

**SKRIPSI**

**STUDI ANALISIS KERUNTUHAN BENDUNGAN  
KEDUNGLANGGAR, KABUPATEN BATANG**



**MEGAN FIONA LAURENSIA  
NPM : 6101801053**

**PEMBIMBING: Bambang Adi Riyanto, Ir., M.Eng.**

**KO-PEMBIMBING: Stephen Sanjaya, S.T., M.Sc.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JULI 2022**

**SKRIPSI**

**STUDI ANALISIS KERUNTUHAN BENDUNGAN  
KEDUNGLANGGAR, KABUPATEN BATANG**



**MEGAN FIONA LAURENSIA  
NPM : 6101801053**

**PEMBIMBING: Bambang Adi Riyanto, Ir., M.Eng.**

**KO-PEMBIMBING: Stephen Sanjaya, S.T., M.Sc.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JULI 2022**

**SKRIPSI**

**STUDI ANALISIS KERUNTUHAN BENDUNGAN  
KEDUNGLANGGAR, KABUPATEN BATANG**



**MEGAN FIONA LAURENSIA  
NPM : 6101801053**

**BANDUNG, 05 AGUSTUS 2022**

**PEMBIMBING:**

**Bambang Adi Riyanto, Ir., M.Eng.**

**KO-PEMBIMBING:**

**Stephen Sanjaya, S.T., M.Sc.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JULI 2022**

**SKRIPSI**  
**STUDI ANALISIS KERUNTUHAN BENDUNGAN**  
**KEDUNGLANGGAR, KABUPATEN BATANG**



**NAMA: MEGAN FIONA LAURENSIA**  
**NPM: 6101801053**

**PEMBIMBING:** Ir. Bambang Adi Riyanto, M.Eng.

**KO-  
PEMBIMBING:** Stephen Sanjaya, S.T., M.Sc.

**PENGUJI 1:** Salahudin Gozali, Ph.D.

**PENGUJI 2:** Dr.-Ing. Bobby Minola Ginting

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
**BANDUNG**  
**JULI 2022**

## PERNYATAAN

Yang bertadatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Megan Fiona Laurensia  
NPM : 6101801053  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

### **STUDI ANALISIS KERUNTUHAN BENDUNGAN KEDUNGLANGGAR, KABUPATEN BATANG**

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan : di Bandung

Tanggal : 18 Juli 2022



Megan Fiona Laurensia

6101801053



# STUDI ANALISIS KERUNTUHAN BENDUNGAN KEDUNGLANGGAR, KABUPATEN BATANG

MEGAN FIONA LAURENSIA  
NPM: 6101801053

Pembimbing: Bambang Adi Riyanto, Ir., M.Eng.  
Ko-Pembimbing: Stephen Sanjaya, S.T., M.Sc.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JULI 2022

## ABSTRAK

Bendungan Kedunglanggar merupakan bendungan yang akan dibangun di Kabupaten Batang untuk memenuhi kebutuhan air baku, industri, irigasi, dan PLTMH. Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh peta genangan dan daerah bahaya banjir akibat keruntuhan bendungan yang merupakan komponen dari Rencana Tindak Darurat (RTD) untuk bendungan. Penelitian diawali dengan analisis debit *outflow* akibat keruntuhan Bendungan Kedunglanggar dengan pemodelan menggunakan HEC-RAS. Bendungan Kedunglanggar telah direncanakan aman terhadap debit banjir PMF, di mana *overtopping* tidak terjadi, sehingga simulasi hanya dilakukan pada keruntuhan akibat *piping*. Simulasi keruntuhan bendungan dilakukan dengan parameter bentuk akhir rekahan yang diperoleh dari lima persamaan empiris. Dari simulasi tersebut, metode Froehlich 2008 menghasilkan debit *outflow* dengan nilai puncak debit terbesar dan waktu pembentukan keruntuhan tersingkat. Pada kondisi banjir PMF dan cerah berturut-turut nilai puncak debit banjir diperoleh sebesar 23.834,5 dan 19.286,82 m<sup>3</sup>/s, dengan waktu pembentukan keruntuhan masing-masing sebesar 28,2 menit dan 25,2 menit. Hasil hidrograf debit *outflow* ini yang kemudian digunakan dalam simulasi sebaran banjir dengan pemodelan HEC-RAS 2D dengan *terrain* MERIT Hydro. Pemodelan yang menghasilkan sebaran genangan banjir yang paling luas dengan kecepatan maksimum banjir yang paling besar adalah skenario *piping* atas. Simulasi pada kondisi hujan dan cerah menghasilkan luas masing-masing 1.036,61 dan 948,68 ha. Hasil analisis keterpaparan dari peta genangan tersebut menunjukkan bahwa terdapat delapan desa yang terdampak genangan banjir akibat keruntuhan bendungan ini. Dari delapan desa, tiga desa dipilih sebagai lokasi tinjauan lebih lanjut. Waktu kedatangan banjir terhadap indikasi awal terjadinya rekahan berkisar antara ±15 s/d ±44 menit pada kondisi banjir PMF, dan ±20 s/d ±56 menit pada kondisi cerah. Pada kondisi PMF, sebelum terjadi keruntuhan bendungan, banjir telah terjadi pada palung sungai, sehingga penduduk sudah lebih waspada. Namun, tidak demikian halnya pada keruntuhan bendungan pada kondisi cerah, sehingga keruntuhan pada kondisi cerah tidak dapat diabaikan, karena menyimpan ancaman yang lebih besar.

**Kata Kunci:** Bendungan Kedunglanggar, HEC-RAS, Keruntuhan Bendungan, Peta Genangan Banjir





# **STUDY OF DAMBREAK ANALYSIS FOR KEDUNGLANGGAR DAM, BATANG REGENCY**

**MEGAN FIONA LAURENSIA  
NPM: 6101801053**

**Advisor: Bambang Adi Riyanto, Ir., M.Eng.  
Co-Advisor: Stephen Sanjaya, S.T., M.Sc.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
(Accredited by SK BAN-PT Number: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)**

**BANDUNG  
JULY 2022**

## **ABSTRACT**

Kedunglanggar Dam is planned to be built in Batang Regency to meet the needs of raw water, industry, irrigation, as well as hydropower. This study is conducted to obtain maps of flood inundation and hazard areas due to the dam break of Kedunglanggar Dam, as one of many components of the Emergency Action Plan (EAP) for dams. The research begins with an analysis of outflow discharge due to the Kedunglanggar Dam's dam break using HEC-RAS. Kedunglanggar Dam is designed to be safe from PMF flood inflow, where overtopping will not occur, hence the simulation is merely conducted for piping failure. Dambreak simulations will be carried out using several parameters calculated from five different empirical equations. It is evident that the Froehlich 2008 method generates the largest maximum outflow discharge with the shortest breach formation time. For PMF and sunny day simulation, the maximum outflow discharge is 23,834.5 and 19,286.82 m<sup>3</sup>/s with breach formation duration of 28.2 and 25.2 minutes, respectively. Sequentially, the outflow discharge hydrograph is used for flood inundation simulation using a HEC-RAS 2D model, and MERIT Hydro as a terrain. The simulation resulted in the largest flood inundation area for upper piping with an area of 1,036.61 and 948.68 hectare for PMF flood and sunny day, respectively. An exposure analysis at downstream area shows that eight villages are affected by the inundation due to dam break simulation. Three out of eight villages are selected for further analysis. The time of flood arrival at selected locations ranges from ±15 to ±44 minutes during PMF flood inflow, and ±20 to ±56 minutes during sunny day simulation. During a PMF simulation, a flood has occurred along the river prior to its dam break, in which increasing residents' awareness to evacuate. Unlike the PMF simulation, there is no prior flood occurrence during a sunny day simulation. In consequence, this simulation cannot be neglected as its possibility to have higher risk.

**Keywords:** Kedunglanggar Dam, HEC-RAS, Dam Break, Flood Inundation Map



## PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan penyertaan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Studi Analisis Keruntuhan Bendungan Kedunglanggar, Kabupaten Batang*”. Penyusunan dan penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan. Proses penulisan skripsi ini tidak dapat diselesaikan tanpa adanya dukungan, saran, dan kritik oleh pihak-pihak yang membantu. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua yang telah memberikan kesempatan dan dukungan kepada saya untuk mengikuti perkuliahan, serta adik dan segenap keluarga besar yang memberi dukungan dalam perjuangan penulis sepanjang proses penyusunan skripsi.
2. Bapak Bambang Adi Riyanto, Ir., M.Eng., selaku dosen pembimbing dan Bapak Stephen Sanjaya, S.T., M.Sc. selaku ko-dosen pembimbing yang selalu meluangkan waktu untuk membimbing, dan berdiskusi, serta ilmu dan dukungan yang diberikan selama proses penyelesaian skripsi
3. Bapak Willy yang telah memberikan bimbingan, masukan dan dukungan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
4. Bapak Dr.-Ing Bobby Minola Ginting, Bapak Doddi Yudianto, Ph.D, Prof. Robertus Wahyudi Triweko, Ph.D, Bapak Salahudin Gozali, Ph.D., Bapak Albert Wicaksono, Ph.D., Ibu F.Yiniarti Eka Kumala, Ir., Dipl. HE., Ibu Finna Fitriana, S.T., M.S. selaku dosen di Pusat Studi Teknik Sumber Daya Air Unpar, yang telah memberikan pengajaran dalam perkuliahan, serta masukan-masukan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi.
5. Angela Grace, Jovian, dan Ivana Nathalia selaku teman-teman Pusat Studi Teknik Sumber Daya Air yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam proses pengerjaan skripsi.
6. The United Banana (Casey Eve A., Evelyn T., Jeanny R., Jevilia A., Maria Natasya R., dan Nadia Saphira N.) selaku teman-teman yang telah bertumbuh dan berkembang bersama penulis sejak masa sekolah, dan

hingga kini menjadi teman-teman yang selalu setia memberikan hiburan, dukungan, semangat, dan menjadi tempat bercerita serta berkeluh kesah bagi penulis selama proses penulisan skripsi.

7. Jeannifer Nathania, Michele Octavia, dan Venny Marianty selaku teman penulis yang selalu meluangkan waktu untuk menyemangati, mendukung, dan menemani penulis dalam menjalani perkuliahan dan terutama selama proses penyusunan skripsi.
8. Bapak, Ibu, dan teman-teman di Kantor Selam yang telah memberikan pengetahuan, dukungan, dan motivasi bagi penulis selama proses penyusunan skripsi.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang terkait dalam penyusunan skripsi ini sehingga dapat diselesaikan tepat waktu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam penulisan dan akan sangat terbuka terhadap segala kritik dan saran yang diberikan. Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat berguna bagi setiap pihak yang membaca.

Bandung, 18 Juli 2022



Megan Fiona Laurensia

6101801053

# DAFTAR ISI

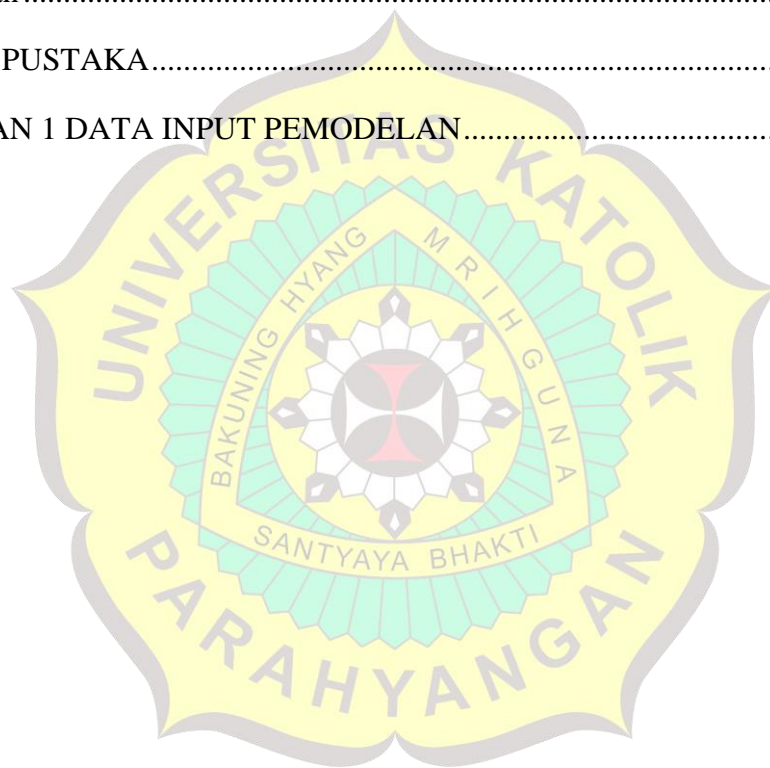
PERNYATAAN.....	v
ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1-1
1.1 Latar Belakang .....	1-1
1.2 Identifikasi Masalah .....	1-3
1.3 Tujuan Penelitian .....	1-3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	1-4
1.5 Pembatasan Masalah .....	1-4
1.6 Metodologi Penelitian.....	1-5
1.7 Sistematika Penulisan .....	1-6
BAB 2 STUDI PUSTAKA .....	2-1
2.1 Keruntuhan Bendungan.....	2-1
2.1.1 Kegagalan <i>Overtopping</i> .....	2-2
2.1.2 Kegagalan <i>Piping</i> .....	2-3
2.2 Parameter Keruntuhan.....	2-5
2.3 Persamaan Empiris Keruntuhan Bendungan.....	2-6
2.3.1 Froehlich (1995a).....	2-6

2.3.2 Froehlich (2008) .....	2-7
2.3.3 MacDonald and Langridge-Monopolis (1984).....	2-9
2.3.4 Von Thun & Gillette (1990) .....	2-10
2.3.5 Xu and Zhang (2009).....	2-12
2.4 Outflow Akibat Keruntuhan Bendungan.....	2-14
2.5 MERIT Hydro .....	2-15
2.6 HEC-RAS 6.2 .....	2-16
2.6.1 Persamaan Pemodelan 2D .....	2-16
2.6.2 Pemodelan 2D pada HEC-RAS.....	2-18
<b>BAB 3 KONDISI DAERAH STUDI DAN KETERSEDIAAN DATA.....</b>	<b>3-1</b>
3.1 Gambaran Umum dan Data Peta Lokasi Studi.....	3-1
3.2 Tata Letak Bendungan.....	3-2
3.3 Peta Administrasi.....	3-2
3.4 Data Teknis.....	3-3
3.4.1 Debit Banjir Rencana .....	3-3
3.4.2 Data Teknis Tampang.....	3-4
3.5 Data Teknis Bendungan Kedunglanggar.....	3-6
3.6 Data DEM.....	3-7
<b>BAB 4 PEMODELAN DAN ANALISIS DEBIT <i>OUTFLOW</i> KERUNTUHAN BENDUNGAN.....</b>	<b>4-1</b>
4.1 Model HEC-RAS untuk Analisis Keruntuhan Bendungan .....	4-1
4.2 Penelusuran Banjir Melalui Pelimpah .....	4-3
4.3 Keruntuhan <i>Piping</i> pada Kondisi PMF .....	4-6
4.3.2 <i>Piping</i> Atas .....	4-8
4.3.3 <i>Piping</i> Tengah .....	4-10
4.3.4 <i>Piping</i> Bawah .....	4-11



4.4 Keruntuhan <i>Piping</i> pada Kondisi $Q_{1000}$ .....	4-13
4.4.2 <i>Piping</i> Atas .....	4-14
4.4.3 <i>Piping</i> Tengah .....	4-15
4.4.4 <i>Piping</i> Bawah .....	4-17
4.5 Keruntuhan <i>Piping</i> pada Kondisi Cerah .....	4-18
4.5.2 <i>Piping</i> Atas .....	4-19
4.5.3 <i>Piping</i> Tengah .....	4-21
4.5.4 <i>Piping</i> Bawah .....	4-22
4.6 Pengecekan Kewajaran Debit <i>Outflow</i> Keruntuhan Bendungan .....	4-24
4.7 Evaluasi Debit <i>Outflow</i> Keruntuhan Bendungan .....	4-27
4.8 Penentuan Hidrograf <i>Outflow</i> untuk Penelusuran Peta Genangan.....	4-30
<b>BAB 5 PETA GENANGAN DAN IDENTIFIKASI WILAYAH TERDAMPAK</b>	
<b>BANJIR.....</b>	<b>5-1</b>
5.1 Pemodelan HEC-RAS .....	5-1
5.1.1 Projection File .....	5-1
5.1.2 Peta DEM .....	5-2
5.1.3 Peta Tata Guna Lahan .....	5-3
5.1.4 Batas Aliran 2D (2D <i>Flow Area</i> ) .....	5-4
5.1.5 Pemodelan Jembatan ( <i>SA/2D Connection</i> ) .....	5-8
5.1.6 <i>Boundary Condition</i> .....	5-9
5.1.7 Persamaan Komputasi.....	5-10
5.2 Simulasi dengan Persamaan Froehlich 2008.....	5-11
5.2.1 Simulasi <i>Piping</i> Atas Kondisi Banjir PMF .....	5-11
5.2.2 Simulasi <i>Piping</i> Tengah Banjir PMF .....	5-13
5.2.3 Simulasi <i>Piping</i> Bawah Banjir PMF.....	5-14
5.2.4 Evaluasi Simulasi <i>Piping</i> Kondisi Banjir PMF.....	5-15

5.2.5 Simulasi <i>Piping</i> Atas Kondisi Cerah.....	5-16
5.3 Identifikasi Wilayah Terdampak Banjir .....	5-19
5.3.1 Akibat Skenario <i>Piping</i> Atas Kondisi Banjir PMF .....	5-22
5.3.2 Akibat Skenario <i>Piping</i> Atas Kondisi Cerah.....	5-25
5.4 Perbandingan Skenario Hujan dan Cerah.....	5-26
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....	6-1
6.1 Kesimpulan.....	6-1
6.2 Saran .....	6-2
DAFTAR PUSTAKA.....	i
LAMPIRAN 1 DATA INPUT PEMODELAN.....	1

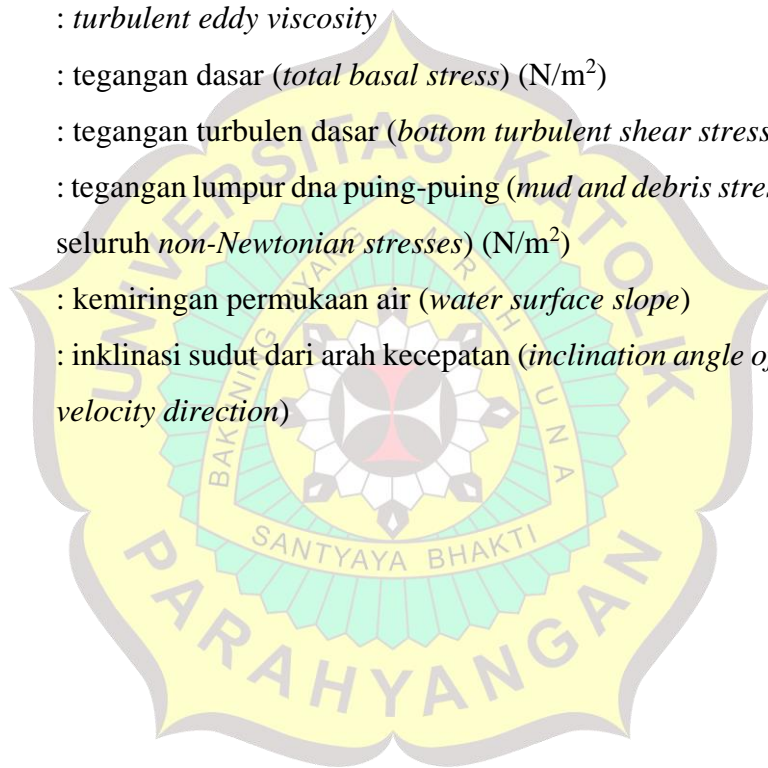




## DAFTAR NOTASI

$A$	: area vertikal ( <i>vertical area</i> )( $m^2$ )
$B_{ave}$	: lebar keruntuhan rata-rata (m)
$B_t$	: lebar keruntuhan atas (m)
$C$	: lebar pada puncak bendungan (m)
$C_b$	: koefisien yang merupakan fungsi dari ukuran waduk
$g$	: percepatan gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )
$h$	: kedalaman air ( <i>water depth</i> ) (m)
$h_b$	: tinggi keruntuhan akhir (m)
$h_b$	: ketinggian dari bagian atas bendungan hingga bagian bawah keruntuhan (m)
$h_d$	: tinggi bendungan (m)
$h_r$	: 15 m, sebagai referensi untuk membedakan bendungan besar terhadap bendungan kecil
$h_w$	: kedalaman air di atas bagian bawah keruntuhan (m)
$K$	: konveyansi ( <i>conveyance</i> )
$K_o$	: konstanta (1,4 untuk kegagalan <i>overtopping</i> , 1,0 untuk kegagalan <i>piping</i> )
$n$	: koefisien manning ( <i>Manning's roughness coefficient</i> ) ( $s/m^{(1/3)}$ )
$R$	: radius hidraulik (m)
$S$	: jumlah tampungan waduk pada elevasi saat terjadi kegagalan ( $m^3$ )
$t$	: waktu
$t_f$	: waktu pembentukan keruntuhan (jam)
$q$	: <i>source</i> atau <i>sink term</i>
$Q_{breachpeak}$	: <i>outflow</i> maksimum akibat keruntuhan (jam)
$Q_{PMF}$	: debit banjir maksimum boleh jadi ( $m^3/s$ )
$Q_{1000}$	: debit banjir periode ulang 1000 tahun ( $m^3/s$ )
$V$	: vector kecepatan ( <i>velocity vector</i> )
$V_{eroded}$	: volume dari material yang tererosi dari tubuh bendungan ( $m^3$ )
$V_{out}$	: volume air yang melewati keruntuhan ( $m^3$ )

$V_w$	: volume waduk saat terjadi kegagalan ( $m^3$ )
$W_b$	: lebar bagian bawah keruntuhan (m)
$Z_1$	: kemiringan rata-rata ( $Z_1: 1$ ) untuk bagian dalam bendungan
$Z_2$	: kemiringan rata-rata ( $Z_2: 1$ ) untuk bagian luar bendungan
$Z_b$	: kemiringan bendungan ( $Z_b: 1$ ), 0,5 untuk metode MacDonald
$\beta$	: koefisien “difusi” non-linear
$\eta$	: elevasi permukaan aliran ( <i>flow surface elevation</i> ) (m)
$\rho_m$	: massa jenis campuran air dan zat padat ( <i>water-solid mixture density</i> ) ( $kg/m^3$ )
$\nu_t$	: <i>turbulent eddy viscosity</i>
$\tau$	: tegangan dasar ( <i>total basal stress</i> ) ( $N/m^2$ )
$\tau_b$	: tegangan turbulen dasar ( <i>bottom turbulent shear stress</i> ) ( $N/m^2$ )
$\tau_{MD}$	: tegangan lumpur dna puing-puing ( <i>mud and debris stress</i> , termasuk seluruh <i>non-Newtonian stresses</i> ) ( $N/m^2$ )
$\varphi$	: kemiringan permukaan air ( <i>water surface slope</i> )
$\psi$	: inklinasi sudut dari arah kecepatan ( <i>inclination angle of the current velocity direction</i> )



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Lokasi Bendungan Kedunglanggar.....	1-3
<b>Gambar 1.2</b> Diagram Alir Penelitian.....	1-6
<b>Gambar 2.1</b> Contoh Proses Keruntuhan Bendungan Akibat Kegagalan <i>Overtopping</i> (Sumber: <i>Using HEC-RAS for Dam Break Studies (2014)</i> ) .....	2-3
<b>Gambar 2.2</b> Contoh Proses Keruntuhan Bendungan Akibat Kegagalan <i>Piping</i> (Sumber: <i>Using HEC-RAS for Dam Break Studies (2014)</i> ).....	2-4
<b>Gambar 2.3</b> Mekanisme Pembentukan Rekahan Keruntuhan akibat <i>Piping</i> (Sumber (Yudianto, Ginting, Sanjaya, Rusli, & Wicaksono, 2021)).....	2-5
<b>Gambar 2.4</b> Deskripsi Parameter Keruntuhan Bendungan (Sumber: <i>Using HEC-RAS for Dam Break Studies (2014)</i> ) .....	2-6
<b>Gambar 2.5</b> Tipe Mekanisme Rekahan (Sumber: Froehlich (2008)).....	2-8
<b>Gambar 2.6</b> Geometri Bendungan dan Parameter Keruntuhan (Sumber: <i>Dam Safety Guidelines (1992)</i> ) .....	2-10
<b>Gambar 2.7</b> Diagram Langkah Pemodelan 2D dengan HEC-RAS .....	2-20
<b>Gambar 3.1</b> Lokasi Studi Bendungan Kedunglanggar .....	3-1
<b>Gambar 3.2</b> Lokasi As Bendungan Kedunglanggar (Sumber: PT. Indra Karya (Persero)-PT. Hilmy Anugerah – PT. Mutiara Gading Perkasa, 2021) .....	3-2
<b>Gambar 3.3</b> Peta Administrasi Lokasi Sekitar Bendungan Kedunglanggar (Sumber: PT. Indra Karya (Persero)-PT. Hilmy Anugerah – PT. Mutiara Gading Perkasa, 2021) .....	3-3
<b>Gambar 3.4</b> Debit Banjir DAS Kedunglanggar Metode SCS (Sumber: PT. Indra Karya (Persero)-PT. Hilmy Anugerah – PT. Mutiara Gading Perkasa, 2021) ....	3-4
<b>Gambar 3.5</b> Kurva Tampungan Waduk Bendungan Kedunglanggar (Sumber: PT. Indra Karya (Persero)-PT. Hilmy Anugerah – PT. Mutiara Gading Perkasa, 2021) .....	3-5
<b>Gambar 3.6</b> Potongan Memanjang Bendungan Kedunglanggar (Sumber: PT. Indra Karya (Persero)-PT. Hilmy Anugerah – PT. Mutiara Gading Perkasa, 2021) ....	3-6

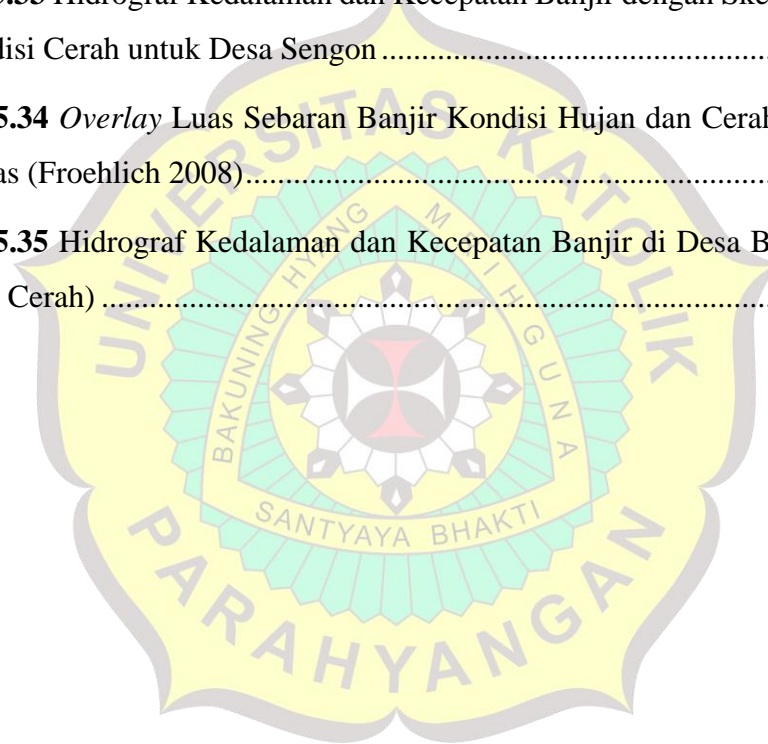
<b>Gambar 3.7</b> Potongan Melintang Bendungan Kedunglanggar (Sumber: PT. Indra Karya (Persero)-PT. Hilmy Anugerah – PT. Mutiara Gading Perkasa, 2021).....	3-6
<b>Gambar 3.8</b> Data DEM - MERIT Hydro .....	3-7
<b>Gambar 4.1</b> Pemasukkan Data Elevasi-Volume Tampungan Waduk .....	4-1
<b>Gambar 4.2</b> <i>Cross Section</i> pada Bendungan.....	4-2
<b>Gambar 4.3</b> Model HEC-RAS untuk Analisis Keruntuhan Bendungan.....	4-2
<b>Gambar 4.4</b> Contoh <i>Input</i> Kondisi Batas ( <i>Boundary Condition</i> ) pada <i>Unsteady Flow Data</i> .....	4-3
<b>Gambar 4.5</b> Contoh <i>Input</i> Kondisi Awal ( <i>Initial Condition</i> ) pada <i>Unsteady Flow Data</i> .....	4-3
<b>Gambar 4.6</b> Penelusuran Banjir dan Elevasi Muka Air Banjir terhadap Elevasi Puncak Bendungan dan Mercu Pelimpah (Kondisi PMF) .....	4-4
<b>Gambar 4.7</b> Penelusuran Banjir dan Elevasi Muka Air Banjir terhadap Elevasi Puncak Bendungan dan Mercu Pelimpah (Kondisi $Q_{1000}$ ) .....	4-5
<b>Gambar 4.8</b> Contoh <i>Input</i> Parameter Keruntuhan Bendungan pada <i>Dam (Inline Structure) Breach Data</i> .....	4-8
<b>Gambar 4.9</b> Hidrograf Total <i>Outflow</i> dan Kurva Muka Air Waduk untuk Keruntuhan <i>Piping</i> Atas (Debit $Q_{PMF}$ ) .....	4-8
<b>Gambar 4.10</b> Hidrograf Total <i>Outflow</i> dan Kurva Muka Air Waduk untuk Keruntuhan <i>Piping</i> Tengah (Debit $Q_{PMF}$ ).....	4-10
<b>Gambar 4.11</b> Hidrograf Total <i>Outflow</i> dan Kurva Muka Air Waduk untuk Keruntuhan <i>Piping</i> Bawah (Debit $Q_{PMF}$ ).....	4-12
<b>Gambar 4.12</b> Hidrograf Total <i>Outflow</i> dan Kurva Muka Air Waduk untuk Keruntuhan <i>Piping</i> Atas (Debit $Q_{1000}$ ) .....	4-14
<b>Gambar 4.13</b> Hidrograf Total <i>Outflow</i> dan Kurva Muka Air Waduk untuk Keruntuhan <i>Piping</i> Tengah (Debit $Q_{1000}$ ).....	4-16
<b>Gambar 4.14</b> Hidrograf Total <i>Outflow</i> dan Kurva Muka Air Waduk untuk Keruntuhan <i>Piping</i> Bawah (Debit $Q_{1000}$ ).....	4-17

<b>Gambar 4.15</b> Hidrograf Total <i>Outflow</i> dan Kurva Muka Air Waduk untuk Keruntuhan <i>Piping</i> Atas (Cerah).....	4-20
<b>Gambar 4.16</b> Hidrograf Total <i>Outflow</i> dan Kurva Muka Air Waduk untuk Keruntuhan <i>Piping</i> Tengah (Cerah).....	4-21
<b>Gambar 4.17</b> Hidrograf Total <i>Outflow</i> dan Kurva Muka Air Waduk untuk Keruntuhan <i>Piping</i> Bawah (Cerah).....	4-23
<b>Gambar 4.18</b> Pengecekan <i>Outflow</i> Keruntuhan Debit $Q_{PMF}$ .....	4-25
<b>Gambar 4.19</b> Pengecekan <i>Outflow</i> Keruntuhan Debit $Q_{1000}$ .....	4-26
<b>Gambar 4.20</b> Pengecekan <i>Outflow</i> Keruntuhan pada Kondisi Cerah.....	4-26
<b>Gambar 4.21</b> Hidrograf <i>Outflow</i> Dan Kurva Muka Air Waduk – Froehlich 2008 .....	4-31
<b>Gambar 5.1</b> <i>Projection File</i> pada Pemodelan HEC-RAS.....	5-2
<b>Gambar 5.2</b> Peta DEM – MERIT Hydro.....	5-3
<b>Gambar 5.3</b> Peta Tata Guna Lahan – Lokasi Hilir Bendungan Kedunglanggar	5-3
<b>Gambar 5.4</b> Batas Aliran 2D ( <i>2D Flow Area</i> ).....	5-4
<b>Gambar 5.5</b> <i>Computation Points</i> Batas Aliran 2D .....	5-5
<b>Gambar 5.6</b> Jalan Raya, Jalan Tol, dan Rel Kereta pada Lokasi Pemodelan.....	5-6
<b>Gambar 5.7</b> <i>Breaklines</i> pada Batas Aliran 2D.....	5-6
<b>Gambar 5.8</b> <i>Refigned Region</i> Editor – Sungai Boyo.....	5-7
<b>Gambar 5.9</b> <i>Refigned Region</i> – Sungai Boyo.....	5-7
<b>Gambar 5.10</b> Lokasi Pemodelan <i>SA/2D Connection</i> .....	5-8
<b>Gambar 5.11</b> Contoh Potongan Melintang pada <i>SA/2D Connection</i> .....	5-9
<b>Gambar 5.12</b> <i>Boundary Conditions</i> .....	5-10
<b>Gambar 5.13</b> Komputasi Simulasi <i>Piping</i> Atas Kondisi Hujan (PMF).....	5-12
<b>Gambar 5.14</b> Kedalaman Hasil Simulasi Aliran Keruntuhan Bendungan Kedunglanggar – Skenario <i>Piping</i> Atas Kondisi Banjir PMF (Froehlich 2008)	5-12



<b>Gambar 5.15</b> Kecepatan Hasil Simulasi Aliran Keruntuhan Bendungan Kedunglanggar – Skenario <i>Piping</i> Atas Kondisi Banjir PMF (Froehlich 2008)	5-13
<b>Gambar 5.16</b> Kedalaman Hasil Simulasi Aliran Keruntuhan Bendungan Kedunglanggar – Skenario <i>Piping</i> Tengah Kondisi Banjir PMF (Froehlich 2008)	5-13
<b>Gambar 5.17</b> Kecepatan Hasil Simulasi Aliran Keruntuhan Bendungan Kedunglanggar – Skenario <i>Piping</i> Tengah Kondisi Banjir PMF (Froehlich 2008)	5-14
<b>Gambar 5.18</b> Kedalaman Hasil Simulasi Aliran Keruntuhan Bendungan Kedunglanggar – Skenario <i>Piping</i> Bawah Kondisi Banjir PMF (Froehlich 2008)	5-14
<b>Gambar 5.19</b> Kecepatan Hasil Simulasi Aliran Keruntuhan Bendungan Kedunglanggar – Skenario <i>Piping</i> Bawah Kondisi Banjir PMF (Froehlich 2008)	5-15
<b>Gambar 5.20</b> <i>Overlay</i> Sebaran Banjir akibat Keruntuhan <i>Piping</i> Atas, Tengah, dan Bawah Kondisi Hujan (Froehlich 2008)	5-16
<b>Gambar 5.21</b> Komputasi Simulasi <i>Piping</i> Atas Kondisi Cerah	5-17
<b>Gambar 5.22</b> Kedalaman Hasil Simulasi Aliran Keruntuhan Bendungan Kedunglanggar – Skenario <i>Piping</i> Atas Kondisi Cerah (Froehlich 2008)	5-18
<b>Gambar 5.23</b> Kecepatan Hasil Simulasi Aliran Keruntuhan Bendungan Kedunglanggar – Skenario <i>Piping</i> Atas Kondisi Cerah (Froehlich 2008)	5-18
<b>Gambar 5.24</b> <i>Overlay</i> Peta Genangan Banjir – Simulasi <i>Piping</i> Atas Kondisi Banjir PMF (Froehlich 2008)	5-19
<b>Gambar 5.25</b> <i>Overlay</i> Peta Genangan Banjir – Simulasi <i>Piping</i> Atas Kondisi Cerah (Froehlich 2008)	5-20
<b>Gambar 5.26</b> Lokasi Desa Terdampak Genangan Banjir	5-20
<b>Gambar 5.27</b> Hidrograf Total <i>Outflow</i> terhadap Dampak Genangan Banjir	5-22
<b>Gambar 5.28</b> Hidrograf Kedalaman dan Kecepatan Banjir dengan Skenario <i>Piping</i> Atas Kondisi Banjir PMF untuk Desa Beji	5-23

<b>Gambar 5.29</b> Hidrograf Kedalaman dan Kecepatan Banjir dengan Skenario Piping Atas Kondisi Banjir PMF untuk Desa Simbangdesa .....	5-23
<b>Gambar 5.30</b> Hidrograf Kedalaman dan Kecepatan Banjir dengan Skenario Piping Atas Kondisi Banjir PMF untuk Desa Sengon.....	5-24
<b>Gambar 5.31</b> Hidrograf Kedalaman dan Kecepatan Banjir dengan Skenario Piping Atas Kondisi Cerah untuk Desa Beji .....	5-25
<b>Gambar 5.32</b> Hidrograf Kedalaman dan Kecepatan Banjir dengan Skenario Piping Atas Kondisi Cerah untuk Desa Simbangdesa.....	5-25
<b>Gambar 5.33</b> Hidrograf Kedalaman dan Kecepatan Banjir dengan Skenario Piping Atas Kondisi Cerah untuk Desa Sengon .....	5-26
<b>Gambar 5.34</b> <i>Overlay</i> Luas Sebaran Banjir Kondisi Hujan dan Cerah – Simulasi <i>Piping</i> Atas (Froehlich 2008).....	5-28
<b>Gambar 5.35</b> Hidrograf Kedalaman dan Kecepatan Banjir di Desa Beji (Kondisi Hujan dan Cerah) .....	5-29



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Fungsi Koefisien dari Ukuran Waduk, Persamaan Von Thun dan Gillette .....	2-11
<b>Tabel 2.2</b> Koefisien Manning .....	2-19
<b>Tabel 3.1</b> Data Tampungan Waduk .....	3-5
<b>Tabel 3.2</b> Data Teknis Bendungan.....	3-6
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Simulasi Debit $Q_{PMF}$ , $Q_{1000}$ , dan Kondisi Cerah.....	4-5
<b>Tabel 4.2</b> Data <i>Input</i> Parameter Keruntuhan Bendungan Akibat <i>Piping</i> untuk Kondisi PMF .....	4-6
<b>Tabel 4.3</b> Parameter Keruntuhan <i>Piping</i> (Debit $Q_{PMF}$ ).....	4-7
<b>Tabel 4.4</b> Rekapitulasi Hasil Simulasi Keruntuhan Bendungan akibat <i>Piping</i> Atas - Debit $Q_{PMF}$ .....	4-9
<b>Tabel 4.5</b> Rekapitulasi Hasil Simulasi Keruntuhan Bendungan akibat <i>Piping</i> Tengah (Debit $Q_{PMF}$ ) .....	4-11
<b>Tabel 4.6</b> Rekapitulasi Hasil Simulasi Keruntuhan Bendungan akibat <i>Piping</i> Bawah (Debit $Q_{PMF}$ ) .....	4-12
<b>Tabel 4.7</b> Data <i>Input</i> Parameter Keruntuhan Bendungan Akibat <i>Piping</i> untuk Kondisi $Q_{1000}$ .....	4-13
<b>Tabel 4.8</b> Parameter Keruntuhan Bendungan akibat <i>Piping</i> (Debit $Q_{1000}$ ).....	4-14
<b>Tabel 4.9</b> Rekapitulasi Hasil Simulasi Keruntuhan Bendungan akibat <i>Piping</i> Atas (Debit $Q_{1000}$ ) .....	4-15
<b>Tabel 4.10</b> Rekapitulasi Hasil Simulasi Keruntuhan Bendungan akibat <i>Piping</i> Tengah (Debit $Q_{1000}$ ) .....	4-16
<b>Tabel 4.11</b> Rekapitulasi Hasil Simulasi Keruntuhan Bendungan akibat <i>Piping</i> Bawah (Debit $Q_{1000}$ ) .....	4-18
<b>Tabel 4.12</b> Data <i>Input</i> Parameter Keruntuhan Bendungan Akibat <i>Piping</i> untuk Kondisi Cerah.....	4-18
<b>Tabel 4.13</b> Parameter Keruntuhan Bendungan Akibat <i>Piping</i> (Cerah) .....	4-19



<b>Tabel 4.14</b> Rekapitulasi Hasil Simulasi Keruntuhan Bendungan Akibat <i>Piping</i> Atas (Cerah) .....	4-20
<b>Tabel 4.15</b> Rekapitulasi Hasil Simulasi Keruntuhan Bendungan Akibat <i>Piping</i> Tengah (Cerah).....	4-22
<b>Tabel 4.16</b> Rekapitulasi Hasil Simulasi Keruntuhan Bendungan akibat <i>Piping</i> Bawah (Cerah) .....	4-23
<b>Tabel 4.17</b> Nilai Parameter Perhitungan $Q_{breachpeak}$ .....	4-24
<b>Tabel 4.18</b> Hasil Perhitungan Nilai Puncak Total <i>Outflow</i> .....	4-24
<b>Tabel 4.19</b> Rekapitulasi Hasil Simulasi Keruntuhan Bendungan .....	4-27
<b>Tabel 5.1</b> Koefisien Manning dari Peta Tata Guna Lahan .....	5-4
<b>Tabel 5.2</b> Rekapitulasi Hasil Simulasi <i>Piping</i> Atas, Tengah, dan Bawah – Metode Froehlich 2008 .....	5-15
<b>Tabel 5.3</b> Koordinat Lokasi Desa yang Ditinjau .....	5-21
<b>Tabel 5.4</b> Kedalaman dan Kecepatan Banjir pada Lokasi Tinjauan Untuk Skenario <i>Piping</i> Atas Kondisi Banjir .....	5-24
<b>Tabel 5.5</b> Kedalaman dan Kecepatan Banjir pada Lokasi Tinjauan Untuk Skenario <i>Piping</i> Atas Kondisi Banjir .....	5-26
<b>Tabel 5.6</b> Rekapitulasi Kedalaman dan Kecepatan Banjir pada Lokasi Tinjauan Untuk Skenario <i>Piping</i> Atas .....	5-27
<b>Tabel 5.7</b> Bahaya Banjir Kondisi Hujan dan Cerah di Desa Beji .....	5-28



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bendungan sebagai infrastruktur masif memiliki berbagai macam manfaat bagi manusia, seperti untuk penyediaan air baku, penyediaan air irigasi, pengendalian banjir, dan sebagai pembangkit listrik tenaga air. Selain memberikan manfaat tersebut, bendungan juga berpotensi menimbulkan bahaya yang mengancam daerah hilirnya apabila terjadi kegagalan bendungan. Menurut Peraturan Menteri PUPR No. 27 Tahun 2015, kegagalan bendungan adalah keruntuhan sebagian atau seluruh bendungan atau bangunan pelengkapannya dan/atau kerusakan yang mengakibatkan tidak berfungsinya bangunan. Kegagalan bendungan umumnya disebabkan oleh *overtopping*, *piping*, *foundation defects*, dan *cracking*. Pada bendungan tipe urugan, kegagalan bendungan yang umumnya terjadi disebabkan oleh *overtopping* dan *piping*, berturut-turut sebanyak 35% dan 38% dari seluruh kegagalan bendungan tipe urugan yang pernah tercatat (Costa, 1985). Di Indonesia, salah satu keruntuhan bendungan yang pernah terjadi adalah keruntuhan Bendungan Situ Gintung (2009) yang diawali dengan terjadinya *overtopping*. Keruntuhan bendungan tersebut menimbulkan gelombang air setinggi 3 m yang mengalir menuju hilir bendungan, menenggelamkan 400 rumah di pemukiman sekelilingnya, dan mengakibatkan meninggalnya 98 korban, 190 korban luka, dan 5 korban hilang (Emergency and Humanitarian Action (EHA), WHO Indonesia, 2009).

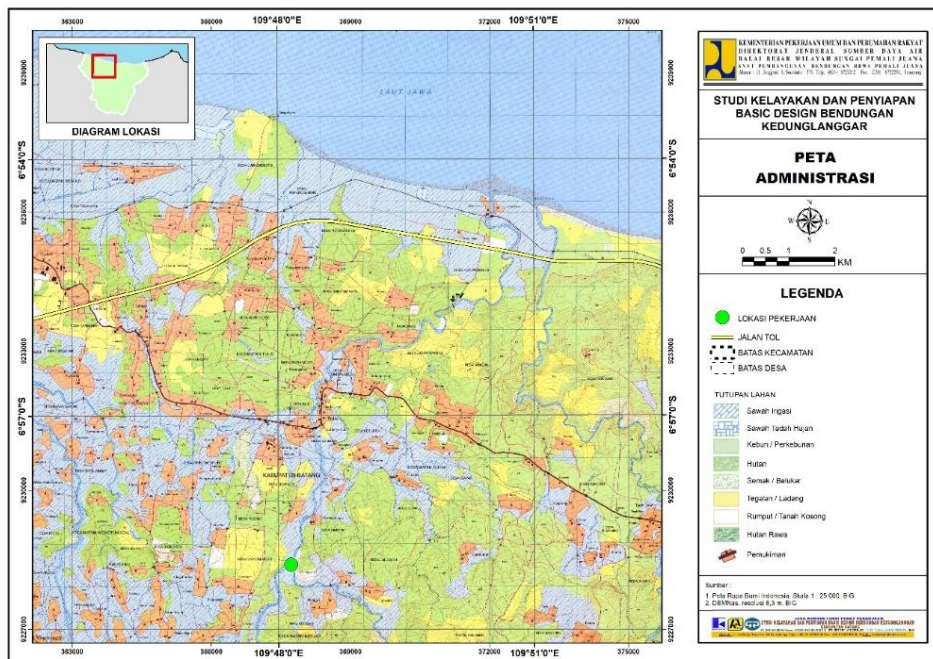
Keruntuhan bendungan dapat mengakibatkan bencana banjir pada sisi hilir bendungan dengan gelombang banjir yang bergerak dengan kecepatan relatif tinggi (George & Nair, 2015). Dampak dari bencana banjir yang disebabkan oleh keruntuhan bendungan meliputi biaya evakuasi, kerusakan banjir dan hilangnya nyawa masyarakat yang tinggal di sekitar lokasi bendungan. Analisis keruntuhan bendungan dilakukan sebagai langkah awal untuk mengevaluasi dampak keruntuhan bendungan tersebut sesuai dengan tingkat bahaya terhadap keselamatan masyarakat sekitar dan jumlah kerugian yang dapat terjadi (Froehlich, Peak Outflow from Breached Embankment Dam, 1995). Hasil dari analisis simulasi

keruntuhan bendungan ini dapat digunakan untuk penyusunan rencana tindak darurat (RTD) dan diharapkan mampu mengurangi risiko terkait potensi keruntuhan bendungan (Froehlich, Embankment Dam Breach Parameters and Their Uncertainties, 2008). Dalam penyusunan RTD, pengenalan peta genangan dan daerah bahaya akibat banjir yang disebabkan oleh keruntuhan bendungan diperlukan untuk mengevaluasi rencana evakuasi guna mengurangi risiko bahaya. Analisis yang dilakukan untuk memperoleh peta genangan dan daerah bahaya banjir tersebut dilakukan dengan pemodelan dua-dimensi (2D).

Dalam rangka mendukung pentingnya evaluasi keamanan bangunan guna estimasi potensi bahaya keruntuhan bendungan, pemodelan hidraulika dikembangkan dengan bantuan program komputer dengan kemajuan teknologi dalam komputasi (MacDonald & Langridge-Monopolis, 1984). Salah satu software pemodelan hidraulika yang dikembangkan oleh U.S Army Corps of Engineers adalah Hydraulic Engineering Center River Analysis System atau HEC-RAS, sebuah software yang dapat diakses publik dan dilengkapi dengan manual penggunaan software. Dari penelitian perbandingan aliran hidraulik satu-dimensi (1D) dan dua-dimensi (2D) beberapa software, pemodelan HEC-RAS merupakan model terbaik untuk penyebaran banjir dengan keterbatasan parameter data (Horritt & Bates, 2002). Untuk pemodelan dalam analisis bendungan, HEC-RAS dapat memodelkan interaksi dinamik aliran hidraulik satu-dimensi (1D) dan dua-dimensi (2D) pada aliran tidak tetap. Pemodelan kombinasi antara model 1D dengan model 2D menghasilkan hasil simulasi analisis bendungan dan sebaran banjir yang lebih efisien (Dasallas, Kim, & An, 2019).

Analisis bahaya banjir akibat keruntuhan bendungan pada penelitian ini dilakukan pada salah satu bendungan yang akan dibangun di Indonesia, yaitu Bendungan Kedunglanggar. Bendungan Kedunglanggar adalah bendungan tipe urugan zonal dengan inti tegak yang berlokasi pada Kecamatan Tulis, Kabupaten Batang, Provinsi Jawa Tengah. Bendungan tersebut terletak pada pertemuan antara Sungai Kitiran dan Sungai Tinap, dengan hilir bendung yang merupakan hulu dari Sungai Boyo. Lokasi Bendungan Kedunglanggar dapat dilihat terlihat pada Gambar 1.1. Bendungan Kedunglanggar memiliki fungsi untuk memenuhi kebutuhan air

industri, kebutuhan air baku, kebutuhan air irigasi, serta sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).



**Gambar 1.1** Lokasi Bendungan Kedunglanggar

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan PP. No 37 Tahun 2010, pembangunan bendungan harus disertai dengan Rencana Tindak Darurat (RTD), di mana salah satu komponen utama dalam penyusunan RTD merupakan pengenalan peta genangan dan daerah bahaya banjir akibat keruntuhan bendungan. Dalam upaya mengurangi risiko dari bahaya bencana banjir yang disebabkan oleh keruntuhan bendungan tersebut, evaluasi terhadap bahaya banjir perlu dilakukan. Peta penyebaran banjir akibat keruntuhan bendungan diperlukan untuk mengurangi risiko dari bahaya banjir dan kerugian yang dapat disebabkan dengan berbagai kemungkinan mekanisme keruntuhannya.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengecekan keamanan Bendungan Kedunglanggar terhadap keruntuhan *overtopping*.
2. Menganalisis hidrograf debit *outflow* akibat terjadinya keruntuhan *piping* pada Bendungan Kedunglanggar



3. Memodelkan peta sebaran genangan banjir akibat terjadinya keruntuhan Bendungan Kedunglanggar.
4. Mengidentifikasi luas sebaran daerah rambatan banjir di hilir bendungan akibat terjadinya keruntuhan Bendungan Kedunglanggar.
5. Mengidentifikasi bahaya banjir pada lokasi-lokasi terdampak banjir di hilir bendungan akibat terjadinya keruntuhan Bendungan Kedunglanggar.

#### 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pembahasan dalam penelitian ini adalah:

1. Melakukan simulasi keruntuhan Bendungan Kedunglanggar akibat mekanisme *overtopping* dan *piping* dengan persamaan-persamaan empiris parameter keruntuhan.
2. Melakukan evaluasi hidrograf debit *outflow* akibat keruntuhan bendungan yang akan digunakan dalam pemodelan peta genangan banjir.
3. Melakukan simulasi aliran air akibat keruntuhan dari hidrograf debit *outflow* hasil simulasi keruntuhan Bendungan Kedunglanggar yang terpilih untuk menghasilkan peta genangan banjir.
4. Melakukan identifikasi bahaya banjir pada beberapa wilayah terdampak banjir.

#### 1.5 Pembatasan Masalah

Pada penelitian ini, pembatasan masalah diberikan agar cakupan dari pemodelan dan analisis tidak terlalu luas. Berikut merupakan batasan-batasan dari penelitian ini:

1. Debit banjir rencana menggunakan hasil studi terdahulu
2. Data DEM digunakan untuk melakukan kajian penelusuran banjir, baik pada penampang sungai maupun daerah rawan banjir pada hilir bendungan.
3. Keruntuhan bendungan yang ditinjau adalah keruntuhan *overtopping* dan *piping*.
4. Tidak memperhitungkan pengaruh pasang-surut hilir bendungan yang bermuara di Laut Jawa.

5. Tidak memperhitungkan aliran lateral dari anak sungai pada hilir bendungan.

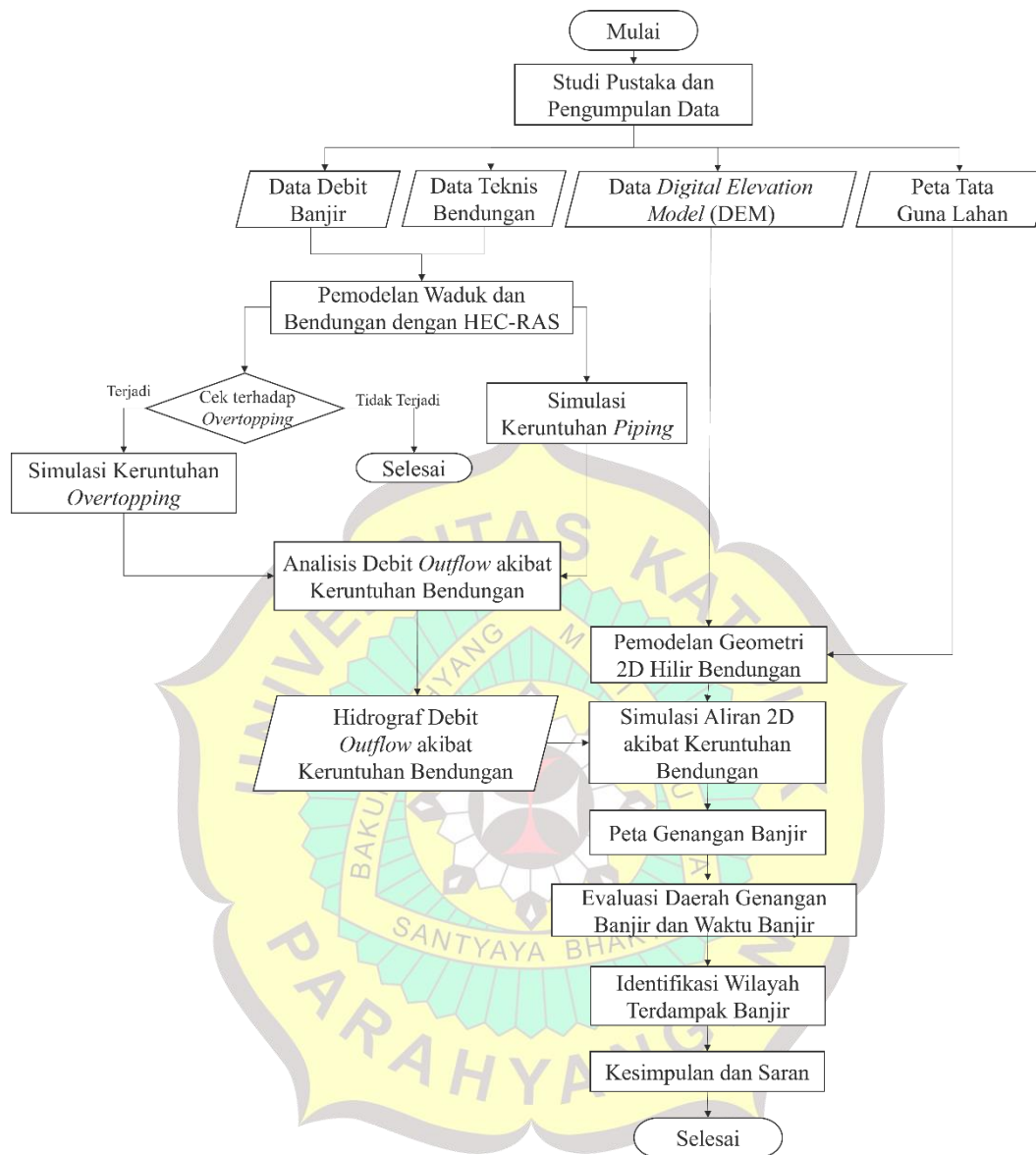
### 1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi studi pustaka, pengumpulan data, pemodelan, dan analisis dari hasil pemodelan dan simulasi yang dilakukan. Penelitian diawali dengan studi pustaka untuk memahami teori-teori yang berkaitan dengan proses penelitian dan pengumpulan data. Data yang digunakan dalam penelitian meliputi data hidrologi, data teknis waduk dan bendungan, data *Digital Elevation Model* (DEM), serta peta tata guna lahan pada lokasi penelitian. Data-data tersebut akan digunakan pada dua pemodelan yang berbeda.

Pemodelan yang pertama merupakan pemodelan waduk dan bendungan dengan menggunakan HEC-RAS. Dari model tersebut, dilakukan pengecekan terhadap keruntuhan *overtopping* dan simulasi terhadap keruntuhan *piping* dengan berbagai debit *inflow* yang diperoleh dari data hidrologi. Simulasi dilakukan terhadap beberapa metode perhitungan parameter keruntuhan bendungan yang diperoleh dari studi pustaka. Dari simulasi keruntuhan bendungan tersebut, analisis debit *outflow* akibat terjadinya keruntuhan bendungan dilakukan untuk menentukan hidrograf yang akan digunakan pada pemodelan berikutnya. Output dari hasil pemodelan dan analisis yang dilakukan adalah hidrograf *outflow* akibat keruntuhan bendungan yang akan digunakan pada pemodelan peta genangan banjir.

Pemodelan yang kedua adalah pemodelan banjir pada hilir lokasi bendungan untuk menentukan peta genangan banjir. Pemodelan geometri 2D hilir lokasi bendungan dilakukan menggunakan data DEM dan peta tata guna lahan pada lokasi hilir bendungan. Simulasi aliran 2D akibat terjadinya keruntuhan bendungan akan dilakukan dengan data masukan hidrograf debit *outflow* akibat keruntuhan bendungan yang diperoleh pada pemodelan sebelumnya. Output dari simulasi tersebut merupakan peta genangan banjir yang terjadi pada lokasi hilir bendungan akibat terjadinya keruntuhan bendungan. Dari peta genangan tersebut, evaluasi terhadap dampak genangan dan waktu banjir akan dilakukan untuk menentukan peta genangan yang akan digunakan pada identifikasi wilayah terdampak banjir.

Diagram alir dari penelitian untuk menggambarkan metode penelitian yang lebih jelas digambarkan pada Gambar 1.2.



**Gambar 1.2** Diagram Alir Penelitian

## 1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut:

### 1. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas terkait latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, pembatasan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan dari penulisan skripsi.

### 2. BAB 2 STUDI PUSTAKA



Bab ini membahas mengenai keruntuhan bendungan, parameter keruntuhan, persamaan empiris keruntuhan bendungan, Digital Elevation Model (DEM), dan pemodelan banjir hidraulik menggunakan HEC-RAS.

### 3. BAB 3 KONDISI DAERAH STUDI DAN KETERSEDIAAN DATA

Bab ini membahas terkait kondisi dan ketersediaan data daerah studi, meliputi lokasi bendungan, data teknis bendungan, data hidrologi, dan data DEM.

### 4. BAB 4 PEMODELAN DAN ANALISIS DEBIT *OUTFLOW* KERUNTUHAN BENDUNGAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil pemodelan dan analisis HEC-RAS dalam analisis keruntuhan bendungan dengan parameter yang diperoleh dari berbagai persamaan empiris.

### 5. BAB 5 PETA GENANGAN DAN IDENTIFIKASI WILAYAH BANJIR

Bab ini menjelaskan analisis bahaya banjir pada wilayah terdampak banjir dari peta genangan banjir yang diperoleh dari pemodelan hilir bendungan dengan model HEC-RAS 2D.

### 6. BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir ini membahas tentang kesimpulan, dari hasil simulasi dan analisis yang dilakukan yang dilakukan, dan saran untuk pengembangan simulasi dan analisis selanjutnya.

