

# ANALISIS POTENSI KERUNTUHAN BENDUNGAN DAN PENGEMBANGAN TINDAK DARURAT

Ansyari Pratama Putra<sup>1)</sup>, Riman<sup>1\*)</sup>, Dafid Irawan<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
<p><b>Data Artikel :</b></p> <p>Naskah masuk, 15 Desember 2023 Direvisi, 6 Januari 2024 Diterima, 8 Januari 2024</p> <p><b>Email Korespondensi:</b> <a href="mailto:riman@widyagama.ac.id">riman@widyagama.ac.id</a></p>	<p>Keruntuhan bendungan merupakan ancaman serius bagi kehidupan manusia dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko bencana yang terkait dengan keruntuhan bendungan dan merancang rencana tindakan darurat yang adaptif berdasarkan hasil analisis tersebut. Fokus pada PLTA Wampu, metode analisis deskriptif digunakan untuk mengidentifikasi potensi risiko, mengklasifikasikan bahaya banjir, dan menentukan tingkat bahaya bendungan. Hasil analisis skenario keruntuhan menunjukkan variasi dampak terhadap wilayah tergantung pada kondisi cuaca dan jenis keruntuhan. Klasifikasi bahaya banjir dibuat untuk menentukan zona bahaya, yang penting untuk rencana evakuasi. Perangkat lunak HEC-RAS dan QGIS digunakan untuk menganalisis hidrologi dan pemetaan spasial yang mendukung identifikasi risiko. Data-data ini membantu dalam penentuan zona-zona bahaya dan estimasi jumlah keluarga yang berisiko. Hasilnya menunjukkan bahwa PLTA Wampu dikategorikan sebagai tingkat bahaya sangat tinggi. Implikasi dari analisis menyoroti kebutuhan akan rencana tindak darurat yang adaptif. Rekomendasi meliputi identifikasi wilayah rentan, strategi evakuasi berdasarkan zona bahaya, dan langkah mitigasi cepat. Kesimpulan ini memberikan landasan yang kuat untuk respons yang tepat terhadap potensi keruntuhan bendungan, menekankan pentingnya mitigasi dan perlindungan masyarakat terdampak</p> <p><b>Kata Kunci:</b> Keruntuhan Bendungan, Risiko Bencana, Rencana Tindakan Darurat</p>

## 1. PENDAHULUAN

Bendungan adalah infrastruktur penting yang memainkan peran vital dalam manajemen sumber daya air, mulai dari penyediaan air bersih, pembangkit listrik tenaga air, irigasi pertanian, hingga mitigasi banjir. Namun, keruntuhan bendungan menjadi risiko serius yang dapat timbul akibat perubahan iklim, manajemen yang kurang tepat, dan faktor-faktor geologi. Dampak dari keruntuhan bendungan termasuk kehilangan nyawa, kerusakan harta benda, dan dampak lingkungan yang parah.

Kejadian keruntuhan bendungan di berbagai negara, seperti Waduk Sempor di Indonesia pada tahun 2021 dan Bendungan Oroville di California, Amerika Serikat pada tahun 2017, menekankan perlunya analisis mendalam terkait keruntuhan bendungan serta penyusunan rencana tindakan darurat. Analisis tersebut melibatkan evaluasi kondisi fisik bendungan, faktor-faktor geologi, hidrologi, dan struktural yang berpotensi mempengaruhi kestabilan bendungan. Skenario perubahan iklim dan cuaca ekstrem juga perlu dipertimbangkan dalam analisis ini, mengingat potensi dampaknya terhadap kapasitas dan aliran bendungan.

Rencana tindakan darurat memegang peranan kunci dalam mitigasi risiko keruntuhan bendungan. Dokumen ini harus mencakup langkah-langkah konkret yang harus diambil dalam berbagai skenario keruntuhan, termasuk langkah evakuasi, pemutusan pasokan air dan listrik, serta strategi penyelamatan dan pemulihan. Pedoman dalam penyusunan rencana tindakan darurat ini didasarkan pada regulasi pemerintah sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri PUPR Nomor 27/PRT/M/2015. Ini menjadi acuan penting bagi pengelola bendungan untuk menghadapi situasi terburuk yang mungkin terjadi.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah Analisis Deskriptif, yang melibatkan pengumpulan dan evaluasi data teknis bendungan serta studi terdahulu yang relevan.

Penelitian deskriptif-analitis merupakan jenis penelitian umum dalam ilmu pengetahuan untuk menganalisis situasi atau fenomena yang ada dan mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhinya. Penelitian ini berfokus pada analisis risiko bencana pada bendungan dan penyusunan rencana tindakan darurat yang adaptif. Penelitian ini melibatkan analisis data serta pemanfaatan perangkat lunak seperti HEC-RAS dan QGIS untuk mendukung analisis tersebut.

### Analisis Data

#### Data Teknis Bendungan

Bendungan PLTA Wampu membendung Sungai Wampu atau Biang yang digunakan untuk menampung air sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air. Tipe bendungan berupa bendungan beton gravity (beton konvensional) dengan tinggi 61 m dari dasar pondasi dan panjang puncak 86 m.

Bendungan PLTA Wampu membendung Sungai Wampu atau Biang yang digunakan untuk menampung air sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air. Tipe bendungan berupa bendungan beton gravity (beton konvensional) dengan tinggi 61 m dari dasar pondasi dan panjang puncak 86 m.

Tabel 1. Data Teknis PLTA Wampu

A. Umum	
a.	Sungai : Lau Mbiang (S. Wampu)
b.	Desa/Kec : Ds. Rih Tengah / Kec. Kutabuluh
c.	Koordinat : 3° 13'6.75" LU ; 98° 12'20.19" BT
d.	Tahun Konstruksi : 2012
B. Waduk	
a.	Luas DAS : 1.143,63 km <sup>2</sup>
b.	Volume (NHWL) : 1.514.435 m <sup>3</sup>
c.	Volume (FWL) : 1.809.706 m <sup>3</sup>
d.	Volume (MWL) : 2.094.225 m <sup>3</sup>
C. Tubuh Bendungan	
a.	Tipe : Beton Gaya Berat
b.	Elev. Puncak : + 427.00 m
c.	Lebar Puncak : 6,9 m
d.	Kemiringan u/s : 1 : 0,25
e.	Kemiringan d/s : 1 : 0,77
f.	Panjang Puncak : 86 m
g.	Tinggi dari Pondasi : 61 m
Pintu Pengeluaran	
a.	Tipe : High Pressure Roller Gate (HPRG)
b.	Jumlah Pintu : 1 set
c.	Lebar Pintu : 2 m
d.	Tinggi Pintu : 2.5 m

e.	Elevasi dasar pintu	: 387.00
<b>Pintu pengaman (stoplog)</b>		
a.	Tipe	: Roller Gate
b.	Jumlah Pintu	: 1 set
c.	Lebar Pintu	: 2.35 m
d.	Tinggi Pintu	: 4.7 m
e.	Elevasi dasar pintu	: 387.00
<b>D. Pelimpah</b>		
a.	Tipe	: Overflow
b.	Ambang	: Ogee
c.	Kapasitas	: 2.300 m <sup>3</sup> /dtk
d.	Elev. Ambang	: + 419,00 m
e.	Lebar	: 32 m
<b>E. Power Waterway Bangunan Pengambilan (Intake)</b>		
a.	Dimensi	: 13,5 x 17,5 x 20,95m
b.	Debit	: 35,0 m <sup>3</sup> /dtk
a.	Pintu	: Roller Gate
b.	Dimensi Pintu	: 2,0 x 3,5 m
<b>Terowong Penghubung (Connecting Tunnel)</b>		
a.	Tipe	: Terowong Tapal Kuda
b.	Diameter	: 3,50 m
c.	Panjang	: 970 m
<b>Peredam Kecepatan (Velocity Energy Dissipator)</b>		
a.	Tipe	: Kolam
b.	Dimensi	: 25,0 x 20,0 m
<b>Saluran Hantar (Waterway)</b>		
a.	Tipe	: Saluran Terbuka
b.	Dimensi	: 5,4 x 3,6 m
c.	Panjang	: 3.060 m
<b>Kolam Penenang (Headtank)</b>		
a.	Tipe	: Saluran Terbuka
b.	Dimensi	: 17,0 x 22,5 m
c.	Panjang	: 65 m
<b>Pipa Pesat (Penstock)</b>		
a.	Tipe	: Pipa baja
b.	Diameter	: 3,2 m
c.	Panjang	: 366,7 m
<b>F. Rumah Pembangkit (Power House)</b>		
a.	Tipe	: Semi underground
b.	Dimensi	: 30,0 x 52,0 x 27,0 m
c.	Kapasitas	
d.	Terpasang	: 3 x 15,0 MW
e.	Tipe Turbin	: Vertikal Francis
<b>G. Saluran Buri (Tailrace)</b>		
a.	Tipe	: Saluran Terbuka
b.	Dimensi	: 23,0 x 3,4 - 9,6 m
c.	Panjang	: 60,0 m
d.	TWL	: + 247,6 m
<b>H. Instrumen</b>		
a.	Pore pressure meter	: 5 unit
b.	Uplift movement apparatus	: 7 unit
c.	Uplift Measuring Meter	: 5 unit
d.	Leakage measuring Meter	: 1 unit

---

---

e.	Thermometer	: 16 unit
f.	Inclinometer	: 1 unit
g.	Strain meter	: 4 unit
h.	Non-stress meter	: 4 unit
i.	Seismic accelerograph	: 2 unit

---

---

### Parameter Keruntuhan

Dalam melakukan analisis keruntuhan bendungan, data-data yang adalah data teknis bendungan dan studi terdahulu yang menunjang pekerjaan ini. Selain itu juga perlu dipersiapkan terlebih dahulu data penampang melintang sungai dan lembah dihilir Bendungan PLTA Wampu termasuk bangunan-bangunan yang berada di sepanjang sungai.

Untuk dapat mengevaluasi apakah banjir yang terjadi dapat mengakibatkan overtopping pada puncak bendungan atau tidak, maka dilakukan analisis muka air maksimum berdasarkan banjir PMF. Jika Elevasi muka air banjir (HWL) lebih tinggi 30 cm dari elevasi puncak bendungan (EL. 235,00 m), maka keruntuhan bendungan dimodelkan akibat Overtopping (EL.HWL > EL. Crest + 30 cm).

Sebaliknya jika Elevasi muka air banjir lebih rendah dari Elevasi puncak bendungan ditambah 30 cm maka keruntuhan Bendungan PLTA Wampu dimodelkan akibat piping (EL. HWL < EL. Crest + 30 cm).

Standar satuan yang dipakai pada analisis ini akan disesuaikan/ didasarkan pada formula/ standar yang berlaku di Indonesia (termasuk satuan yang dipergunakan dalam satuan metrik). Bila standar yang dimaksud belum tersedia, akan dipergunakan standar internasional yang lazim dipakai di Indonesia.

### Analisis Keruntuhan Bendungan

#### A. Analisis Keruntuhan Bendungan dengan HEC-RAS

Analisa keruntuhan bendungan dilakukan dengan bantuan program HEC-RAS versi 6.1. HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, *River Analysis System (RAS)*, yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*. HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one-dimensional flow model*). HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi:

- hitungan profil muka air aliran permanen,
- simulasi aliran tak permanen,
- hitungan transpor sedimen, dan
- hitungan kualitas air.

Satu elemen penting dalam HEC-RAS adalah keempat komponen tersebut memakai data geometri yang sama, hitungan hidrolika yang sama, serta beberapa fitur desain hidrolik yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air berhasil dilakukan.

#### B. Rekahan

Keruntuhan bendungan dapat diakibatkan oleh adanya rekahan pada tubuh bendungan. Rekahan tersebut ada dua jenis yaitu:

##### a. Rekahan Karena *Overtopping*

Terjadinya rekahan karena overtopping dapat disimulasikan berupa rekahan yang berbentuk segi empat, segitiga atau trapesium. Rekahan tersebut makin lama makin membesar dengan

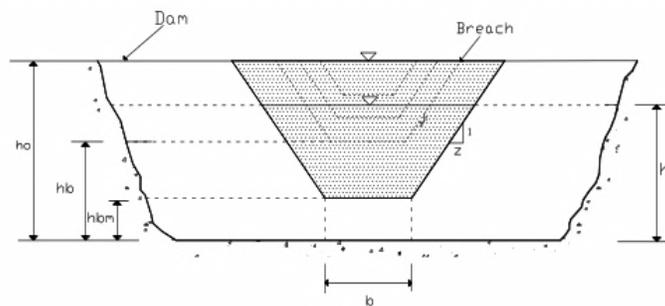
waktu secara progresif dari puncak bendungan ke bawah sampai mencapai pondasi. Aliran yang melewati rekahan diperhitungkan sebagai aliran melewati ambang lebar (*broad crested weir*).

Bentuk dari terminal breach ditentukan oleh parameter ( $Z$ ) yang mengidentifikasi lereng samping dari rekahan, yaitu lereng vertikal :  $Z$  horizontal, dan parameter ( $b$ ) yang disebut lebar terminal dari dasar rekahan.

Rentangan (range) dari nilai parameter lereng samping  $Z$  adalah :  $0 < Z < 2$ . Nilai ini tergantung dari lereng alam dari material yang dipadatkan dan dibasahi. Bentuk-bentuk segipanjang, segitiga atau trapesium ditentukan dengan menggunakan kombinasi nilai-nilai  $Z$  dan  $b$ .

Lebar terminal  $b$  dihubungkan dengan lebar rata-rata dari rekahan  $b$ , kedalaman rekahan  $h$  dan lereng rekahan ( $Z$ ), sedemikian rupa sehingga :

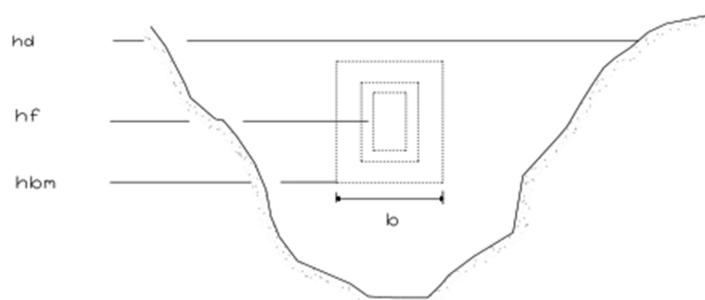
$$N = n n a r - 0.5 Z h d \quad (1)$$



Gambar 1 : Ilustrasi Bentuk Rekahan Akibat Overtopping

Seperti terlihat pada gambar di atas, rekahan tersebut dimulai pada satu titik kemudian membesar dengan kecepatan *linier* atau *nonlinier* dalam selang waktu keruntuhan  $\tau$  hingga tercapai lebar terminal  $b$  dan dasar rekahan tererosi hingga elevasi  $h_{bm}$  yang biasanya merupakan elevasi dasar waduk atau outlet channel.

Jika  $\tau < 1$  menit, lebar rekahan dimulai dengan nilai  $b$  bukan dari nol. Ini lebih menunjukkan peristiwa kehancuran karena ambruk (*collapse failure*) dari pada kehancuran karena erosi.



Gambar 2 : Ilustrasi Rekahan Akibat Piping

Debit yang keluar dari kedua macam rekahan tersebut merupakan hidrograf banjir yang terjadi pada penampang melintang 0 (permulaan), yang harus ditelusur ke hilir disepanjang lembah sungai dengan metode "*Unsteady flow*".

### C. Skenario Analisis Keruntuhan Bendungan

Pemodelan keruntuhan bendungan dicek dulu terhadap *overtopping*. Kondisi *overtopping* / peluapan adalah kondisi dimana air waduk meluap melalui puncak bendungan yang disebabkan oleh banjir luar biasa (Banjir PMF).

Jika elevasi muka air banjir maksimum (HWL) lebih tinggi 30 cm dari elevasi puncak bendungan (EL. 235,00 m), maka keruntuhan bendungan dimodelkan akibat *overtopping* (EL. HWL > EL. Crest + 30 cm). Sebaliknya jika elevasi muka air banjir maksimum lebih rendah 10 cm di atas elevasi puncak bendungan maka keruntuhan bendungan dimodelkan akibat piping (EL. HWL < EL. Crest 30 cm).

#### a. Rekahan Karena Piping

Keruntuhan bendungan akibat piping dapat disimulasikan dengan menentukan elevasi sumbu dari pipingnya. Ini disimulasikan sebagai rekahan lubang (*orifice*) berbentuk segi panjang.

Rekahan karena piping disimulasikan sebagai lubang (*orifice*) rekahan berbentuk segiempat yang tumbuh dengan waktu keatas dan kebawah dalam tubuh bendungan. Aliran kejut (*instantaneous flow*) lewat rekahan tersebut dihitung dengan rumus orifice atau sebagai ambang lebar, tergantung pada posisi muka air diwaduk dan puncak dari orifice.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Analisis Keruntuhan Bendungan

#### a. Skenario 0

Hasil analisis keruntuhan bendungan Skenario 0 pada Kondisi Banjir Q25th dan Q50th, Muka Air Normal (Bendungan Tidak Runtuh), tampak bahwa batas genangan banjir hanya sebatas pada aliran sungai, tidak sampai berdampak pada pemukiman penduduk.

#### b. Skenario 1 : Kondisi Cuaca Cerah, Muka Air Normal (Bendungan Runtuh akibat Piping)

Hasil analisis keruntuhan bendungan Skenario 1 pada Kondisi Cuaca Cerah, Muka Air Normal (Bendungan Runtuh akibat Piping), genangan banjir akibat potensi keruntuhan bendungan hanya berasal dari tampungan waduk yang tidak terlalu besar, sehingga pada peta genangan banjir hampir tidak nampak adanya genangan banjir pada sungai.

#### c. Skenario 2 : Kondisi Banjir Desain Q100th (Bendungan Runtuh akibat Piping)

Hasil analisis keruntuhan bendungan Skenario 2 pada Kondisi Banjir Desain Q1000th (Bendungan Runtuh akibat Piping), seperti pada Gambar 4.14 Genangan banjir akibat banjir desain Q1000th juga terjadi pada aliran sungai saja, tidak sampai berdampak pada pemukiman penduduk, seperti tampak pada peta genangan banjir.

#### d. Skenario 3 : Kondisi Overtopping (Bendungan Runtuh akibat Overtopping)

Hasil analisis keruntuhan bendungan Skenario 3 pada Kondisi Banjir akibat *Overtopping* (Bendungan Runtuh akibat Overtopping), tampak pada peta bahwa genangan banjir berdampak pada pemukiman di beberapa kecamatan yang berada di wilayah Kabupaten Langkat, antara lain Hinai, Secanggang, Selesai, Sirapit dan Staba.

### Klasifikasi Tingkat Bahaya Bendungan

Berdasarkan kedalaman dan kecepatan aliran, banjir yang berbahaya dibedakan menjadi tiga macam atau zona yaitu zona bahaya rendah, zona bahaya sedang dan zona bahaya tinggi. Penyebutan untuk tiga macam zona bahaya tersebut antara lain untuk zona bahaya rendah disebut zona hijau, untuk zona bahaya sedang dapat disebut zona kuning, dan zona bahaya tinggi dapat disebut zona merah. Tiga zona ini hanya untuk identifikasi banjir yang berbahaya saja, yang tidak sama dengan sistem klasifikasi bahaya bendungan.

Klasifikasi nilai hubungan antara kedalaman dan kecepatan aliran dibuat berdasarkan Kategori Bahaya Banjir dari FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) dalam *Guidelines and Standards for Flood Risk Analysis and Mapping* yang dimodifikasi menjadi tiga zona, yaitu:

a. Zona bahaya rendah :

Jika nilai kedalaman dikali kecepatan aliran kurang dari 0,2 m<sup>2</sup>/detik, dimana daerah yang termasuk dalam kriteria zona ini maka jumlah Penduduk terkena resiko (PenRis) diperkirakan tidak ada (=0)

b. Zona bahaya sedang :

Merupakan zona peralihan antara kedua zona, nilai kedalaman dikali kecepatan aliran antara 0,2 - 0,5 m<sup>2</sup>/detik. Penduduk terkena resiko (Penris) dengan resiko tinggi seperti manula atau balita serta orang dengan kebutuhan khusus harus segera dievakuasi terlebih dahulu,

c. Zona bahaya tinggi :

d. Jika nilai kedalaman dikali kecepatan aliran lebih dari 0,5 m<sup>2</sup>/detik, dimana semua PenRis termasuk dalam tingkatan bahaya tinggi dan semua harus segera dilakukan evakuasi/ pengungsian.

Pembagian zona bahaya banjir ini dibagi menjadi 3 (tiga) bagian yaitu rendah, sedang dan tinggi

Tabel 3. Klasifikasi Zona Bahaya Banjir

No	Klasifikasi Zona Bahaya	Kedalaman x Kecepatan (m <sup>2</sup> /detik)	Warna Arsiran di Peta
1	Rendah	< 0,2	Hijau
2	Sedang	0,2 - 0,5	Kuning
3	Tinggi	> 0,5	Merah

**Estimasi Desa Dan Penduduk Terkena Risiko (Penris)**

Pada hilir Bendungan PLTA Wampu terdapat 2 Kabupaten yang beresiko terdampak keruntuhan bendungan, antara lain Kabupaten Karo dan Kabupaten Langkat. Berdasarkan peta banjir cakupan lokasi bencana akibat keruntuhan Bendungan PLTA Wampu secara rinci dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 4. Estimasi Jumlah Penduduk Terkena Risiko (Penris) akibat Keruntuhan Bendungan PLTA Wampu di Kabupaten Langkat

No	Kecamatan	Desa	Jumlah Penris (KK)	Jumlah Penris (Jiwa)	Jumlah Pengungsi (Jiwa)
1	Bahorok	Batu Jong Jong	0	0	0
2	Bahorok	Empus	1	4	0
3	Bahorok	Lau Damak	9	36	24
4	Bahorok	Pekan Baharok	21	84	64
5	Bahorok	Perkebunan Bungaran	0	0	0
6	Bahorok	Perkebunan Turangi	0	0	0
7	Bahorok	Sematar	0	0	0
8	Bahorok	Suka Rakyat	0	0	0
9	Bahorok	Tanjung Lenggang	0	0	0
10	Bahorok	Timbang Lawang	7	28	24
11	Hinai	Hinai Kanan	0	0	0

No	Kecamatan	Desa	Jumlah Penris (KK)	Jumlah Penris (Jiwa)	Jumlah Pengungsi (Jiwa)
12	Hinai	Muka Paya	0	0	0
13	Hinai	Paya Rengas	0	0	0
14	Kutambaru	Kaperas	0	0	0
15	Kutambaru	Kuta Gajah	11	44	16
16	Kutambaru	Perkebunan Marike	0	0	0
17	Kutambaru	Perkebunan Namu Tongan	0	0	0
18	Secanggang	Buka Mulia	6	24	0
19	Secanggang	Cinta Raja	1	4	0
20	Secanggang	Hinai Kiri	2	8	8
21	Secanggang	Jaring Halus	0	0	0
22	Secanggang	Karang Anyar	227	908	176
23	Secanggang	Kebun Kelapa	12	48	0
24	Secanggang	Kepala Sungai	647	2588	92
25	Secanggang	Sei Ular	6	24	0
26	Secanggang	Tanjung Ibus	0	0	0
27	Secanggang	Teluk	154	616	0
28	Selesai	Bekulap	0	0	0
29	Selesai	Kuala Air Hitam	0	0	0
30	Selesai	Perhiasan	13	52	36
31	Selesai	Selayang	0	0	0
32	Selesai	Selayang Baru	0	0	0
33	Sirapit	Aman Damai	16	64	20
34	Sirapit	Gunung Tinggi	3	12	0
35	Sirapit	Perkebunan Amal Tani	0	0	0
36	Sirapit	Pulau Semikat	9	36	0
37	Sirapit	Sebertung	51	204	164
38	Sirapit	Serapit	0	0	0
39	Sirapit	Sidorejo	5	20	0
40	Sirapit	Sumber Jaya	86	344	344
41	Sirapit	Tanjung Keriahan	0	0	0
42	Stabat	Ara Condong	571	2284	120
43	Stabat	Kwala Bingai	325	1300	0
44	Stabat	Pantai Gemi	542	2168	44
45	Stabat	Paya Mabar	159	636	0
46	Stabat	Perdamaian	192	768	12
47	Stabat	Stabat Baru	635	2540	236
48	Tanjung Pura	Karya Maju	197	788	20
49	Tanjung Pura	Pantai Cermin	33	132	0

No	Kecamatan	Desa	Jumlah Penris (KK)	Jumlah Penris (Jiwa)	Jumlah Pengungsi (Jiwa)
50	Tanjung Pura	Pematang Cengal	33	132	20
51	Tanjung Pura	Suka Maju	108	432	68
52	Tanjung Pura	Tapak Kuda	0	0	0
53	Wampu	Bukit Melintang	1	4	0
54	Wampu	Gohor Lama	1	4	0
55	Wampu	Paya Tusan	0	0	0
56	Wampu	Pertumbukan	27	108	36
57	Wampu	Stabat Lama	0	0	0
58	Wampu	Stabat Lama Barat	123	492	268
59	Wampu	Stungkit	3	12	0
<b>TOTAL</b>			<b>4237</b>	<b>16948</b>	<b>1792</b>

### Perkiraan Tingkat Bahaya Bendungan

Penentuan klasifikasi tingkat bahaya bendungan berdasarkan jumlah keluarga yang terkena risiko dan jarak dari bendungan. Penentuan klasifikasi tingkat bahaya bendungan berdasarkan Pedoman Klasifikasi Bahaya Bendungan KPTS Dirjen SDA. No. : 257/KPTS/D/2011, tanggal 30 Mei 2011.

Berdasarkan hasil analisa prakiraan jumlah penduduk terkena risiko keruntuhan bendungan, maka diketahui jumlah keluarga yang terkena risiko akibat keruntuhan Bendungan PLTA Wampu sebesar 4.237 KK dengan jarak dari bendungan 0 - > 30 km, sehingga klasifikasi tingkat bahaya Bendungan PLTA Wampu termasuk **Tingkat Bahaya Sangat Tinggi**.

Tabel 5. Matriks Klasifikasi Tingkat Bahaya Bendungan

Jumlah Keluarga	Jarak dari Bendungan (km)				
	0 - 5	0 - 10	0 - 20	0 - 30	0 - >30
0	1	1	1	1	1
1-20	3	3	2	2	2
21-200	4	4	4	3	3
>200	4	4	4	4	4

Catatan :

- 1 = tingkat bahaya rendah
- 2 = tingkat bahaya sedang
- 3 = tingkat bahaya tinggi
- 4 = tingkat bahaya sangat tinggi.

## 4. KESIMPULAN

1. Dalam skenario keruntuhan yang disimulasikan, terdapat empat skenario yang dibahas, yakni kondisi banjir normal, kondisi cuaca cerah, banjir desain Q1000th, dan kondisi *overtopping*. Setiap skenario menunjukkan hasil yang berbeda terkait dampak genangan banjir pada daerah sekitarnya.

- a. Kondisi Banjir Q25th dan Q50th, Muka Air Normal (Bendungan Tidak Runtuh),
- b. Kondisi Cuaca Cerah, Muka Air Normal (Bendungan Runtuh akibat Piping),
- c. Kondisi Banjir Desain Q1000th (Bendungan Runtuh akibat *Piping*), dan
- d. Kondisi Banjir akibat *Overtopping* QPMF (Bendungan Runtuh akibat *Overtopping*).

- e. Dampak Terhadap Wilayah : skenario keruntuhan bendungan akibat *overtopping* (Skenario 3) memiliki dampak paling signifikan terhadap pemukiman di beberapa kecamatan di Kabupaten Langkat, khususnya di Hinai, Secanggang, Selesai, Si rapat, dan Stabat.
2. Dampak Terhadap Penduduk: Berdasarkan hasil analisa prakiraan jumlah penduduk terkena risiko keruntuhan bendungan, maka diketahui jumlah keluarga yang terkena risiko akibat keruntuhan Bendungan PLTA Wampu sebesar 4.237 KK dengan jarak dari bendungan 0 - > 30 km
3. Rencana tindak darurat diimplementasikan sesuai klasifikasi bahaya banjir yang dibuat berdasarkan perhitungan nilai kedalaman dan kecepatan aliran air. Dimana ada tiga zona bahaya yang ditentukan, yaitu zona bahaya rendah, zona bahaya sedang, dan zona bahaya tinggi, dengan rekomendasi tindakan evakuasi yang sesuai untuk setiap zona tersebut.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang mendukung penulisan Artikel ini. Ir. Riman, MT., sebagai Dosen Pembimbing I, memberikan bimbingan, arahan, dan masukan berharga. Terima kasih juga kepada Dr. Dafid Irawan, ST., MT., sebagai Dosen Pembimbing II, yang memberikan dukungan dan saran yang berarti. Penghargaan disampaikan kepada Dr. Istiadi, ST., MT., Dekan Fakultas Teknik, dan Ir. Abdul Halim, MT., Ketua Program Studi Teknik Sipil, atas kesempatan dan dukungan penuh. Ucapan terima kasih terakhir untuk Universitas Widyagama Malang. Semua ini adalah berkah dalam perjalanan hidup penulis. Puji syukur kepada Allah SWT, semoga karya ini bermanfaat.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. Yunik'ati. (2021). "Analisis Keruntuhan Bendungan Bendo Ponorogo Dengan Aplikasi HEC-RAS."
2. Muhamad Arifin, Muchamad Arif Budiyanto. (2021). "Analisis Keruntuhan Bendungan (Dam Break Analysis) Dalam Upaya Mitigasi Bencana (Studi Kasus di Waduk / Bendungan Tempuran)."
3. Khilmi Zain, Mohammad Bagus Adityawan, Dhemi Harlan, Abdul Malik Sadat Idris, Ewin Sofian Winata, Muhammad Rizki Purnama. (2020). "Aplikasi Model HEC-HMS DAN HEC-RAS Dalam Mendukung Analisis Keruntuhan Bendungan Bili-Bili."
4. Kiki Marina Murdiani, Sri Sangkawati, Kresno Wikan Sadono. (2020). "Pemodelan Keruntuhan Bendungan Menggunakan HEC-RAS 2D Studi Kasus Bendungan Gondang, Kabupaten Karanganyar."
5. Ghina Rohadatul Aisy. (2020). "Analisis Banjir Akibat Keruntuhan Bendungan (Studi Kasus: Bendungan Meninting, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat).
6. Raharja, S., & Pratama, A. (2020). "Strategi Evakuasi dan Mitigasi Risiko Pada Rencana Tanggap Darurat Bendungan." Jurnal Rekayasa Sipil
7. Balai Bendungan Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. (2019). Konsepsi Keamanan Bendungan dan Rencana Tindak Darurat.
8. Siswanto, Suprpto, Adib Lathiful Huda; (2019). Pendekatan GIS dalam Pemodelan Keruntuhan Bendungan Menggunakan HEC-RAS 2D (Studi Kasus Bendungan Logung, Kabupaten Kudus);
9. Bagus Prio Utomo, Adam Pamudji Rahardjo, Djoko Legono. (2019). "Potensi Wilayah Terdampak Keruntuhan Bendungan Matenggeng di Sungai Cijolang."
10. Sunan Mukti Sriwibowowati. (2018). "Analisa Banjir Akibat Keruntuhan Bendungan Bajulmati Dengan Program HEC-RAS."

11. Novianti, R., & Siregar, V. C. (2018). "Analisis Potensi Keruntuhan Bendungan Menggunakan Metode FMECA." *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*.
12. Azmeri, Eldina Fatimah, Henny Herawati, Devi Sundary, Amir Hamzah Isa; (2013). Analisis Spasial Risiko Banjir Bandang Akibat Keruntuhan Bendungan Alami pada DAS Krueng Teungku, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh
13. Republik Indonesia. (2010). Peraturan Pemerintah Nomor 37 tentang Bendungan. Jakarta : Sekretariat Negara
14. Sani, Asrul. (2008). "Analisis Kapasitas Waduk dengan *Metode Ripple* dan *Behaviour* (Studi Kasus Pada Waduk Mamak Sumbawa)."
15. Balai Keamanan Bendungan. (2006). "Kegagalan Bendungan di Indonesia." Direktorat Sungai, Danau dan Waduk, Departemen Pekerjaan Umum.

=== Halaman Sengaja Dikосongkan ===