

**SIMULASI STABILITAS LERENG DAN REMBESAN BENDUNGAN**



**TUGAS AKHIR**

**Disusun Sebagai Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Pada program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Palembang**

**Disusun Oleh:**

**SEVALDI BATIAN**

**11 2022 121**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**

**TAHUN 2026**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SIMULASI STABILITAS LERENG DAN REMBESAN BENDUNGAN**



**Disusun Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Pada program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Palembang**

**Disusun Oleh:**

**SEVALDI BATIAN**

**11 2022 121**

**Telah Disahkan Oleh:**

**Dekan Fakultas Teknik  
Univ. Muhammadiyah Palembang**



**Ir. A. Junaidi, M.T.**  
**NIDN: 0202026502**

**Ketua Progran Studi  
Teknik Sipil UM Palembang**



**Mira Setiawati, S.T. M.T.**  
**NIDN: 0006078101**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SIMULASI STABILITAS LERENG DAN REMBESAN BENDUNGAN**



**Disusun Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Pada program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Palembang**


**Disusun Oleh:  
SEVALDI BATIAN  
11 2022 121  
Telah Disahkan Oleh:**

**Pembimbing I**



**M. Arfan, S.T.,M.T  
NIDN: 0225037302**

**Pembimbing II**



**IR. Revisdah, M.T  
NIDN: 0231056403**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SIMULASI STABILITAS LERENG DAN REMBESAN BENDUNGAN**

**Disusun Oleh:**  
**SEVALDI BATIAN**  
**11 2022 121**

**Dipertahankan di depan Dewan Penguji Sidang Komprehensif Pada**  
**Tanggal 30 April 2026**

**SUSUNAN DEWAN PENGUJI:**

1. Ir. A. Junaidi, M.T  
NIDN. 0202026502
2. Ir. Erny Agusri, M. T  
NIDN. 0029086301
3. M. Hijrah Agung Sarwandu, S.T., M.T.  
NIDN. 0219038701

(.....)  
.....  
.....  
.....

**Laporan Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk**

**Memperoleh gelar sarjana sipil (S.T)**

**Palembang, 30 April 2026**

**Progran Studi Teknik Sipil**

**Ketua,**

  
**Mira Sefiawati, St., M.T.**  
**NIDN. 0006078101**

## **SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : SEVALDIBATIAN

NIM : 112022121

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Palembang

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penelitian tugas akhir ini yang berjudul “SIMULASI STABILITAS LERENG DAN REMBESAN BENDUNGAN” merupakan hasil karya saya sendiri yang disusun berdasarkan proses penelitian yang telah dilakukan. Penelitian ini dibuat dengan mengacu pada berbagai sumber ilmiah yang relevan, yang seluruhnya telah dicantumkan secara jelas dalam daftar pustaka sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah.

Palembang, 30 April 2026

  
10000  
REPUBLIK INDONESIA  
METER  
TEMPER  
EASAJANK376904433  
**SEVALDI BATIAN**  
**NIM. 112022121**

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

*“Nothing last forever we can change the future”*

### **PERSEMBAHAN**

Dengan ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Ibu ( Widiya Hastuti) dan Ayah (Andri), yang selalu mendukung saya sehingga bisa menjalankan kuliah sampai sejauh ini
2. Saudara/i tersayang, Gilang Ananta dan Rosela Kinanti.
3. Bapak/Ibu Dosen Pembimbing yang telah dengan sabar membimbing.
4. Sahabat dan teman-teman seperjuangan Angkatan 2022
5. Almamater hijau kebanggaan universitas Muhammadiyah Palembang
6. Owner O My Kopi yang sudah menyediakan tempat menyelesaikan skripsi

## **PRAKATA**

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “SIMULASI STABILITAS LERENG DAN REMBESAN BENDUNGAN” untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar Sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Palembang.

Dalam penulisan skripsi ini penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dan kelemahan, baik dari segi isi maupun teknik penulisan yang terlepas dari pengamatan penulis, hal ini tak lain dikarenakan oleh keterbatasan penulis. Pada kesempatan ini penulis banyak mengucapkan terima kasih.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan juga kepada semua pihak yang ikut serta membantu sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini, yaitu kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Abid Djazuli S.E., M.M., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Bapak Ir. A. Junaidi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
3. Ibu Mira Setiawati, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Bapak M. Arfan, S.T,M.T., selaku Dosen Pembimbing I.
5. Ibu IR. Revisdah, M.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II.
6. Seluruh dosen Fakultas Teknik Sipil dan seluruh jajaran staf.
7. Bapak Doddy selaku PPK Bendungan Tiga Dihaji Yang Telah Memberikan Banyak Masukan.
8. Bapak Isanul Kamil selaku pembimbing laporan di Bendungan Tiga Dihaji yang telah memberi arahan pembuatan laporan selama melakukan penelitian.
9. Bapak Noufal selaku pembimbing dan mentor yang telah memberi banyak masukan serta arahan.
10. Bapak Hamrin selaku pembimbing lapangan yang telah memberi masukan dan arahan serta membantu selama di lapangan.

Serta penulis juga mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, **Ibu Widiya Hastuti dan Ayah Andri**, sosok terhebat dalam hidup saya. Terima kasih atas cinta yang tidak pernah bersyarat, doa yang selalu menyertai di setiap sujud, serta pengorbanan yang tidak pernah terucap lelah. Terima kasih karena selalu percaya pada penulis, bahkan di saat penulis meragukan diri sendiri. Setiap langkah dan pencapaian ini adalah bagian dari doa dan perjuangan kalian. Semoga karya ini menjadi salah satu bentuk kecil bakti dan kebanggaan untuk Umak dan Bak.
2. Saudara/i tersayang, **Gilang Ananta dan Rosela Kinanti**, yang selalu menjadi tempat pulang, tempat berbagi cerita, serta sumber semangat di saat lelah melanda. Terima kasih atas dukungan, perhatian, dan dorongan yang membuat penulis terus kuat menjalani proses ini. Kehadiran kalian adalah penguat di setiap perjalanan penulis.
3. Bapak/Ibu Dosen Pembimbing yang telah dengan sabar membimbing, mengarahkan, dan memberikan ilmu serta waktu dalam proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas setiap kritik, saran, dan motivasi yang membangun sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
4. Sahabat dan teman-teman seperjuangan Angkatan 2022, terima kasih atas kebersamaan, tawa, cerita, dan perjuangan yang kita lewati bersama. Terima kasih karena saling menguatkan dalam setiap tekanan, revisi, dan rasa lelah. Perjalanan ini akan selalu menjadi bagian berharga dalam hidup saya.
5. Dan yang terakhir, untuk diri penulis sendiri. Terima kasih karena sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih karena tidak menyerah meskipun sering merasa lelah, takut, dan ragu. Terima kasih karena terus mencoba, terus belajar, dan terus percaya bahwa setiap proses memiliki makna. Perjalanan ini bukanlah hal yang mudah, tetapi kamu berhasil melewatinya.

## INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik rembesan dan stabilitas lereng pada Bendungan Tiga Dihaji di Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan menggunakan metode elemen hingga berbasis model dua dimensi dengan bantuan perangkat lunak PLAXIS 2D. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *Hardening Soil Model* yang mampu merepresentasikan perilaku tanah secara nonlinier terhadap perubahan tegangan dan regangan. Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa geometri bendungan, parameter tanah, serta kondisi muka air waduk. Analisis dilakukan pada beberapa kondisi operasional, yaitu setelah konstruksi (*after construction*), muka air minimum (*Low Water Level*), muka air normal (*Normal Water Level*), dan muka air banjir (*Flood Water Level*).

Hasil analisis menunjukkan bahwa pola rembesan berkembang dari sisi hulu menuju hilir dengan garis freatik yang semakin naik seiring peningkatan muka air waduk. Nilai debit rembesan mengalami peningkatan signifikan dari kondisi setelah konstruksi hingga kondisi muka air banjir, yang menunjukkan pengaruh besar gradien hidraulik terhadap aliran air tanah. Distribusi tekanan air pori yang meningkat turut mempengaruhi penurunan tegangan efektif tanah, sehingga berpotensi mempengaruhi stabilitas lereng bendungan.

Namun demikian, hasil analisis stabilitas lereng menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan pada seluruh kondisi masih memenuhi kriteria standar yang ditetapkan ( $FK \geq 1,50$ ). Kondisi paling kritis terjadi pada saat muka air banjir, meskipun masih berada dalam batas aman. Berdasarkan hasil tersebut, Bendungan Tiga Dihaji dinyatakan aman terhadap pengaruh rembesan dan stabilitas lereng pada kondisi operasional yang dianalisis. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam evaluasi keamanan bendungan secara berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Bendungan Tiga Dihaji, rembesan, stabilitas lereng, *Finite Element Method*, PLAXIS 2D, *Hardening Soil Model*, faktor keamanan, Geogrid

## **ABSTRACT**

*This study aims to analyze seepage characteristics and slope stability of the Tiga Dihaji Dam located in Ogan Komering Ulu Selatan Regency using a two-dimensional finite element method with the assistance of PLAXIS 2D software. The modeling was conducted using the Hardening Soil Model, which is capable of representing nonlinear soil behavior under stress–strain conditions more realistically. The data used in this study are secondary data, including dam geometry, soil parameters, and reservoir water level conditions. The analysis was performed under several operational scenarios, namely after construction, Low Water Level (LWL), Normal Water Level (NWL), and Flood Water Level (FWL).*

*The results indicate that the seepage pattern develops from the upstream to the downstream side, with the phreatic line rising as the reservoir water level increases. The seepage discharge significantly increases from the after construction condition to the Flood Water Level, indicating the strong influence of hydraulic gradient on groundwater flow. The distribution of pore water pressure also increases, leading to a reduction in effective stress, which potentially affects slope stability.*

*However, the slope stability analysis shows that the factor of safety values under all conditions still meet the required standard criteria ( $FS \geq 1.50$ ). The most critical condition occurs during the Flood Water Level, although it remains within the safe limit. Based on these results, the Tiga Dihaji Dam is considered safe against seepage and slope stability under the analyzed operational conditions. This study is expected to serve as a reference for dam safety evaluation and risk management.*

**Keywords:** *Tiga Dihaji Dam, seepage, slope stability, Finite Element Method, PLAXIS 2D, Hardening Soil Model, factor of safety, Geogrid*

## DAFTAR ISI

<b>COVER .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>SURAT PERNYATAAN .....</b>	<b>v</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>PRAKATA.....</b>	<b>vii</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1 Bendungan Timbunan.....	5
2.2 Rembesan pada Bendungan Timbunan .....	6
2.2.1 Mekanisme Rembesan .....	6
2.2.2 Dampak Rembesan terhadap Keamanan Bendungan .....	6
2.3 Stabilitas Lereng Bendungan.....	7
2.3.1 Faktor Keamanan .....	7
2.3.2 Pengaruh Tekanan Air Pori .....	8
2.3.3 Perkuatan Tanah Menggunakan Geogrid.....	9
2.4 Metode Elemen Hingga dalam Analisis Bendungan .....	10
2.4.1 SSR (Shear Strength Reduction).....	10
2.4.2 PLAXIS 2D.....	10

2.4.3 <i>Hardening Soil Model</i> .....	11
2.5 Parameter Tanah yang Digunakan dalam Analisis Rembesan dan Stabilitas .....	12
2.5.1 Parameter Fisik .....	12
2.5.2 Parameter Mekanik .....	12
2.5.3 Parameter Hidraulik.....	13
2.6 Matriks penelitian.....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Lokasi dan Objek Penelitian.....	25
3.2 Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	26
3.3 Data Penelitian .....	26
3.3.1 Jenis Data.....	26
3.3.2 Sumber Data .....	26
3.4 Kondisi Analisis dan Skenario Pemodelan.....	27
3.5 Metode Analisis Rembesan .....	27
3.7 Kriteria Keamanan Bendungan .....	28
3.8 Tahapan Pemodelan dan Analisis Menggunakan <i>PLAXIS 2D</i> .....	28
3.9.1 Pembuatan Model Geometri Bendungan.....	29
3.9.2 Penentuan Model Material dan Parameter Tanah .....	31
3.9.3 Penentuan Kondisi Batas ( <i>Boundary Conditions</i> ) .....	32
3.9.4 Pembangkitan Jaring Elemen ( <i>Meshing</i> ) .....	32
3.9.5 Tahapan Analisis ( <i>Calculation Phases</i> ) .....	32
3.9.6 Analisis Rembesan dan Stabilitas Lereng.....	32
3.9 Fishbone Penelitian. ....	33
3.10 Bagan Alir Penelitian.....	34
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
4.1 Gambaran Umum Model Numerik.....	35
4.1.2 Geometri Model Bendungan.....	35
4.1.3 Model Material dan Parameter Tanah.....	37
4.1.4 Kondisi Batas ( <i>Boundary Conditions</i> ).....	41
4.1.5 Tahapan Analisis ( <i>Calculation Phases</i> ) .....	43
4.1.6 Keluaran ( <i>Output</i> ) Model Numerik .....	64
4.2.1 Kondisi After <i>Construction</i> .....	65

4.2.2 Kondisi <i>Low Water Level</i> (LWL).....	68
4.2.3 Kondisi <i>Normal Water Level</i> (NWL).....	71
4.2.4 Kondisi <i>Flood Water Level</i> (FWL).....	74
4.2.5 Pola Aliran dan Garis Freatik.....	77
4.2.6 Debit Rembesan.....	77
4.2.7 Evaluasi Keamanan terhadap Rembesan.....	78
4.2.8 Interpretasi Teknik.....	78
4.3 Hasil Analisis Stabilitas Lereng.....	79
4.3.1 Kondisi After Construction.....	80
4.3.2 Kondisi Low Water Level (LWL).....	80
4.3.3 Kondisi Normal Water Level (NWL).....	81
4.3.4 Kondisi Flood Water Level (FWL).....	82
4.3.5 Pola Bidang Gelincir Kritis.....	84
4.3.6 Evaluasi Keamanan Stabilitas Lereng.....	84
4.3.7 Interpretasi Teknik.....	84
4.4 Pengaruh Rembesan terhadap Stabilitas.....	85
4.4.1 Pengaruh Rembesan pada Setiap Kondisi Muka Air.....	85
4.4.2 Peran Permeabilitas terhadap Stabilitas.....	87
4.4.3 Interaksi Rembesan dan Stabilitas dalam Model Numerik.....	87
4.4.4 Evaluasi Keseluruhan.....	87
4.5 <i>Detail Engineering Design</i> .....	88
4.5.1 Evaluasi Detail Sistem Pengendalian Rembesan.....	88
4.5.2 Detail Engineering Stabilitas Lereng.....	90
4.5.3 Detail Penerapan Geogrid sebagai Perkuatan.....	90
4.5.4 Evaluasi Tekanan Air Pori (Pore Water Pressure Control).....	91
4.5.5 Rekomendasi Monitoring dan Instrumentasi.....	91
4.5.6 Evaluasi Keamanan Terpadu (Engineering Judgment).....	91
4.6 Evaluasi Keamanan Bendungan.....	92
4.6.1 Evaluasi Keamanan terhadap Rembesan.....	92
4.6.2 Evaluasi Keamanan terhadap Stabilitas Lereng.....	93
4.6.3 Kondisi Kritis Bendungan.....	93
4.6.4 Evaluasi Keamanan Secara Terpadu.....	93

<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>95</b>
5.1 Kesimpulan.....	95
5.2 Saran.....	96
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Lokasi penelitian .....	25
Gambar 3. 2 Gambar Tampak awal Lereng di Tampilan Plaxis Input .....	29
Gambar 3. 3 Gambar Potongan melintang STA.0+75 .....	30
Gambar 3. 4 Potongan memanjang STA.0-095 S/D STA.0+375.....	31
Gambar 3. 5 Fishbone penelitian .....	33
Gambar 3. 6 Bagan alir penelitian.....	34
Gambar 4. 1 Tubuh Bendungan STA 0.+075.....	36
Gambar 4. 2 Paramater <i>Material</i> .....	38
Gambar 4. 3 <i>Kondisi awal Tanah</i> .....	41
Gambar 4. 4 <i>After Contruction</i> .....	42
Gambar 4. 5 <i>Normal Water Level</i> .....	42
Gambar 4. 6 <i>Flood Water Level</i> .....	43
Gambar 4. 7 <i>Low Water Level</i> .....	43
Gambar 4. 8 Tampak Setelah Clearing K0 Prosedur .....	44
Gambar 4. 9 Galian Tanah Fase 1 .....	44
Gambar 4. 10 Galian Tanah Fase 2 .....	45
Gambar 4. 11 Galian Tanah Fase 3 .....	45
Gambar 4. 12 Galian Tanah Fase 4 .....	45
Gambar 4. 13 Galian Tanah Fase 5 .....	46
Gambar 4. 14 Galian Tanah Fase 6 .....	46
Gambar 4. 15 Galian Tanah Fase 7 .....	46
Gambar 4. 16 Galian Tanah Fase 8 .....	47
Gambar 4. 17 Galian Tanah Fase 9 .....	47
Gambar 4. 18 Galian Tanah Fase 10 .....	47

Gambar 4. 19 Galian Tanah Fase 11 .....	48
Gambar 4. 20 Galian Tanah Fase 12 .....	48
Gambar 4. 21 Galian Tanah Fase 13 .....	48
Gambar 4. 22 Galian Tanah Fase 14 .....	49
Gambar 4. 23 Galian Tanah Fase 15 .....	49
Gambar 4. 24 Galian Tanah Fase 16 .....	49
Gambar 4. 25 Galian Tanah Fase 17 .....	50
Gambar 4. 26 Galian Tanah Fase 18 .....	50
Gambar 4. 27 Timbunan Fase 1 .....	50
Gambar 4. 28 Timbunan Fase 2 .....	51
Gambar 4. 29 Timbunan Fase 3 .....	51
Gambar 4. 30 Timbunan Fase 4 .....	51
Gambar 4. 31 Timbunan Fase 5 .....	52
Gambar 4. 32 Timbunan Fase 6 .....	52
Gambar 4. 33 Timbunan Fase 7 .....	52
Gambar 4. 34 Timbunan Fase 8 .....	53
Gambar 4. 35 Timbunan Fase 9 .....	53
Gambar 4. 36 Timbunan Fase 10 .....	53
Gambar 4. 37 Timbunan Fase 11 .....	54
Gambar 4. 38 Timbunan Fase 12 .....	54
Gambar 4. 39 Timbunan Fase 13 .....	54
Gambar 4. 40 Timbunan Fase 14 .....	55
Gambar 4. 41 Timbunan Fase 15 .....	55
Gambar 4. 42 Timbunan Fase 16 .....	55
Gambar 4. 43 Timbunan Fase 17 .....	56

Gambar 4. 44 Timbunan Fase 18 .....	56
Gambar 4. 45 Timbunan Fase 19 .....	56
Gambar 4. 46 Timbunan Fase 20 .....	57
Gambar 4. 47 Timbunan Fase 21 .....	57
Gambar 4. 48 Timbunan Fase 22 .....	58
Gambar 4. 49 Timbunan Fase 23 .....	58
Gambar 4. 50 Timbunan Fase 24 .....	59
Gambar 4. 51 Timbunan Fase 25 .....	59
Gambar 4. 52 Timbunan Fase 26 .....	60
Gambar 4. 53 Timbunan Fase 27 .....	60
Gambar 4. 54 Timbunan Fase 28 .....	61
Gambar 4. 55 Timbunan Fase 29 .....	61
Gambar 4. 56 Timbunan Fase 30 .....	62
Gambar 4. 57 Timbunan Fase 31 .....	62
Gambar 4. 58 <i>After Contruction</i> .....	63
Gambar 4. 59 Simulasi Kondisi Air Normal.....	63
Gambar 4. 60 Simulasi Air Banjir.....	63
Gambar 4. 61 Kondisi Air Minimum.....	64
Gambar 4. 62 <i>Total Discharge After Contruction</i> .....	66
Gambar 4. 63 <i>Komponen Aliran Horizontal After Contruction</i> .....	66
Gambar 4. 64 <i>Aliran Vertikal After Contruction</i> .....	67
Gambar 4. 65 <i>Hydraulic Gradient After Contruction</i> .....	67
Gambar 4. 66 <i>Saturation After Contruction</i> .....	68
Gambar 4. 67 <i>Total Discharge LWL</i> .....	68
Gambar 4. 68 <i>Aliran Horizontal LWL</i> .....	69

Gambar 4. 69 Aliran Vertikal LWL.....	70
Gambar 4. 70 <i>Hydraulic Gradien</i> LWL.....	70
Gambar 4. 71 <i>Satruatoin</i> LWL.....	71
Gambar 4. 72 <i>Total Discharge</i> NWL.....	71
Gambar 4. 73 Aliran Horizontal NWL.....	72
Gambar 4. 74 Aliran Vertikal NWL.....	73
Gambar 4. 75 <i>Hydraulic Gradient</i> NWL.....	73
Gambar 4. 76 <i>Satruation</i> NWL.....	74
Gambar 4. 77 <i>Total Discharge</i> FWL.....	74
Gambar 4. 78 Aliran Horizontal FWL.....	75
Gambar 4. 79 Aliran Vertikal FWL.....	76
Gambar 4. 80 <i>Hydraulic Gradient</i> FWL.....	76
Gambar 4. 81 <i>Satruation</i> FWL.....	77
Gambar 4. 82 <i>SF After Contruction</i> .....	80
Gambar 4. 83 SF LWL.....	81
Gambar 4. 84 SF NWL.....	82
Gambar 4. 85 SF FWL.....	83
Gambar 4. 86 Kondisi awal Timbunan bendungan.....	89
Gambar 4. 87 Kondisi Final Bendungan di timbun.....	89
Gambar 4. 88 Grafik Safety Faktor.....	94

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Umum Bendungan Timbunan .....	5
Tabel 2. 2 Dampak Rembesan terhadap Bendungan.....	7
Tabel 2. 3 Pengaruh Tekanan Air Pori terhadap Stabilitas .....	9
Tabel 2. 4 Keunggulan PLAXIS 2D .....	11
Tabel 2. 5 Parameter Fisik.....	12
Tabel 2. 6 Parameter Mekanik .....	12
Tabel 2. 7 Parameter Hidraulik .....	13
Tabel 2. 8 Matriks Penelitian .....	14
Tabel 2. 9 Penelitian Terdahulu.....	19
Tabel 4. 1 Parameter Timbunan.....	39
Tabel 4. 2 Parameter Tanah Pondasi .....	40
Tabel 4. 3 Parameter Geogrid.....	41
Tabel 4. 4 Rembesan Bendungan .....	79
Tabel 4. 5 <i>Safety Factor</i> Tahapan konstruksi.....	94

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar belakang**

Secara teori geoteknik, bendungan tipe timbunan memiliki karakteristik material tanah yang bersifat permeabel sehingga memungkinkan terjadinya aliran air melalui pori-pori tanah yang dikenal sebagai rembesan (*seepage*). Rembesan merupakan fenomena yang tidak dapat dihindari pada bendungan yang menahan air, terutama setelah bendungan mulai dioperasikan (Zewdu et al., 2022).

Selain itu, diketahui bahwa rembesan dapat menyebabkan peningkatan tekanan air pori dalam tubuh bendungan. Peningkatan tekanan air pori ini akan menurunkan tegangan efektif tanah, sehingga berpengaruh langsung terhadap kuat geser tanah. Penurunan kuat geser ini pada akhirnya dapat menurunkan nilai faktor keamanan lereng bendungan (Wardoyo & Satria tahun 2022).

Lebih lanjut, stabilitas lereng bendungan sangat dipengaruhi oleh kondisi muka air waduk. Perbedaan kondisi seperti setelah konstruksi, muka air rendah, dan muka air normal akan menghasilkan distribusi tekanan air pori yang berbeda, sehingga mempengaruhi tingkat kestabilan lereng (Rizal et al., 2022).

Dalam analisis geoteknik modern, metode elemen hingga (*finite element method*) telah banyak digunakan untuk memodelkan perilaku tanah dan aliran air secara lebih akurat. Salah satu perangkat lunak yang umum digunakan adalah PLAXIS 2D, yang mampu menganalisis rembesan, distribusi tekanan air pori, serta stabilitas lereng secara terintegrasi (Sarayli & Sert, 2024).

Meskipun secara teoritis rembesan dan pengaruhnya terhadap stabilitas telah banyak dipahami, namun kondisi spesifik pada Bendungan Tiga Dihaji belum diketahui secara pasti, terutama karena bendungan masih dalam tahap Pembangunan (Margatiga, 2024).

Belum diketahui bagaimana pola aliran rembesan yang akan terjadi pada tubuh bendungan berdasarkan kondisi geometri dan parameter tanah yang digunakan. Selain itu, distribusi tekanan air pori yang dihasilkan akibat rembesan juga belum dapat digambarkan secara detail tanpa dilakukan analisis numerik.

Di sisi lain, nilai faktor keamanan lereng bendungan pada berbagai kondisi operasional juga belum diketahui secara kuantitatif. Hal ini penting untuk memastikan apakah bendungan telah memenuhi kriteria stabilitas yang disyaratkan atau masih memerlukan evaluasi lebih lanjut.

Dengan demikian, diperlukan suatu analisis yang mampu memprediksi perilaku rembesan dan stabilitas bendungan secara menyeluruh menggunakan pendekatan numerik, sehingga dapat memberikan gambaran tingkat keamanan bendungan sebelum benar-benar dioperasikan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis rembesan dan stabilitas lereng bendungan menggunakan PLAXIS 2D, sehingga diperoleh gambaran yang jelas mengenai kondisi keamanan bendungan serta potensi risiko yang dapat terjadi di masa mendatang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana besaran rembesan yang terjadi pada tubuh dan pondasi Bendungan Tiga Dihaji pada berbagai kondisi muka air?
2. Bagaimana nilai faktor keamanan stabilitas lereng Bendungan Tiga Dihaji pada berbagai kondisi muka air?
3. Apakah keadaan rembesan dan keteraturan Bendungan Tiga Dihaji telah memenuhi ketentuan keamanan yang bersumber pada perolehan analisis berupa angka menggunakan PLAXIS 2D?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini meliputi:

1. Menganalisis karakteristik rembesan pada Bendungan Tiga Dihaji menggunakan PLAXIS 2D.
2. Menentukan faktor keamanan stabilitas lereng Bendungan Tiga Dihaji pada berbagai kondisi pembebanan.
3. Mengevaluasi tingkat keamanan Bendungan Tiga Dihaji berdasarkan hasil analisis numerik menggunakan PLAXIS 2D.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat akademis, sebagai referensi dan pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil, khususnya geoteknik dan bendungan.
2. Manfaat praktis, sebagai bahan pertimbangan teknis bagi pengelola bendungan dalam upaya pemantauan dan evaluasi keamanan Bendungan Tiga Dihaji.
3. Manfaat kebijakan, sebagai dasar rekomendasi dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan dan mitigasi risiko bendungan.

#### **1.5 Batasan Penelitian**

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak meluas, maka batasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Analisis dilakukan pada Bendungan Tiga Dihaji dengan model dua dimensi.
2. Simulasi perhitungan stabilitas dan rembesan menggunakan perangkat lunak *PLAXIS 2D*.
3. Parameter tanah diperoleh dari data sekunder dan hasil pengujian yang tersedia.
4. Kondisi pembebanan yang dianalisis meliputi kondisi muka air normal, muka air banjir, dan muka air minimum.
5. Tidak ada beban gempa
6. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT. Utama–Basuki KSO.
7. Penelitian ini tidak membahas perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB).
8. Sebatas uji coba sebelum operasional

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Secara garis besar, sistematika penulisan pada penelitian tugas akhir ini disusun ke dalam lima (5) bab yang saling berkaitan satu sama lain. Adapun uraian masing-masing bab adalah sebagai berikut:

### 1. Bab I Pendahuluan

Menjelaskan berbagai poin penting meliputi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan yang digunakan sebagai rancangan dalam penyusunan tugas akhir.

### 2. Bab II Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

Berisi berbagai teori dan rancangan dasar yang mendukung penelitian, meliputi bendungan timbunan, bendungan urugan batu, rembesan, permeabilitas tanah, serta pendekatan analisis berupa angka dengan basis Finite Element Method menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D. Adapun bab ini juga mencakup penelitian terdahulu yang sesuai sebagai langkah awal pembandingan dan penguat pembahasan penelitian.

### 3. Bab III Metodologi Penelitian

Menjelaskan berbagai tahapan penelitian yang dilakukan, meliputi pengumpulan data, pendekatan bendungan, penentuan dan keragaman tolak ukur permeabilitas, serta berbagai langkah pengamatan rembesan menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D.

### 4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Memaparkan perolehan model dan pengamatan rembesan pada Bendungan Tiga Dihaji, serta pembahasan mengenai pengaruh keragaman tolak ukur permeabilitas terhadap pola rembesan yang terjadi pada tubuh dan dasaran bendungan.

### 5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian serta saran yang dapat dilakukan dengan bahan pertimbangan dalam mengembangkan penelitian berikutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, V., Putra, M. H. A., & Nasmirayanti, R. (2024). *Seepage Analysis Beneath Gravity Concrete Dam Using Flow Net Method and PLAXIS 2D*. 84–89.
- Geogrid, D., Atas, D., & Lempung, T. (2024). *Analisis Faktor Keamanan Pada Permodelan Timbunan Yang*. 9(1), 1087–1093.
- Margatiga, K. (2024). *ANALISIS REMBESAN DAN STABILITAS BENDUNGAN MARGATIGA DENGAN METODE ELEMEN HINGGA MODEL 2D MENGGUNAKAN SOFTWARE PLAXIS CE V20*. 06(02), 172–184.
- Mohammed, A., Hayder, S. A., Saad, D., Sammen, S., Yusuf, B., Muhammad, R., Ikram, A., Hashim, S., & Ozgur, A. (2025). Comparison Analysis of Seepage Through Homogenous Embankment Dams Using Physical , Mathematical and Numerical Models. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 50(11), 8143–8152. <https://doi.org/10.1007/s13369-024-09224-x>
- PERMODELAN TIMBUNAN PADA TANAH LUNAK DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS* Rosmiyati A. Bella \*). (n.d.). 1–9.
- Rizal, N. S., Qotrunnada, Z., & Alihudien, A. (2022). *Study on the Effectiveness of Earth fill Construction at the Lempake Dam Using Plaxis 2D Software*. 7(9), 11–20.
- Sarayli, S., & Sert, S. (2024). *Analysis of Fill Dam Using Finite Element Method and*.
- Sukkarak, R., Likitlersuang, S., Jongpradist, P., & Jamsawang, P. (2021). ScienceDirect Strength and stiffness parameters for hardening soil model of rockfill materials. *Soils and Foundations*, 61(6), 1597–1614. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2021.09.007>
- Wardoyo, W., & Satrya, T. R. (2022). *SEEPAGE MODELING IN EARTH FILL DAMS WITH*. 37(1), 39–46.
- Zewdu, A., Dires, B., Tenagashaw, Y., Tadesse, W., Tesfa, A., & Andualem, G. (2022). Coupled Analysis of Seepage and Slope Stability : a Case Study of Ribb Embankment Dam , Ethiopia. *Water Conservation Science and Engineering*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s41101-022-00143-2>