geser Dalam Efektif
$\nu$	: Poisson's Ratio
$\theta_r$	: <i>Residual Water Content</i>
$\theta_s$	: <i>Saturated Water Content</i>
$W$	: Berat Irisan

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b>	Kurva perubahan volume change vs pressure dan stress vs strain.....	7
<b>Gambar 2. 2</b>	Tabel Parameter $\theta_r$ , $\theta_s$ , $\alpha$ , $n$ , dan $K_s$ untuk berbagai tipe tanah .....	15
<b>Gambar 2. 3</b>	Free Body Diagram dan Diagram Gaya untuk Metode Bishop .....	20
<b>Gambar 3. 1</b>	Grafik Timbunan Terhadap Waktu.....	21
<b>Gambar 3. 2</b>	Permodelan Geometri Lereng diambil dari Rahardjo, et. al. 2022 ..	23
<b>Gambar 3. 3</b>	Permodelan Geometri Tanah .....	23
<b>Gambar 3. 4</b>	Permodelan Geometri Lereng pada Fase ke-1 .....	24
<b>Gambar 3. 5</b>	Permodelan Geometri Lereng pada Fase ke-2 .....	25
<b>Gambar 3. 6</b>	Permodelan Geometri Lereng pada Fase ke-3 .....	26
<b>Gambar 3. 7</b>	Permodelan Geometri Lereng pada Fase ke-4 .....	27
<b>Gambar 3. 8</b>	Permodelan Geometri Lereng pada Fase ke-5 (terakhir).....	28
<b>Gambar 3. 9</b>	Input Parameter Jenis Tanah Crust .....	29
<b>Gambar 3. 10</b>	Input Parameter Fill .....	30
<b>Gambar 3. 11</b>	Input Parameter Jenis Tanah Lower Marine Clay .....	31
<b>Gambar 3. 12</b>	Input Parameter Jenis Tanah Peat .....	32
<b>Gambar 3. 13</b>	Input Parameter Jenis Tanah Sand .....	33
<b>Gambar 3. 14</b>	Input Parameter Jenis Tanah Sandy Clay .....	34
<b>Gambar 3. 15</b>	Input Parameter Jenis Tanah Upper Marine Clay .....	35
<b>Gambar 3. 16</b>	Hasil Uji Laboratorium dari Penelitian Raharjo, et. al. 2022 .....	36
<b>Gambar 3. 17</b>	Parameter Hasil <i>Back-Analysis</i> yang Diperoleh dari Penelitian Raharjo, et. al. 2022 .....	36
<b>Gambar 3. 21</b>	Total Stress Kondisi Awal Timbunan Tahap 1 (0 hari) .....	40
<b>Gambar 3. 22</b>	Total Stress Kondisi Akhir Timbunan Tahap 1 (17 hari) .....	40
<b>Gambar 3. 23</b>	Total Stress Kondisi Akhir Timbunan Tahap 2 (52 hari) .....	41
<b>Gambar 3. 24</b>	Total Stress Kondisi Akhir Timbunan Tahap 3 (154 hari) .....	41
<b>Gambar 3. 25</b>	Total Stress Kondisi Akhir Timbunan Tahap 4 (287 hari) .....	42
<b>Gambar 3. 26</b>	Total Stress Kondisi Akhir Timbunan Tahap 5 (730 hari) .....	42
<b>Gambar 3. 27</b>	Excess PWP Kondisi Awal Timbunan Tahap 1 (0 hari).....	43
<b>Gambar 3. 28</b>	Excess PWP Kondisi Akhir Timbunan Tahap 1 (17 hari).....	43
<b>Gambar 3. 29</b>	Excess PWP Kondisi Akhir Timbunan Tahap 2 (52 hari).....	44

<b>Gambar 3. 30</b> Excess PWP Kondisi Akhir Timbunan Tahap 3 (154 hari).....	44
<b>Gambar 3. 31</b> Excess PWP Kondisi Akhir Timbunan Tahap 4 (287 hari).....	45
<b>Gambar 3. 32</b> Excess PWP Kondisi Akhir Timbunan Tahap 5 (730 hari).....	45
<b>Gambar 3. 33</b> Penentuan Nilai Exit dan Entry dari Analisis Faktor Keamanan...	46
<b>Gambar 3. 34</b> Analisis Keamanan Metode Bishop, Awal Penimbunan (0 hari) ...	47
<b>Gambar 3. 35</b> Analisis Keamanan Metode Bishop, Penimbunan Tahap 1 (17 hari) .....	48
<b>Gambar 3. 36</b> Analisis Keamanan Metode Bishop, Penimbunan Tahap 2 (52 hari) .....	48
<b>Gambar 3. 37</b> Analisis Keamanan Metode Bishop, Penimbunan Tahap 3 (154 hari) .....	49
<b>Gambar 3. 38</b> Analisis Keamanan Metode Bishop Penimbunan Tahap 4 (287 hari) .....	50
<b>Gambar 3. 39</b> Analisis Keamanan Metode Bishop Penimbunan Tahap 5 (730 hari) .....	51
<b>Gambar 4. 1</b> Kurva Settlement Analysis dengan Settlement di Lapangan .....	52
<b>Gambar 4. 2</b> Kurva Hasil Back Analysis S4 .....	53
<b>Gambar 4. 3</b> Kurva Hasil Back Analysis S4 .....	54
<b>Gambar 4. 4</b> Hasil Perolehan Analisis dengan variasi nilai $K_y/K_x$ .....	54
<b>Gambar 4. 5</b> Kurva Perbedaan Nilai FK untuk masing-masing variasi $K_y/K_x$ ....	55
<b>Gambar 4. 6</b> Kurva Nilai Faktor Keamanan Terhadap Waktu untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	56
<b>Gambar 4. 7</b> Kurva Nilai Faktor Keamanan Terhadap Waktu untuk $K_y/K_x = 0.8$ .....	57
<b>Gambar 4. 8</b> Kurva Nilai Faktor Keamanan Terhadap Waktu untuk $K_y/K_x = 1$	57
<b>Gambar 4. 9</b> Kurva Nilai Faktor Keamanan Terhadap Waktu untuk $K_y/K_x = 1.5$ .....	57
<b>Gambar 4. 10</b> Kurva Nilai Faktor Keamanan Terhadap Waktu untuk $K_y/K_x = 2.58$	
<b>Gambar 6. 1</b> Perubahan Kontur Total Stress hari ke-0 untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	62
<b>Gambar 6. 2</b> Perubahan Kontur Total Stress hari ke-17 untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	63
<b>Gambar 6. 3</b> Perubahan Kontur Total Stress hari ke-52 untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	63

<b>Gambar 6. 4</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-154 untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	64
<b>Gambar 6. 5</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-287 untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	64
<b>Gambar 6. 6</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-730 untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	65
<b>Gambar 6. 7</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-0 untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	65
<b>Gambar 6. 8</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-17 untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	66
<b>Gambar 6. 9</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-52 untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	66
<b>Gambar 6. 10</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-154 untuk $K_y/K_x = 0.6$ ...	67
<b>Gambar 6. 11</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-287 untuk $K_y/K_x = 0.6$ ...	67
<b>Gambar 6. 12</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-730 untuk $K_y/K_x = 0.6$ ...	68
<b>Gambar 6. 13</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-0 untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	68
<b>Gambar 6. 14</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-17 untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	69
<b>Gambar 6. 15</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-52 untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	69
<b>Gambar 6. 16</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-154 untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	70
<b>Gambar 6. 17</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-287 untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	70
<b>Gambar 6. 18</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-730 untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	71
<b>Gambar 6. 19</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-0 untuk $K_y/K_x = 0.8$ .....	72
<b>Gambar 6. 20</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-17 untuk $K_y/K_x = 0.8$ .....	73
<b>Gambar 6. 21</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-52 untuk $K_y/K_x = 0.8$ .....	73
<b>Gambar 6. 22</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-154 untuk $K_y/K_x = 0.8$ ....	74
<b>Gambar 6. 23</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-287 untuk $K_y/K_x = 0.8$ ....	74
<b>Gambar 6. 24</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-730 untuk $K_y/K_x = 0.8$ ....	75
<b>Gambar 6. 25</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-0 untuk $K_y/K_x = 0.8$ .....	75
<b>Gambar 6. 26</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-17 untuk $K_y/K_x = 0.8$ .....	76
<b>Gambar 6. 27</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-52 untuk $K_y/K_x = 0.8$ .....	76
<b>Gambar 6. 28</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-154 untuk $K_y/K_x = 0.8$ ...	77
<b>Gambar 6. 29</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-287 untuk $K_y/K_x = 0.8$ ...	77
<b>Gambar 6. 30</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-730 untuk $K_y/K_x = 0.8$ ...	78
<b>Gambar 6. 31</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-0 untuk $K_y/K_x = 0.8$ .....	78
<b>Gambar 6. 32</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-17 untuk $K_y/K_x = 0.8$ .....	79
<b>Gambar 6. 33</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-52 untuk $K_y/K_x = 0.8$ .....	79
<b>Gambar 6. 34</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-154 untuk $K_y/K_x = 0.8$ .....	80
<b>Gambar 6. 35</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-287 untuk $K_y/K_x = 0.8$ .....	80
<b>Gambar 6. 36</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-730 untuk $K_y/K_x = 0.8$ .....	81
<b>Gambar 6. 37</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-0 untuk $K_y/K_x = 1$ .....	82

<b>Gambar 6. 38</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-17 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	83
<b>Gambar 6. 39</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-52 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	83
<b>Gambar 6. 40</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-154 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	84
<b>Gambar 6. 41</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-287 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	84
<b>Gambar 6. 42</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-730 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	85
<b>Gambar 6. 43</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-0 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	85
<b>Gambar 6. 44</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-17 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	86
<b>Gambar 6. 45</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-52 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	86
<b>Gambar 6. 46</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-154 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	87
<b>Gambar 6. 47</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-287 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	87
<b>Gambar 6. 48</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-730 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	88
<b>Gambar 6. 49</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-0 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	88
<b>Gambar 6. 50</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-17 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	89
<b>Gambar 6. 51</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-52 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	89
<b>Gambar 6. 52</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-154 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	90
<b>Gambar 6. 53</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-287 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	90
<b>Gambar 6. 54</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-730 untuk $Ky/Kx = 1$ .....	91
<b>Gambar 6. 55</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-0 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	92
<b>Gambar 6. 56</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-17 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	93
<b>Gambar 6. 57</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-52 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	93
<b>Gambar 6. 58</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-154 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	94
<b>Gambar 6. 59</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-287 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	94
<b>Gambar 6. 60</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-730 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	95
<b>Gambar 6. 61</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-0 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	95
<b>Gambar 6. 62</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-17 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	96
<b>Gambar 6. 63</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-52 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	96
<b>Gambar 6. 64</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-154 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	97
<b>Gambar 6. 65</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-287 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	97
<b>Gambar 6. 66</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-730 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	98
<b>Gambar 6. 67</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-0 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	98
<b>Gambar 6. 68</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-17 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	99
<b>Gambar 6. 69</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-52 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	99
<b>Gambar 6. 70</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-154 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	100
<b>Gambar 6. 71</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-287 untuk $Ky/Kx = 1.5$ .....	100



<b>Gambar 6. 72</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-730 untuk $K_y/K_x = 1.5$ ...	101
<b>Gambar 6. 73</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-0 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	102
<b>Gambar 6. 74</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-17 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	103
<b>Gambar 6. 75</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-52 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	103
<b>Gambar 6. 76</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-154 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	104
<b>Gambar 6. 77</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-287 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	104
<b>Gambar 6. 78</b>	Perubahan Kontur Total Stress hari ke-730 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	105
<b>Gambar 6. 79</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-0 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	105
<b>Gambar 6. 80</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-17 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	106
<b>Gambar 6. 81</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-52 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	106
<b>Gambar 6. 82</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-154 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	107
<b>Gambar 6. 83</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-287 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	107
<b>Gambar 6. 84</b>	Perubahan Kontur Excess PWP hari ke-730 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	108
<b>Gambar 6. 85</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-0 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	108
<b>Gambar 6. 86</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-17 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	109
<b>Gambar 6. 87</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-52 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	109
<b>Gambar 6. 88</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-154 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	110
<b>Gambar 6. 89</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-287 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	110
<b>Gambar 6. 90</b>	Perubahan Kontur Settlement hari ke-730 untuk $K_y/K_x = 2$ .....	111
<b>Gambar 6. 91</b>	Kurva Perubahan Faktor Keamanan untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	116
<b>Gambar 6. 92</b>	Kurva Perubahan Faktor Keamanan untuk $K_y/K_x = 0.8$ .....	120
<b>Gambar 6. 93</b>	Kurva Perubahan Faktor Keamanan untuk $K_y/K_x = 1$ .....	125
<b>Gambar 6. 94</b>	Kurva Perubahan Faktor Keamanan untuk $K_y/K_x = 1.5$ .....	130
<b>Gambar 6. 95</b>	Kurva Perubahan Faktor Keamanan untuk $K_y/K_x = 2$ .....	134
<b>Gambar 6. 96</b>	Kurva Hasil <i>Back-Analysis</i> Settlement untuk $K_y/K_x = 1$ .....	148

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3. 1</b> Permodelan Fase Penimbunan untuk S4.....	22
<b>Tabel 3. 2</b> Permodelan Fase Penimbunan untuk S5.....	22
<b>Tabel 3. 3</b> Hasil Trial Parameter .....	37
<b>Tabel 3. 4</b> Tabel Hasil <i>Back-Analysis</i> Parameter Tanah .....	39
<b>Tabel 4. 1</b> Perbandingan Settlement Hasil <i>Back-Analysis</i> dengan Lapangan.....	52
<b>Tabel 4. 2</b> Pengaruh Nilai $K_y/K_x$ dengan Faktor Keamanan .....	55
<b>Tabel 6. 1</b> Tabel Perubahan Faktor Keamanan untuk $K_y/K_x = 0.6$ .....	111
<b>Tabel 6. 2</b> Tabel Perubahan Faktor Keamanan untuk $K_y/K_x = 0.8$ .....	116
<b>Tabel 6. 3</b> Tabel Perubahan Faktor Keamanan untuk $K_y/K_x = 1$ .....	121
<b>Tabel 6. 4</b> Tabel Perubahan Faktor Keamanan untuk $K_y/K_x = 1.5$ .....	125
<b>Tabel 6. 5</b> Tabel Perubahan Faktor Keamanan untuk $K_y/K_x = 2$ .....	130
<b>Tabel 6. 6</b> Data Settlement S4 dari Pengujian di Lapangan .....	135
<b>Tabel 6. 7</b> Data Settlement S5 dari Pengujian di Lapangan .....	138
<b>Tabel 6. 8</b> Tabel Perubahan Settlement Hasil <i>Back-Analysis</i> untuk $K_y/K_x = 1$ ..	141
<b>Tabel 6. 9</b> Tabel Rekapitulasi Hasil <i>Back-Analysis</i> .....	147

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Perubahan Kontur Total Stress, Excess PWP, dan Settlement untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 0.6 .....	62
LAMPIRAN 2 Perubahan Kontur Total Stress, Excess PWP, dan Settlement untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 0.8 .....	72
LAMPIRAN 3 Perubahan Kontur Total Stress, Excess PWP, dan Settlement P untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 1 .....	82
LAMPIRAN 4 Perubahan Kontur Total Stress, Excess PWP, dan Settlement untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 1.5 .....	92
LAMPIRAN 5 Perubahan Kontur Total Stress, Excess PWP, dan Settlement untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 2 .....	102
LAMPIRAN 6 Tabel dan Kurva Perubahan Nilai Faktor Keamanan untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 0.6 .....	111
LAMPIRAN 7 Tabel dan Kurva Perubahan Nilai Faktor Keamanan untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 0.8 .....	116
LAMPIRAN 8 Tabel dan Kurva Perubahan Nilai Faktor Keamanan untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 1 .....	121
LAMPIRAN 9 Tabel dan Kurva Perubahan Nilai Faktor Keamanan untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 1.5 .....	125
LAMPIRAN 10 Tabel dan Kurva Perubahan Nilai Faktor Keamanan untuk <i>Anisotropic Ratio</i> ( $K_y/K_x$ ) sebesar 2 .....	130
LAMPIRAN 11 Data Settlement S4 dan S5 dari Pengujian di Lapangan .....	135
LAMPIRAN 12 Tabel dan Kurva Perubahan Nilai Settlement Hasil <i>Back-Analysis</i> ( <i>Anisotropic Ratio</i> $K_y/K_x = 1$ ) Menggunakan Parameter dari Raharjo, et. al. 2022 .....	140

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perbaikan tanah merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengatasi permasalahan ketika kondisi tanah di lapangan memiliki kualitas yang kurang baik ketika digunakan untuk menahan beban bangunan. Tujuan dari perbaikan tanah yaitu merekayasa sifat tanah agar tanah tersebut menjadi lebih baik dan lebih efektif dari segi kualitas ketika digunakan. Salah satu metode dari perbaikan tanah yaitu metode *preloading*, dimana metode ini menggunakan beban timbunan sebagai alat untuk menekan tanah yang berada di bawahnya. Metode *preloading* dapat meningkatkan daya dukung tanah, serta mengurangi kompresibilitas dan permeabilitas pada tanah. (Darwis, 2017)

Dengan menyebarluasnya proyek yang berjalan saat ini, tidak jarang ditemukan tanah gambut pada pekerjaan konstruksi. Tanah gambut menyebabkan pengaruh yang kurang baik pada pembangunan-pembangunan yang berlangsung, seperti sifatnya yaitu memiliki kompresibilitas dan permeabilitas yang tinggi. Ketika tanah gambut yang telah tersaturasi oleh air digunakan pada konstruksi timbunan atau *preloading*, timbunan akan menekan tanah gambut dan menyebabkan air menjadi keluar dari pori-pori tanah gambut. Selain itu, tanah gambut juga memiliki kuat geser yang rendah, yang nantinya akan berdampak kepada stabilitas timbunan.

Pada studi kasus yang dilakukan pada Muar Trial Embankments, tanah didominasi oleh *clay* dan *sand*, dimana diantaranya terdapat *peat* dan pada sisi atasnya terdapat *crust* (Rahardjo, 2022). Tanah *crust* inilah yang memiliki permeabilitas rendah sehingga sulit dilewati oleh air, sehingga *clay*, *peat*, dan *sand* akan mengalami konsolidasi dan menyebabkan *settlement*. Namun, jalur air tidak dapat keluar ke permukaan tanah, sehingga ketika air terhambat oleh *crust*, air akan melakukan pergerakan secara lateral. Pergerakan lateral inilah yang nantinya akan berhubungan dengan permeabilitas horizontal dari *clay*, *sand*, dan *peat*.

## 1.2 Inti Permasalahan

Untuk menentukan efektivitas perbaikan tanah dengan metode *preloading* pada kondisi tanah di permukaan yang sulit dilalui oleh air, diperlukan analisis permeabilitas horizontal untuk menentukan *settlement*, stabilitas, dan deformasi yang terjadi pada *clay*, *sand*, dan *peat* selama pembebanan dilakukan. Pengaruh dari koefisien permeabilitas dalam efektivitas perbaikan tanah masih belum diketahui, sehingga hal ini menjadi perhatian penulis untuk meneliti lebih lanjut mengenai hal tersebut.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu agar dapat memberikan hasil mengenai efektivitas pengaruh permeabilitas horizontal yang terjadi pada timbunan *preloading* dalam memberikan *settlement*, beserta pengaruhnya terhadap stabilitas dan deformasi yang terjadi terhadap lereng timbunan.

## 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penulisan skripsi ini, terdapat batasan-batasan sebagai berikut:

- Penelitian dilakukan berdasarkan data sekunder yang telah diperoleh dari Muar, Johor, Malaysia
- Analisis dilakukan pada Low Trial Embankments *section 3/2* (control parameter)
- Kombinasi nilai *Anisotropic Ratio* ( $K_y/K_x$ ) yang dianalisis menggunakan nilai 0.6, 0.8, 1, 1.5, dan 2
- Timbunan diasumsikan simetris terhadap sumbu vertikal
- Aplikasi yang digunakan dalam analisis perhitungan yaitu *Geostudio 2018*
- Material model yang digunakan merupakan model Modified Cam-Clay (MCC) dan *elastic-plastic*

## 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

- a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan dan mencatat referensi-referensi yang berkaitan dengan analisis sifat tanah di Malaysia dan permeabilitas horizontal

b. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data primer dan sekunder yang diperlukan untuk penulisan skripsi, seperti:

1. Hasil penyelidikan tanah di lapangan maupun di laboratorium
2. Parameter tanah gambut dari Johari, *et al.*, 2016 dan Poulos, *et. al.* 1989
3. Estimasi settlement pada embankment 3 meter.

c. Analisis dan Evaluasi

Menganalisis hasil yang diperoleh dari perhitungan program *Geostudio* 2022 serta mengevaluasinya dengan perbandingan variasi parameter permeabilitas horizontal.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan untuk menyusun skripsi adalah sebagai berikut:

1. BAB 1: PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang masalah, inti permasalahan, maksud dan tujuan penelitian, ruang lingkup, metode penelitian, sistematika penulisan dan diagram alir penelitian.

2. BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai dasar teori yang digunakan untuk menunjang pembuatan skripsi.

3. BAB 3: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai metode penelitian yang digunakan untuk menganalisis pengaruh permeabilitas horizontal terhadap efektivitas perbaikan.

4. BAB 4: HASIL ANALISIS DAN DISKUSI

Bab ini membahas mengenai data yang digunakan dan hasil *Back-Analysis* dengan bantuan *software* Geotstudio dari setiap model yang direncanakan.

5. BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas mengenai kesimpulan dari hasil studi dan saran agar penelitian ini akan semakin baik untuk kedepannya.



## 1.7 Diagram Alir

