

## **Pemodelan Daerah Genangan Banjir Ekstrem Bendung Sungai Piam Kabupaten Langkat Provinsi Sumatera Utara**

### ***Modelling of Extrem Flood Inundation Area of Piam River Weir, Langkat Regency, North Sumatra Province***

**Asril Zevri**

Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Kementerian PU

Jl. Pattimura No. 20, Kec. Kebayoran Baru, Jakarta Selatan, DKI Jakarta

\*Corresponding author: [asrilevri19@gmail.com](mailto:asrilevri19@gmail.com)

Diterima: 16 Juli 2024; Direvisi: 04 Februari 2024; Disetujui: 07 Mei 2025

#### **Abstract**

*The construction of the Piam River weir is one of the efforts to support food security for the community, especially in Langkat Regency. Increased water levels in the rainy season with high intensity and long duration can cause rapid changes in the return flow with large volumes in the upper reaches of the river. Changes in the return flow can cause flooding in the river plain, resulting in a risk of loss to the community. One of the initial nonstructural efforts in flood mitigation is to delineate flood inundation areas through hydraulic simulation modelling based on the 100-year return period maximum flood discharge, longitudinal and transverse river profiles, and weir profiles. Modelling simulations were carried out using HEC RAS Software in a 2-dimensional manner based on 100-year return period flood discharge data as boundary conditions upstream, DEMNAS as a base map of the river geometry profile, and weir dimensions as boundary conditions downstream. The results of modeling the flood inundation area with a 100-year return period flood discharge of 239.66 m<sup>3</sup>/det show that the maximum potential flood water level reaches 3 m inundating the plain area up to 500 m from the river bank. The flood inundation area that occurs reaches 390.21 ha so that flood control efforts are needed by building embankments and normalizing the river upstream of the weir.*

**Keywords:** weir, flood, inundation, Langkat, Piam

#### **Abstrak**

*Pembangunan Bendung Sungai Piam merupakan salah satu usaha untuk mendukung ketahanan pangan bagi masyarakat khususnya di Kabupaten Langkat. Peningkatan elevasi muka air pada musim hujan dengan intensitas tinggi dan durasi yang lama dapat menyebabkan perubahan aliran balik secara cepat dengan volume besar di bagian hulu sungai. Perubahan aliran balik tersebut dapat menimbulkan genangan banjir di dataran sungai sehingga memberikan dampak risiko kerugian bagi masyarakat. Salah satu upaya awal secara nonstruktural dalam mitigasi banjir adalah dengan mengambarkan daerah genangan banjir melalui pemodelan simulasi hidraulik berdasarkan debit banjir maksimum kala ulang 100 tahun, profil memanjang dan melintang sungai, serta profil bendung. Simulasi pemodelan dilakukan menggunakan Software HEC RAS secara 2 dimensi berdasarkan data debit banjir kala ulang 100 tahun sebagai kondisi batas di hulu, DEMNAS sebagai peta dasar profil geometri sungai, dan dimensi bendung sebagai kondisi batas di hilir sungai. Hasil pemodelan daerah genangan banjir dengan debit banjir kala ulang 100 tahun sebesar 239,66 m<sup>3</sup>/det menunjukkan bahwa potensi tinggi muka air banjir maksimum mencapai 3 m yang menggenangi daerah dataran hingga mencapai 500 m dari tebing sungai. Luas genangan banjir yang terjadi mencapai 390,21 ha sehingga diperlukan upaya pengendalian banjir dengan membangun tanggul dan normalisasi sungai di bagian hulu bendung.*

**Kata Kunci:** bendung, genangan banjir, Kabupaten Langkat, Sungai Piam

## PENDAHULUAN

Kabupaten Langkat merupakan salah satu wilayah di Provinsi Sumatera Utara yang mengalami peningkatan jumlah penduduk secara signifikan dalam kurun waktu 10 tahun terakhir (Sitepu, 2021). Peningkatan jumlah penduduk secara langsung memberikan dampak terhadap jumlah kebutuhan pangan untuk menjaga kelangsungan hidup manusia. Salah satu sumber penghasilan kebutuhan pangan diperoleh dari produktivitas hasil pertanian yang sangat dipengaruhi oleh perubahan iklim dan ketersediaan air dalam proses pertumbuhan tanaman khususnya padi. Perubahan iklim yang cukup ekstrem mengakibatkan ketersediaan air tidak terkendali dan tersedia dalam memenuhi kebutuhan air irigasi pertanian (Fahlevi, 2023). Salah satu solusi dalam mengendalikan dan meningkatkan ketersediaan air adalah membangun bendung untuk meningkatkan volume dan elevasi muka air dalam mengairi lahan irigasi pertanian secara teknis (Rizaldi, Farid, Riyando Moe, & Kendra, 2020).

Sungai Piam merupakan salah satu anak Sungai Wampu yang berpotensi untuk dikembangkan dalam mengairi lahan daerah irigasi di Kecamatan Serapit dengan luas potensial mencapai 40,346 Ha (Fauzi, 2023). Karakteristik Sungai Piam yang memiliki panjang 4,06 Km dengan luas tangkapan aliran sungai 124,29 Km<sup>2</sup> didominasi oleh kawasan hutan dan tanaman sehingga mendukung ketersediaan air permukaan untuk irigasi di Kecamatan Serapit (Anggara, 2020). Kondisi topografi lahan pertanian yang menjadi target lokasi pengembangan berada pada jarak yang cukup jauh dengan elevasi lahan yang cukup tinggi dari elevasi muka air Sungai Piam sehingga diperlukan bendung untuk meningkatkan elevasi muka air dalam mengairi lokasi lahan pertanian.

Bangunan air yang dibangun sepanjang melintang sungai dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan elevasi muka air dan perubahan aliran balik atau *backwater* di bagian hulu sungai (Thu Ha, Kim, & Bae, 2020). Peningkatan elevasi muka air pada saat musim hujan dengan intensitas yang cukup tinggi dapat mengakibatkan terjadinya daerah genangan banjir akibat meluapnya tinggi muka air dari badan sungai dan menggenangi daratan di sekitar bantaran sungai (Luo et al., 2018). Daerah genangan banjir yang dapat mengakibatkan tergenangnya wilayah pemukiman dapat memberikan dampak risiko kerugian bagi warga. Kondisi ini menjadi suatu permasalahan yang sangat serius sehingga diperlukan solusi pencegahan dini melalui inovasi teknologi di bidang pengelolaan sumber daya air dengan simulasi pemodelan berdasarkan data hidrologi dan

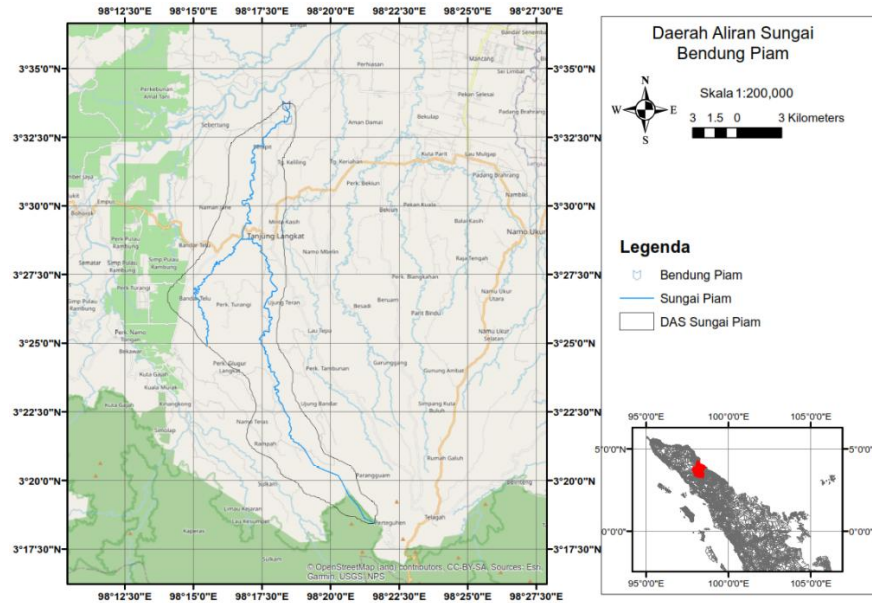
hidraulika sungai (Yahya, Juwono, & Asmaranto, 2022).

Bendung adalah struktur hidraulik yang digunakan untuk pengukuran aliran tidak langsung dan/atau mengendalikan elevasi air di sungai (Mohammed Al-Khateeb, Sahib, & Hasan Al-Yasisri, 2019). Salah satu fungsi bendung yaitu meninggikan elevasi muka air, serta menyalurkan air ke saluran pembawa menuju ke areal sawah guna keperluan irigasi agar dapat memenuhi kebutuhan pertanian berupa pangan serta menunjang kehidupan manusia (Sudarno, 2019). Karakteristik aliran air di atas bendung termasuk dalam aliran terendam yang mengakibatkan meningkatnya muka air di hulu dan bertambahnya kecepatan aliran di bagian hilir (Vanishree & Manjula, 2018).

Daerah genangan banjir adalah suatu area yang tergenang akibat volume air yang meluap dari penampang sungai serta adanya bangunan struktur yang menghalangi debit aliran di bagian hilir sungai. Volume air yang meluap dan menggenangi dataran pemukiman di sekitar penampang sungai dapat dianalisis secara 1D dan 2D melalui pemodelan daerah genangan banjir. Salah satu perangkat lunak atau *Software* yang sering digunakan dalam pemodelan daerah genangan banjir yaitu HEC RAS yang telah dikembangkan berdasarkan persamaan Saint Venant (Aslam & Lasminto, 2020). Hasil pemodelan dapat memberikan informasi geospasial yang akurat tentang luas banjir dan jika digabungkan dengan sistem informasi geografis dapat membantu para pengambil keputusan untuk menilai risiko terkait dampak banjir yang mengakibatkan kerugian bagi manusia, finansial, dan lingkungan (Jung, Kim, Kim, Kim, & Lee, 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan daerah genangan banjir di bagian hulu yang disebabkan oleh pembangunan bendung, melalui simulasi hidraulik menggunakan *Software* HEC-RAS. Penelitian dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Bendung Piam, dengan elevasi puncak bendung pada ketinggian +46,5 m dan lebar 35 m. Lokasi penelitian berada di Kecamatan Serapit, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara, dengan titik koordinat 98°18'23.63"E; 3°33'33.95"N ditunjukkan pada Gambar 1.

Pemodelan daerah genangan banjir dengan *Software* HEC RAS disimulasikan berdasarkan data geometri penampang memanjang dan melintang sungai, serta kondisi batas yang terdiri atas *stage hydrograph* dan *flow hydrograph* (Vashist & Singh, 2023). Penampang memanjang dan melintang sungai dibentuk dengan bantuan Peta *Digital Elevation Model* (DEM) dan dikalibrasi menggunakan data hasil pengukuran di lapangan.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

## METODOLOGI

Metode penelitian dilakukan secara kuantitatif berdasarkan analisis hidrologi dan hidraulika. Analisis hidrologi dalam penelitian ini meliputi penentuan luas daerah tangkapan air Bendung Piam, penentuan curah hujan harian maksimum rata-rata, analisis curah hujan rancangan dengan kala ulang 2 hingga 100 tahun, dan analisis debit banjir rancangan dengan kala ulang yang sama (Leilany & Arsyad, 2024). Analisis hidraulika bertujuan untuk mengetahui luas daerah genangan banjir di bagian hulu akibat adanya aliran balik dari bendung pada saat kondisi ekstrem. Pemodelan daerah genangan banjir dilakukan melalui simulasi hidraulik 2D menggunakan *Software* HEC RAS berdasarkan Peta *Digital Elevation Model* (DEM) yang memiliki nilai elevasi kontur di wilayah lokasi penelitian (Nut & Plermkamom, 2015).

Input data simulasi pemodelan HEC RAS terdiri atas data geometri sungai yang diperoleh dari DEM dan dimensi bendung berdasarkan desain hidrolis bendung untuk mendukung kebutuhan irigasi. Kondisi batas dalam pemodelan terdiri atas bagian hulu yaitu *flow hydrograph* dan di bagian hilir yaitu *stage hydrograph*. Data *flow hydrograph* yang diinput adalah data debit banjir jam-jaman berdasarkan hasil analisis debit banjir rancangan kala ulang 100 tahun dan data *Stage Hydrograph* yang diinput adalah data fluktuasi muka air Sungai Utama. Kalibrasi hasil simulasi pemodelan dilakukan berdasarkan survei pengamatan muka air maksimum di salah satu penampang sungai yang terjadi pada saat kondisi banjir. Metode kalibrasi ini disebut dengan *full bank capacity* yang dievaluasi berdasarkan data debit banjir rancangan kala ulang

2 tahun yang kerap terjadi setiap tahun. Lingkup kegiatan penelitian ditampilkan pada Gambar 2.

Analisis hidrologi dalam penelitian bertujuan untuk menghitung besarnya debit banjir rancangan dengan kala ulang tertentu di Daerah Aliran Sungai Bendung Piam secara empiris berdasarkan data curah hujan harian maksimum yang dijelaskan pada Gambar 2..

## Analisis curah hujan harian maksimum rata-rata DAS Bendung Piam

Perhitungan curah hujan harian maksimum rata-rata DAS Bendung Piam dilakukan berdasarkan luas wilayah stasiun penakar curah hujan yang dianalisis menggunakan Metode Polygon Thiessen (Fardiaz et al., 2015). Titik stasiun curah hujan yang berada di bagian hulu, tengah, dan hilir daerah aliran sungai menjadi dasar dalam pembentukan poligon tertutup dengan menyatukan ketiga titik stasiun.

Titik tengah garis penghubung antara tiga poligon tertutup dihubungkan sehingga terbentuk luas pengaruh masing-masing stasiun curah hujan (Nugroho, 2017). Rumus Polygon Thiessen ditampilkan sebagai berikut.

$$R = R_1 \times F_{t1} + R_2 \times F_{t2} + R_3 \times F_{t3} \dots R_n \times F_{tn} \dots (1)$$

Dimana:

$\bar{R}$  : Curah hujan rata-rata wilayah (mm)

$R_1$  : Curah hujan harian maksimum stasiun 1 (mm)

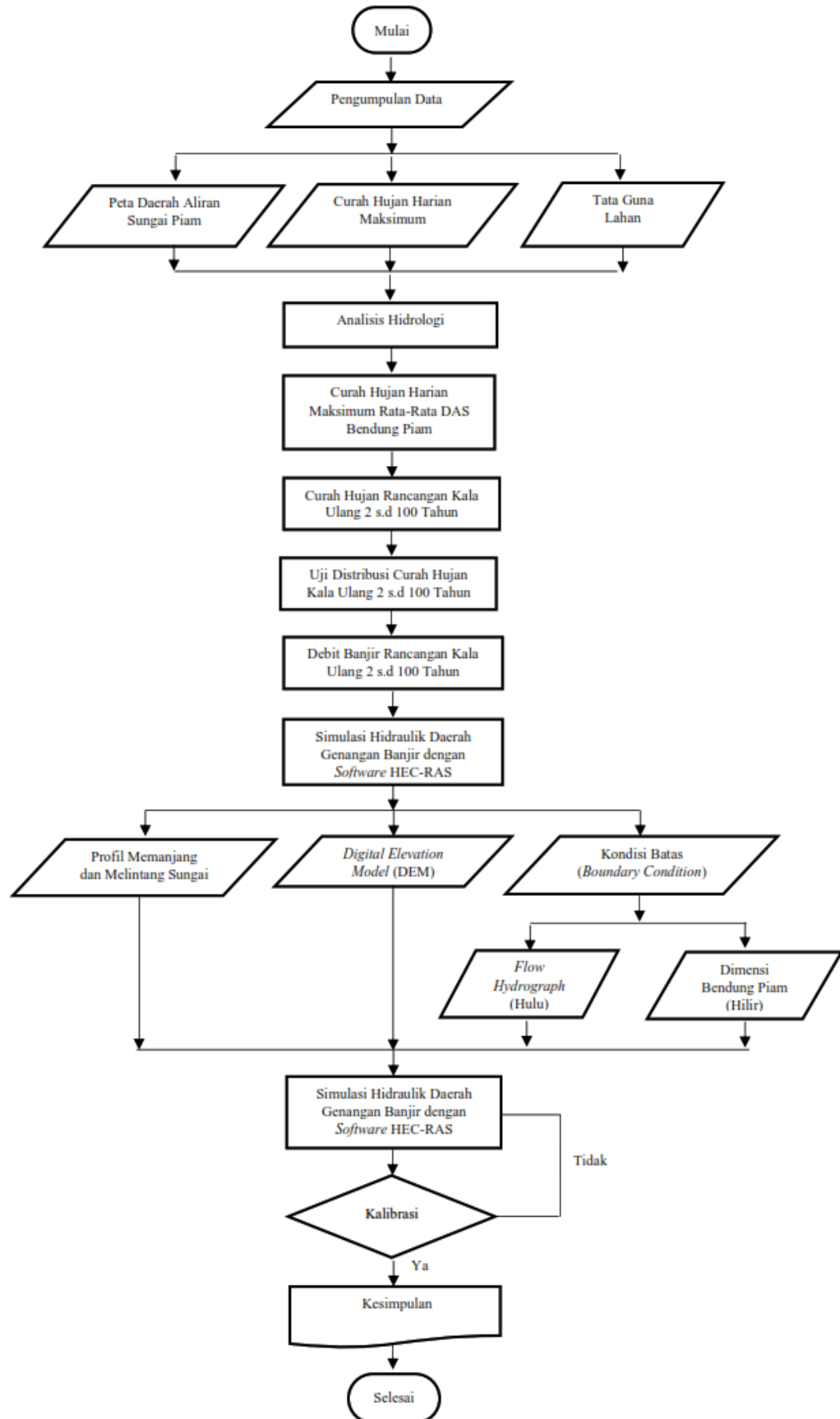
$F_{t1}$  : Faktor Thiessen stasiun 1

$R_2$  : Curah hujan harian maksimum stasiun 2 (mm)

$F_{t2}$  : Faktor Thiessen stasiun 2

$R_3$  : Curah hujan harian maksimum stasiun 3 (mm)

$F_{t3}$  : Faktor thiessen stasiun 3



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

### Analisis curah hujan rancangan kala ulang

Perhitungan curah hujan rancangan kala ulang dilakukan secara statistik menggunakan metode Distribusi Normal, Log Pearson III, dan Gumbel yang sering digunakan dengan hasil perhitungan yang hampir sesuai dengan kondisi di lapangan (Fardiaz et al., 2015). Parameter yang diperhitungkan berdasarkan metode statistik dan probabilitas dalam analisis curah hujan kala ulang 2 hingga 100 tahun yaitu koefisien variasi (Cv), koefisien kurtosis (Ck), dan koefisien skewness (Cs) (Ifiginia, Pudyastuti, Kuswartomo, & Hidayati, 2018). Ketiga parameter koefisien yang dianalisis bertujuan untuk mengetahui kualitas dan persebaran data di wilayah daerah aliran sungai. Rumus untuk perhitungan ketiga koefisien parameter ditampilkan sebagai berikut.

#### a. Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sx}{X} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

Cv : Koefisien variasi

Sx : Standar deviasi

X : Rata-Rata

#### b. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{x \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)S^4} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

Ck : Koefisien kurtosis

$X_i$  : Nilai tengah

X : Rata-Rata

n : Jumlah data

#### c. Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{N}{(n-1)(n-2)S^3} \sum (Xi - \bar{X})^3 \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

$C_s$  : Koefisien skewness

$X_i$  : Nilai tengah

X : Rata-Rata

$S_x$  : Standar deviasi

n : Jumlah data

### Uji kecocokan parameter distribusi curah hujan kala ulang

Hasil analisis curah hujan rancangan kala ulang harus diuji kecocokan sebagai syarat untuk memastikan bahwa nilai tersebut layak digunakan dalam analisis debit banjir rancangan. Uji kecocokan dilakukan menggunakan Metode Chi

Kuadrat dan Sminorv Kolmogorov. Rumus kedua metode tersebut dijelaskan sebagai berikut:

#### a. Uji Chi Kuadrat

$$\chi^2 = (Ei - Oi)^2 / Ei \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

$\chi^2$  : Chi Kuadrat

Ei : Nilai Harapan

Oi : Nilai Observasi

Hasil analisis dibandingkan dengan syarat uji nilai kepercayaan yang ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Syarat Uji Kepercayaan Chi Kuadrat

| $\alpha$ Kepercayaan |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|
| Df                   | 0,1  | 0,5  | 0,25 |
| 1                    | 2,71 | 3,84 | 5,02 |
| 2                    | 4,61 | 5,99 | 7,38 |

Df : (Jumlah Baris-1) x (Jumlah Kolom -1)

#### b. Metode Sminorv Kolmogorov

$$D = P(X<) - P'(X<) \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

D : Distribusi

$P(X<)$  : Nilai Observasi

$P'(X<)$  : Nilai Teori

Hasil analisis dibandingkan dengan syarat uji nilai kepercayaan yang ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2** Syarat Uji Kepercayaan Sminorv Kolmogorov

| $\alpha$ Kepercayaan |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|
| Jumlah Data          | 0,2  | 0,1  | 0,05 | 0,01 |
| 5                    | 0,45 | 0,51 | 0,56 | 0,67 |
| 10                   | 0,32 | 0,37 | 0,41 | 0,49 |
| 15                   | 0,27 | 0,30 | 0,34 | 0,40 |
| 20                   | 0,23 | 0,36 | 0,29 | 0,36 |

### Analisis Debit Banjir Rencana DAS Bendung Piam

Metode yang digunakan dalam analisis debit banjir rencana kala ulang adalah Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu, dengan parameter dasar perhitungan yang meliputi luas daerah tangkapan (*catchment area*), tata guna lahan, koefisien pengaliran, dan panjang sungai utama. Rumus debit banjir rencana HSS Nakayasu ditampilkan sebagai berikut (Maulana & Sutopo, 2020).

a. Debit Puncak ( $Q_p$ )

$$Q_p = 1/3,6 \times A \times R_o \times (1/0,3 \times t_p + t_{0.3}) \dots \dots \dots (7)$$

Dimana:

$Q_p$  : Debit puncak ( $m^3/det$ )

$A$  : Luas Daerah Aliran Sungai ( $km^2$ )

$T_p$  : Waktu Puncak (jam)

$T_{0.3}$  : Waktu saat debit sama dengan 0.3 kali debit puncak (jam)

$R_o$  : Curah hujan (mm)

b. Waktu Kelambatan (time lag)

$$T_g = 0,4 + 0,058 \times L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km} \dots \dots \dots (8)$$

$$T_g = 0,21 \times L^{0.7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km} \dots \dots \dots (9)$$

Dimana:

$T_g$  : Waktu kelambatan (jam)

$L$  : Panjang sungai utama (km)

c. Waktu puncak (peak time)

$$T_p = t_g + 0,8 T_r \dots \dots \dots (10)$$

Dimana:

$T_p$  : Waktu puncak (jam)

$T_g$  : Waktu kelambatan (jam)

$T_r$  : Durasi hujan =  $0,5 t_g \text{ s/d } 1 t_g \text{ (jam)}$

d. Waktu saat debit sama dengan 0,3 kali debit puncak

$$t_{0.3} = \alpha \times t_g \dots \dots \dots (11)$$

Dimana:

$\alpha$  : Koefisien limpasan

Koefisien limpasan di sekitar Daerah Aliran Sungai bangkatan yaitu 0,3.

$t_g$  : Waktu kelambatan (jam)

Analisis hidraulika bertujuan untuk mengetahui sebaran daerah genangan banjir akibat adanya pembangunan Bendung Piam di bagian hilir sungai. Pemodelan sebaran daerah genangan banjir dilakukan melalui simulasi dua dimensi menggunakan *Software* HEC RAS (Kalra et al., 2021). Data utama berupa peta elevasi kontur DAS Bendung Piam yang diperoleh dari DEMNAS (Desalegn & Mulu, 2021). Peta ini, di-generate di HEC-RAS, menggambarkan profil memanjang dan melintang sungai (koordinat x, y, dan elevasi z). Berikut tahapan simulasi pemodelan dengan *Software* HEC RAS:

1. Pembuatan *new project*;
2. Input data elevasi kontur wilayah lokasi penelitian yang diperoleh dari DEMNAS

dalam bentuk *Terrain* melalui GIS Tools RAS Mapper;

3. *Create 2D flow area* yang menjadi batasan wilayah lokasi penelitian dan nilai koefisien kekasaran manning;
4. *Create* kondisi batas yang menjadi batasan hulu dan hilir;
5. *Create breaklines* alur sungai yang meliputi badan sungai dan tebing sungai;
6. Input data kondisi batas di hulu sungai dan hilir;
7. *Run unsteady flow analysis*;
8. *View results*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Hidrologi

#### 1. Analisis Curah Hujan Rata-Rata Harian Maksimum

Analisis curah hujan rata-rata harian maksimum di Daerah Aliran Sungai (DAS) Bendung Piam dilakukan dengan menggunakan Metode Polygon Thiessen. Metode ini digunakan untuk memperhitungkan kontribusi curah hujan dari beberapa stasiun penakar terhadap keseluruhan area tangkapan air, yang memiliki luas  $\pm 124,29 \text{ km}^2$ . Dalam analisis ini, digunakan data dari tiga stasiun penakar curah hujan yang mewakili wilayah hulu, tengah, dan hilir, yaitu Stasiun Kutambaru, Tanjung Langkat, dan Serapit. Luas pengaruh masing-masing stasiun terhadap DAS dihitung berdasarkan batasan poligon yang dibentuk dari garis tengah antara stasiun-stasiun tersebut. Hasil luas pengaruh dan faktor Thiessen yang diperoleh ditampilkan pada Gambar 3 dan Tabel 3.

**Tabel 3** Luas Pengaruh Stasiun Penakar Curah Hujan DAS Bendung Piam

| Stasiun     | Luas ( $km^2$ ) | Faktor Thiessen |
|-------------|-----------------|-----------------|
| Kutambaru   | 85,057          | 0,68            |
| Tjg Langkat | 13,337          | 0,11            |
| Serapit     | 25,896          | 0,21            |
| Total       | 124,29          | 1               |

Berdasarkan hasil analisis Metode Polygon Thiessen, menunjukkan bahwa luas pengaruh stasiun curah hujan yang paling luas dan berpengaruh terhadap Daerah Aliran Sungai Bendung Piam adalah Stasiun Curah Hujan Kutambaru, sedangkan luasan yang paling kecil adalah Stasiun Curah Hujan Tanjung Langkat. Luas pengaruh masing-masing stasiun curah hujan digunakan untuk menghitung curah hujan harian maksimum rata-rata DAS Bendung Piam yang ditampilkan pada Tabel 4.

**Tabel 4** Nilai Rata-rata Curah Hujan Harian Maksimum DAS Bendung Piam (mm)

| No   | Serapit | Tjg Langkat | Kutambaru | Rata - Rata |
|------|---------|-------------|-----------|-------------|
| 2011 | 129     | 174         | 128       | 133,14      |
| 2012 | 121     | 161         | 126       | 128,71      |
| 2013 | 120     | 137         | 96        | 105,40      |
| 2014 | 115     | 126         | 85        | 95,65       |
| 2015 | 115     | 125         | 79        | 91,44       |
| 2016 | 106     | 117         | 75        | 85,97       |
| 2017 | 91      | 111         | 70        | 78,77       |
| 2018 | 90      | 96          | 67        | 74,90       |
| 2019 | 84      | 92          | 60        | 68,43       |
| 2020 | 72      | 90          | 50        | 58,88       |

**Tabel 5** Nilai Paramater Koefisien Distribusi Curah Hujan Kala Ulang DAS Bendung Piam

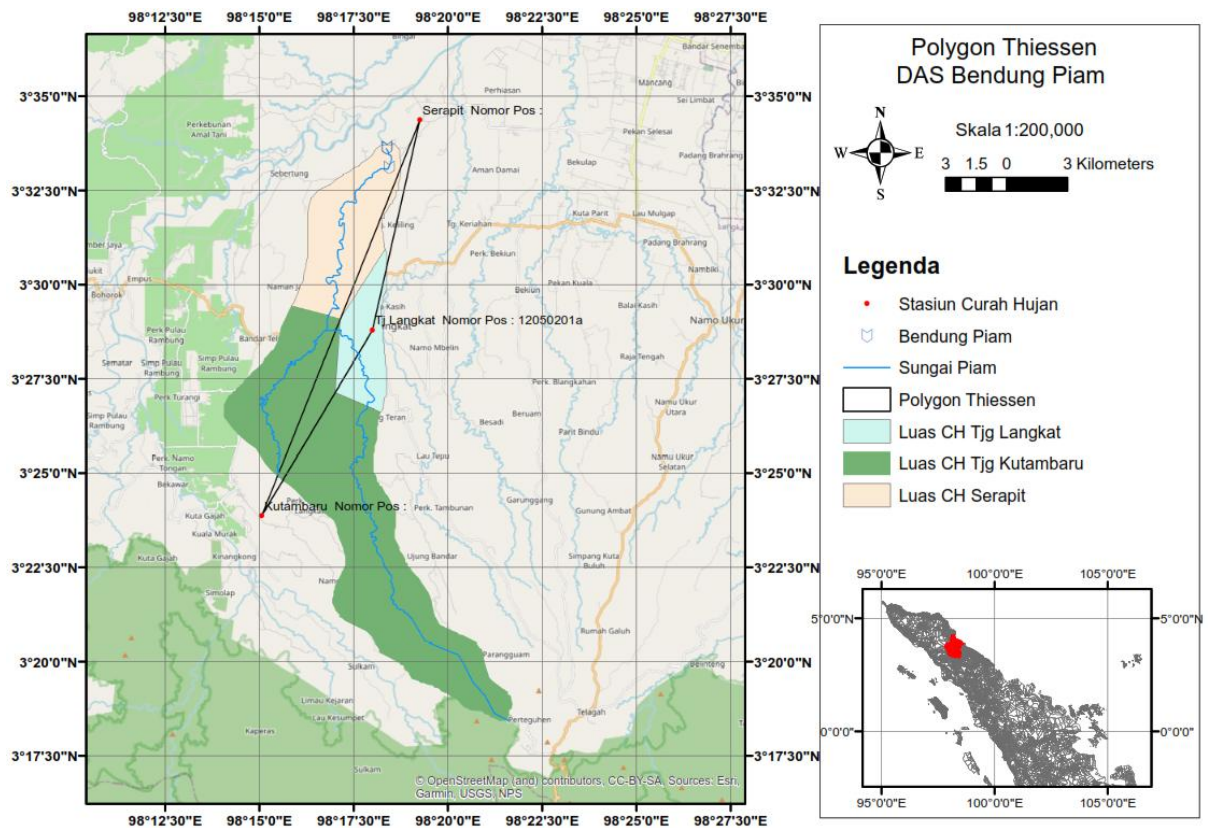
| Nilai Parameter | Metode |            |                |        |
|-----------------|--------|------------|----------------|--------|
|                 | Normal | Log Normal | Log Person III | Gumbel |
| Cs              | 0,593  | 0,797      | 0,593          | 0,593  |
| Ck              | 2,444  | 2,444      | 2,444          | 2,444  |
| Cv              | 0,266  | 0,266      | 0,266          | 0,266  |

**Tabel 6** Curah Hujan Rancangan Kala Ulang DAS Bendung Piam (mm)

| Periode Ulang | Metode |            |                |        |
|---------------|--------|------------|----------------|--------|
| Tahun         | Normal | Log Normal | Log Person III | Gumbel |
| 2             | 92,13  | 89,31      | 88,98          | 88,79  |
| 5             | 112,69 | 111,31     | 111,22         | 118,30 |
| 10            | 123,45 | 124,92     | 125,25         | 137,84 |
| 25            | 133,93 | 139,75     | 141,63         | 162,53 |
| 50            | 142,30 | 152,85     | 154,75         | 180,84 |
| 100           | 149,15 | 164,49     | 164,79         | 199,03 |

## 2. Analisis curah hujan rencana kala ulang

Curah hujan rencana kala ulang dianalisis berdasarkan statistik probabilitas menggunakan metode distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbel (Upomo & Kusumawardani, 2016). Hasil perhitungan nilai parameter koefisien dan besarnya curah hujan kala ulang ditampilkan pada Tabel 5 dan Tabel 6.



**Gambar 3** Polygon Thiessen DAS Bendung

### 3. Uji Parameter Distribusi

Hasil analisis koefisien distribusi curah hujan rancangan kala ulang yang menggunakan empat metode diuji berdasarkan syarat distribusi (Tabel 3), dengan nilai koefisien parameter yang ditampilkan pada Tabel 7.

**Tabel 7** Uji Syarat Parameter Distribusi

| Jenis Sebaran   | Syarat |        | Perbandingan |       |
|-----------------|--------|--------|--------------|-------|
|                 | Cs     | Ck     | Cs           | Ck    |
| Normal (Gauss)  | =0     | =3     | No Ok        | No Ok |
| Log Normal      | =3 Cv  | =3     | OK           | OK    |
| Log Pearson III | ≠0     | =3.889 | OK           | No Ok |
| Gumbel          | < 1,13 | <5,40  | OK           | OK    |

Berdasarkan hasil di atas menunjukkan bahwa nilai koefisien curah hujan kala ulang dengan metode Gumbel memenuhi syarat uji distribusi dan dapat digunakan sebagai dasar dalam analisis debit banjir.

### 4. Uji Kecocokan Parameter Distribusi

Besarnya curah hujan rancangan kala ulang yang terpilih harus diuji kecocokan datanya dengan hasil pengamatan menggunakan metode Chi Square Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov. Hasil analisis uji kecocokan parameter distribusi curah hujan rancangan kala ulang dijelaskan sebagai berikut.

- Uji Chi Square Kuadrat  
Uji Chi Square Kuadrat merupakan pengujian terhadap perbedaan antara data sampel dan distribusi probabilitas. Nilai

hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai Chi Kritis dengan persentase tingkat kepercayaan yang ditampilkan pada Tabel 8.

**Tabel 8** Hasil Perhitungan Uji Chi Square Kuadrat

| No | Kemungkinan        | Ei | Oi | (Ei-Oi) <sup>2</sup> | $\chi^2 = (Ei-Oi)^2/Ei$ |
|----|--------------------|----|----|----------------------|-------------------------|
| 1  | > 123,86           | 2  | 2  | 0                    | 0                       |
| 2  | 86,73 < x < 105,29 | 2  | 3  | 1                    | 0,5                     |
| 3  | 68,16 < x < 86,73  | 2  | 3  | 1                    | 0,5                     |
| 4  | 49,59 < x < 68,16  | 2  | 2  | 0                    | 0                       |
| 5  | < 49,59            | 2  | 0  | 0                    | 0                       |
|    |                    | 10 | 10 |                      | 1                       |

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwasanya nilai Chi Square Kuadrat yaitu 1 dan dibandingkan dengan nilai Chi Kritis berdasarkan tingkat kepercayaan 95% derajat kesalahan 5% diperoleh 3,841. Perbandingan nilai Chi Square Kuadrat dengan Chi Kritis yaitu  $1 < 3,841$ , sehingga nilai curah hujan rancangan kala ulang dengan Distribusi Gumbel memenuhi syarat.

- Uji Smirnov Kolmogorov  
Uji Smirnov Kolmogorov dilakukan dengan membandingkan fungsi distribusi empiris dengan fungsi distribusi yang terdapat pada tabel uji Smirnov Kolmogorov (Sivajothi, Karthikeyan, & Sarkar, 2018). Hasil perhitungan uji kecocokan data distribusi curah hujan kala ulang Gumbel dengan metode Smirnov Kolmogorov ditampilkan pada Tabel 9.

**Tabel 9** Hasil Perhitungan Uji Metode Smirnov Kolmogorov

| No | Curah Hujan Max (mm) $X_i$ | m  | $P(X) = \frac{m}{N+1}$ | $P(X <)$ | $k = \frac{X - \bar{X}}{S_x}$ | $P'(X) = \frac{m}{N-1}$ | $P'(X <)$ | $D = P(X <) - P'(X <)$ |
|----|----------------------------|----|------------------------|----------|-------------------------------|-------------------------|-----------|------------------------|
| 1  | 133,14                     | 1  | 0,091                  | 0,909    | 1,676                         | 0,111                   | 0,952     | 0,042                  |
| 2  | 128,71                     | 2  | 0,182                  | 0,818    | 1,495                         | 0,222                   | 0,932     | 0,114                  |
| 3  | 105,40                     | 3  | 0,273                  | 0,727    | 0,542                         | 0,333                   | 0,705     | 0,022                  |
| 4  | 95,65                      | 4  | 0,364                  | 0,636    | 0,144                         | 0,444                   | 0,556     | 0,081                  |
| 5  | 91,44                      | 5  | 0,455                  | 0,545    | -0,028                        | 0,556                   | 0,496     | 0,049                  |
| 6  | 85,97                      | 6  | 0,545                  | 0,455    | -0,252                        | 0,667                   | 0,401     | 0,053                  |
| 7  | 78,77                      | 7  | 0,636                  | 0,364    | -0,546                        | 0,778                   | 0,291     | 0,072                  |
| 8  | 74,90                      | 8  | 0,727                  | 0,273    | -0,704                        | 0,889                   | 0,242     | 0,031                  |
| 9  | 68,43                      | 9  | 0,818                  | 0,182    | -0,968                        | 1,000                   | 0,166     | 0,016                  |
| 10 | 58,88                      | 10 | 0,909                  | 0,091    | -1,359                        | 1,111                   | 0,087     | 0,004                  |

Hasil uji kecocokan distribusi curah hujan dengan metode Gumbel memberikan nilai maksimum distribusi ( $D_{max}$ ) sebesar 0,114 dengan nilai  $D_{kritis}$  berdasarkan tingkat kepercayaan 95% derajat kesalahan 5% yaitu 0,41. Perbandingan nilai  $D_{max}$  dengan  $D_{kritis}$  menunjukkan bahwa  $D_{max} < D_{kritis}$ ;  $0,114 < 0,41$  sehingga nilai curah hujan rancangan kala ulang distribusi Gumbel memenuhi syarat.

##### 5. Analisis Debit Banjir Bendung Piam

Debit banjir rancangan kala ulang dilakukan dengan Metode HSS Sintetis Nakayasu yang diperhitungkan berdasarkan input data parameter unit hidrograf HSS Sintetis Nakayasu yang ditampilkan pada Tabel 10. Hasil parameter unit HSS Sintetis Nakayasu menghasilkan debit puncak  $Q_p$  dengan curah hujan spesifik 1 mm yaitu 1,445 m<sup>3</sup>/s dengan waktu puncak  $T_p = 5,28$  jam. Intensitas curah hujan jam-jaman dengan distribusi curah hujan rancangan kala ulang ditampilkan pada Tabel 11. Perhitungan intensitas curah hujan kala ulang jam-jaman dilakukan dengan rumus unit hidrograf HSS Nakayasu, berdasarkan waktu keterlambatan (*lag time*), waktu puncak (*peak time*), dan waktu turun ditampilkan pada Gambar 4. Hasil analisis debit banjir rencana DAS Bendung Sungai Piam menunjukkan bahwa besarnya debit banjir rancangan kala ulang 2 tahun berada di 129,74 m<sup>3</sup>/det dan kala ulang 100 tahun berada di 239,66 m<sup>3</sup>/det.

**Tabel 10** Input Parameter Unit Hidrograf HSS Sintetis Nakayasu DAS Bendung Sungai Piam

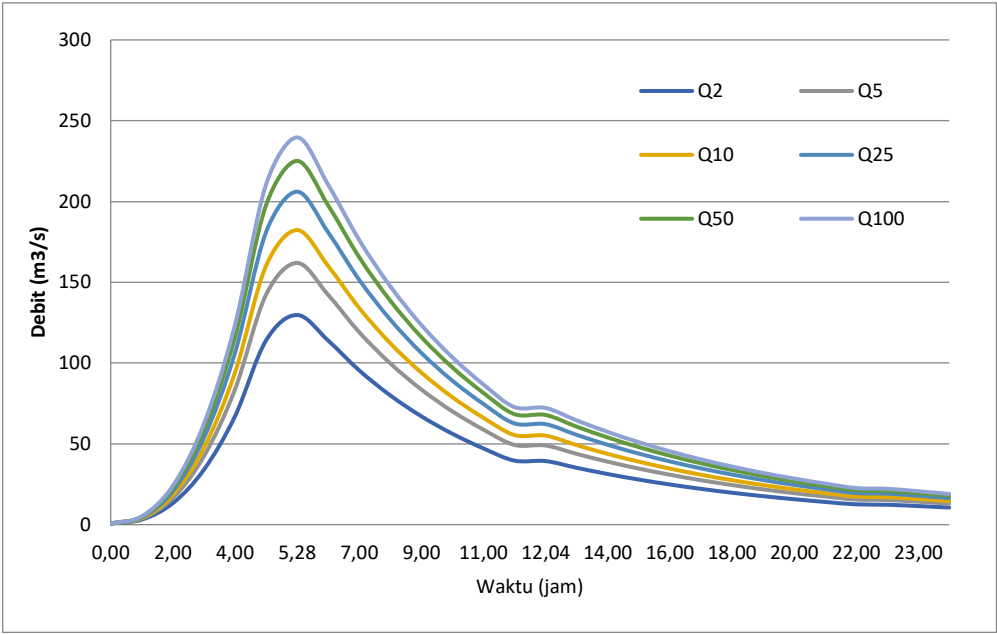
| No | Parameter Unit Hidrograf                      |
|----|-----------------------------------------------|
| 1  | Panjang sungai/saluran (L)                    |
|    | L = 53,000 km                                 |
| 2  | Luas DAS                                      |
|    | $F_{DAS} = 124,290 \text{ km}^2$              |
| 3  | Koef. Pengaliran DAS                          |
|    | $CW_{DAS} = 0,35$                             |
| 4  | Time tag (Tg)                                 |
|    | Tg = 3,382 jam                                |
|    | Syarat:                                       |
|    | $L > 15 \text{ km}; T_g = 0,21L^{0,7}$        |
|    | $L < 15 \text{ km}; T_g = 0,4 + 0,058L$       |
| 5  | Satuan waktu hujan (tr)                       |
|    | Tr = 2,368 jam                                |
|    | Syarat:                                       |
|    | Tr = 0,5 tg s.d 1,0 tg                        |
| 6  | Peak time (Tp)                                |
|    | $T_p = T_g + 0,8 \cdot tr = 5,28 \text{ jam}$ |
| 7  | Parameter hidrograf                           |
|    | Parameter alfa (a) = 2                        |
|    | $T_{0,3} = 6,76 \text{ jam}$                  |
|    | $0,5T_{0,3} = 3,38 \text{ jam}$               |
|    | $1,5T_{0,3} = 10,15 \text{ jam}$              |
|    | $2,0T_{0,3} = 13,53 \text{ jam}$              |
| 8  | Curah hujan spesifik ( $R_0$ )                |
|    | $R_0 = 1 \text{ mm}$                          |
| 9  | Debit puncak                                  |
|    | $Q_p = 1,45 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$   |
| 10 | Base flow                                     |
|    | $Q_b = 0,72 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$   |

**Tabel 10** Intensitas Curah Hujan Kala Ulang DAS Piam

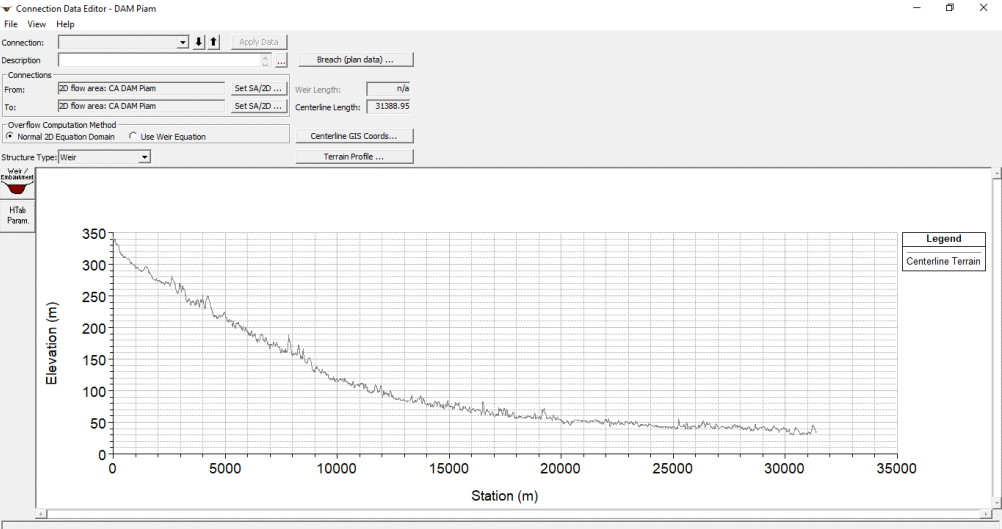
| Perioda ulang Tahun | Curah hujan mm | Nisbah Jam ke- (%) |     |     |    |    |    | Intensitas Curah Hujan Jam ke- |       |       |       |       |       |
|---------------------|----------------|--------------------|-----|-----|----|----|----|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     |                | 1                  | 2   | 3   | 4  | 5  | 6  | 1                              | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 2                   | 88,98          | 55%                | 15% | 11% | 7% | 7% | 5% | 48,94                          | 13,35 | 9,79  | 6,23  | 6,23  | 4,45  |
| 5                   | 111,22         | 55%                | 15% | 11% | 7% | 7% | 5% | 61,17                          | 16,68 | 12,23 | 7,79  | 7,79  | 5,56  |
| 10                  | 125,25         | 55%                | 15% | 11% | 7% | 7% | 5% | 68,89                          | 18,79 | 13,78 | 8,77  | 8,77  | 6,26  |
| 25                  | 141,63         | 55%                | 15% | 11% | 7% | 7% | 5% | 77,90                          | 21,24 | 15,58 | 9,91  | 9,91  | 7,08  |
| 50                  | 154,75         | 55%                | 15% | 11% | 7% | 7% | 5% | 85,11                          | 23,21 | 17,02 | 10,83 | 10,83 | 7,74  |
| 100                 | 164,79         | 55%                | 15% | 11% | 7% | 7% | 5% | 90,63                          | 24,72 | 18,13 | 11,54 | 11,54 | 8,24  |
| 1000                | 207,38         | 55%                | 15% | 11% | 7% | 7% | 5% | 114,06                         | 31,11 | 22,81 | 14,52 | 14,52 | 10,37 |

Waktu puncak banjir yaitu 5,28 jam hingga kembali kepada waktu normal yaitu 12,04 jam. Pemilihan debit banjir rancangan kala ulang yang digunakan untuk simulasi pemodelan ekstrem yaitu debit banjir rancangan kala ulang 100 tahun. Hasil penggambaran profil memanjang Sungai Piam berdasarkan DEMNAS memberikan informasi bahwa elevasi dasar penampang sungai utama bagian hulu berada di elevasi +342,70 m, anak sungai berada di elevasi +160 m, dan bagian hilir berada di elevasi +26 m. Penggambaran melintang

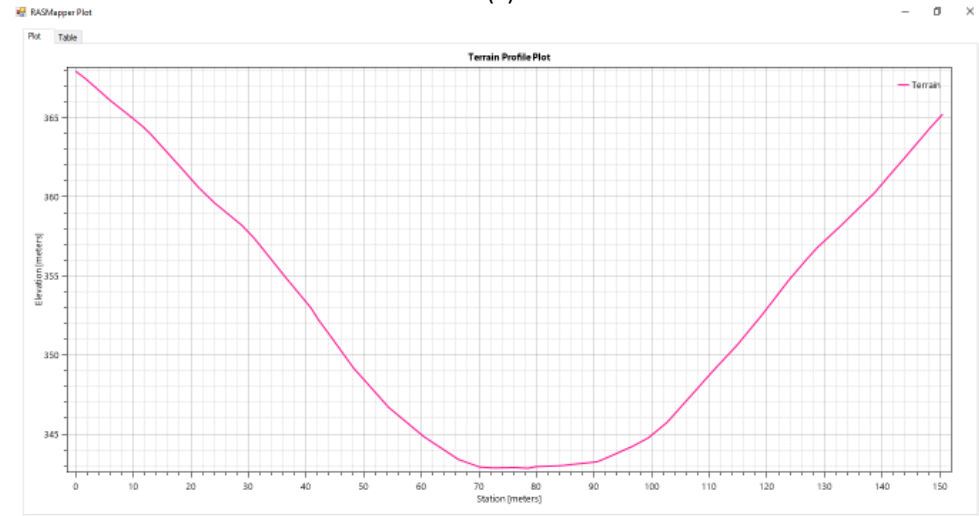
sungai yang berada di bagian hulu, tengah, dan hilir menunjukkan lebar penampang sungai di bagian hulu sekitar 17 m, bagian tengah sekitar 20 m, dan bagian hilir sekitar 25 m. Titik lokasi Bendung Sungai Piam berada di elevasi dasar 26 m dan elevasi top mercu berada di 46,5 m yang berjarak lebih kurang 1 km dari pertemuan (*Junction*) dengan Sungai Wampu. Bentuk profil memanjang dan melintang sungai hasil penggambaran berdasarkan data DEMNAS ditampilkan pada Gambar 5.



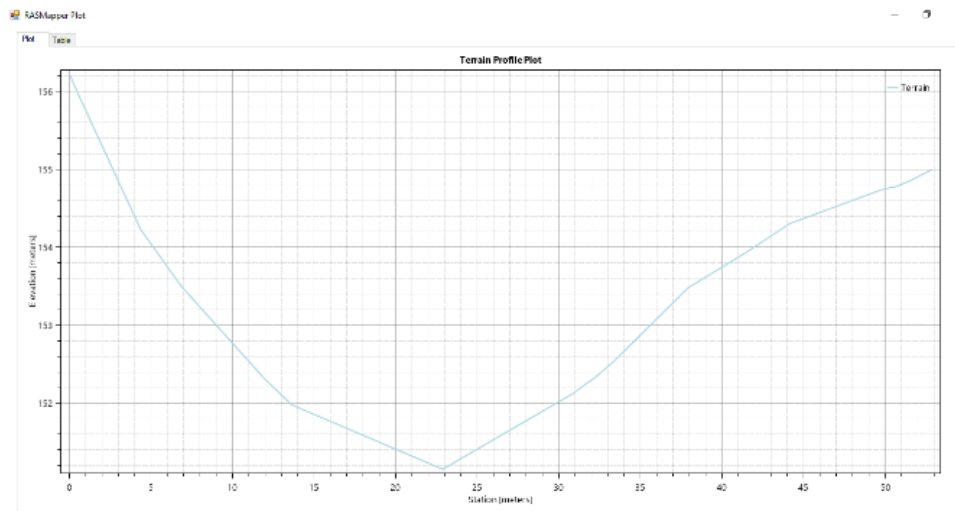
Gambar 4 Grafik Debit Banjir Rancangan Kala Ulang DAS Bendung Sungai Piam



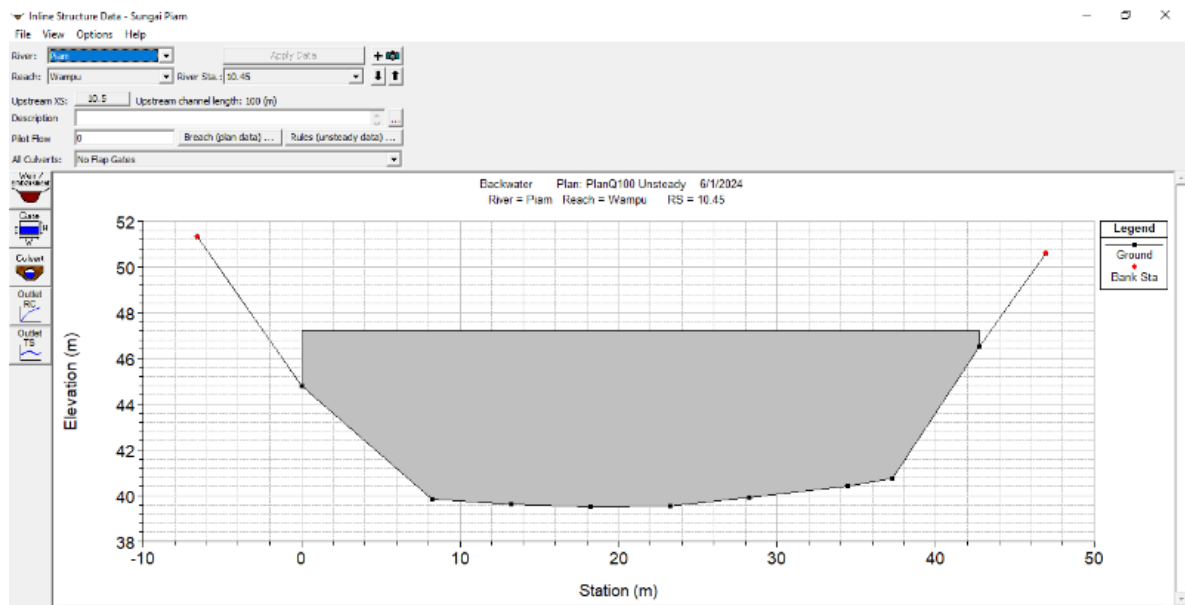
(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 5** Profil Memanjang (a) dan Melintang Sungai di bagian Hulu Sungai Utama dan Anak Sungai (b), (c), dan Posisi Bendung (d).

Hasil simulasi pemodelan daerah genangan banjir berdasarkan debit banjir rancangan kala ulang 100 tahun dengan adanya bendung ditampilkan pada Gambar 6. Berdasarkan peta gambar hasil simulasi pemodelan, menunjukkan daerah genangan banjir rancangan kala ulang 100 tahun akibat adanya Bendung di bagian hilir Sungai Piam mengakibatkan terjadinya luas genangan mencapai 3,9 Km<sup>2</sup>.

Dataran banjir yang menggenangi di bagian kiri dan kanan penampang sungai mencapai 300 m s.d 500 m. Wilayah yang terkena dampak di bagian hulu akibat adanya aliran balik mencapai 3 Km dari titik lokasi bendung dengan variasi elevasi muka air banjir. Pengaruh aliran balik mengakibatkan kenaikan muka air banjir maksimum dari lokasi bendung mencapai peningkatan setinggi 3 m dan

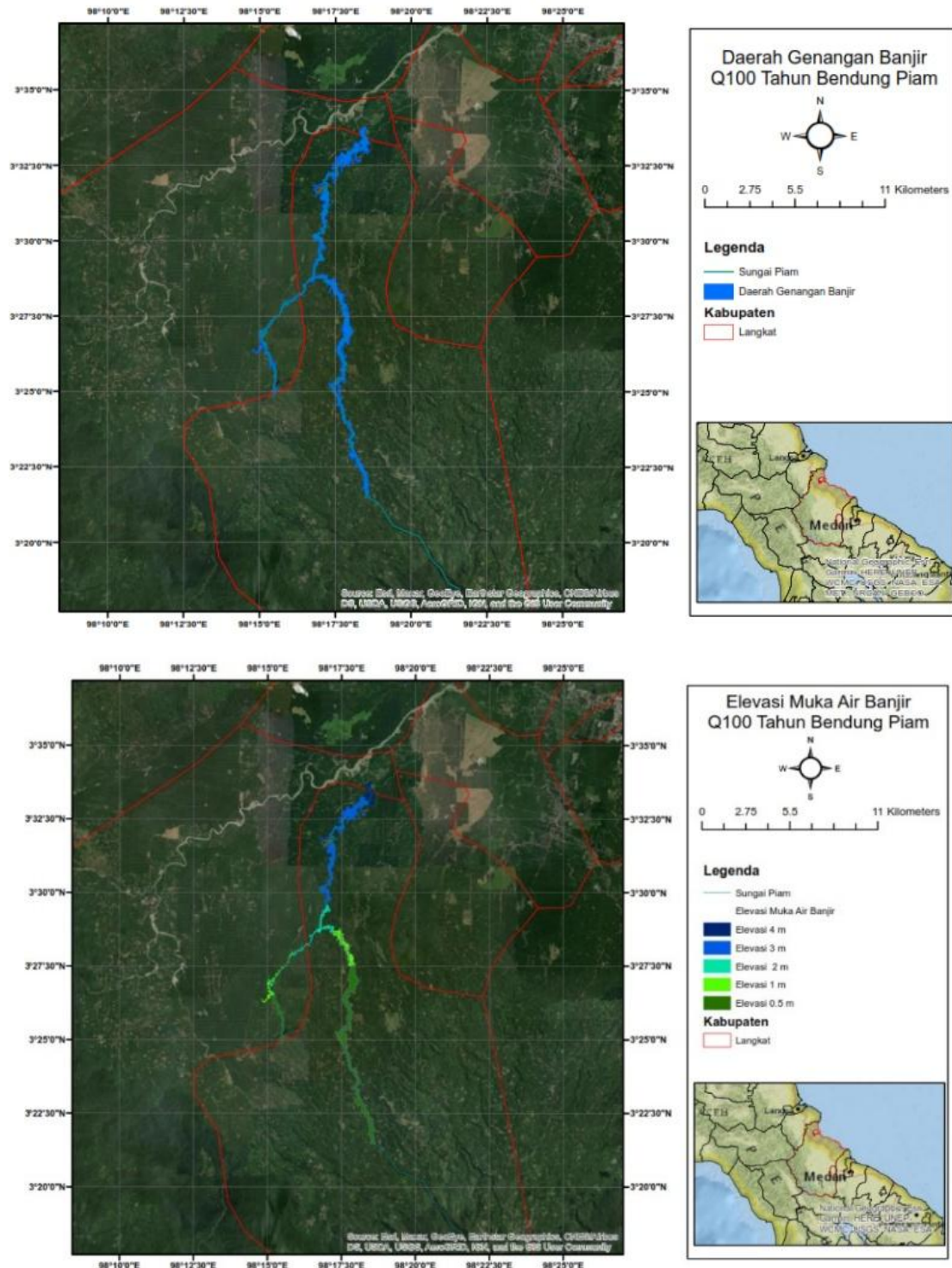
mengalami penurunan hingga kembali ke muka air normal sebesar 1 m pada bagian hulu sungai. Peta sebaran elevasi muka air banjir akibat debit banjir berkala ulang 100 tahun dengan adanya bendung di bagian hulu ditampilkan pada Gambar 7. Ketinggian muka air di wilayah dataran banjir bervariasi antara 3 m s.d 1 m yang dipengaruhi oleh adanya elevasi kontur lahan yang cenderung semakin tinggi.

#### Kalibrasi Hasil Simulasi

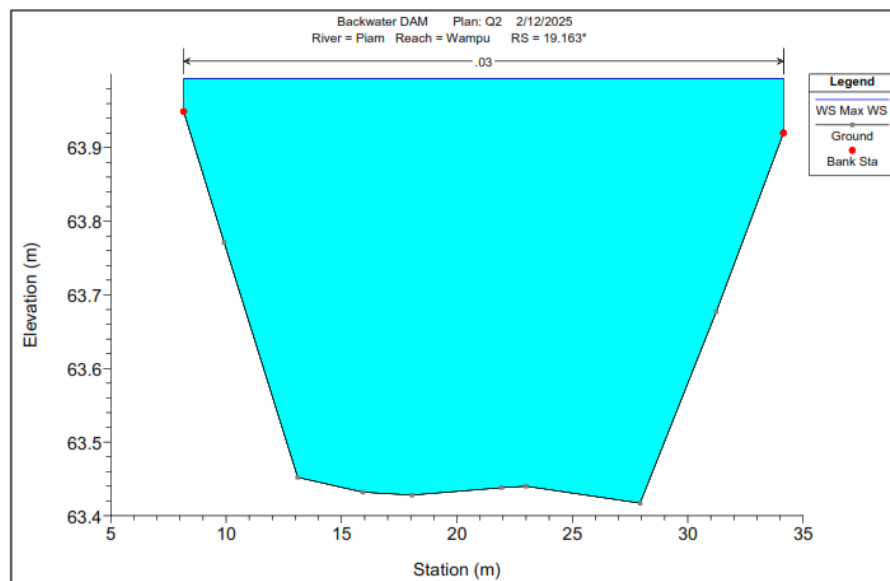
Kalibrasi dilakukan untuk memastikan hasil simulasi pemodelan mencerminkan kondisi aktual di lapangan dengan mengevaluasi kapasitas penampang sungai. Metode kalibrasi dilakukan melalui pengamatan muka air pada saat volume air maksimum di penampang sungai atau disebut *full bank capacity* (Jiang, Westphal Christensen, & Bauer-Gottwein, 2021). Data input kondisi batas

yang digunakan untuk kalibrasi yaitu debit banjir rancangan kala ulang 2 tahun, yang kerap terjadi dalam kurun waktu satu tahun atau disebut dengan banjir tahunan. Hasil simulasi kalibrasi kapasitas penampang sungai ditampilkan pada Gambar 9. Kondisi penampang sungai dengan debit banjir rancangan kala ulang 2 tahun menunjukkan elevasi

muka air meluap dari penampang sungai. Ketinggian muka air yang meluap mencapai 10 cm dari tebing sungai dan menggenangi dataran di sekitar penampang sungai. Hasil simulasi kalibrasi menunjukkan bahwa analisa debit banjir rancangan dengan simulasi sudah mendekati kondisi nyata di lapangan.



Gambar 6 Peta Daerah Genangan Banjir Kala Ulang 100 Tahun DAS Bendung Piam



**Gambar 7** Peta Elevasi Muka Air Banjir Maksimum Kala Ulang 100 Tahun DAS Bendung Piam

## KESIMPULAN

Pemodelan daerah genangan banjir dengan debit banjir kala ulang 100 tahun yaitu sebesar 239,66 m<sup>3</sup>/s akibat adanya bendung Sungai Piam mengakibatkan luas genangan banjir mencapai 390,21 ha. Tinggi muka air banjir maksimum berada di ketinggian 3 m yang meluap dari tebing sungai dan menggenangi dataran hingga mencapai 500 m dari tebing sungai. Daerah genangan banjir maksimum terjadi sepanjang lebih kurang 3 km ke bagian hulu akibat adanya aliran balik dari lokasi bendung.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan diberikan kepada semua pihak yang telah mendukung pembuatan artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, A. (2020). Uji BAKTERI Escherichia Coli PADA AIR SUNGAI PIAM DI KECAMATAN SIRAPIT KABUPATEN LANGKAT. *KLOROFIL: Jurnal Ilmu Biologi Dan Terapan*, 4(1), 6. <https://doi.org/10.30821/kfl:jibt.v4i1.6884>
- Aslam, & Lasminto, U. (2020). 2D numerical modeling of the Jeneberang River Flood due to the overflow of the Bili-Bili Dam. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 930(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/930/1/012071>
- Desalegn, H., & Mulu, A. (2021). Mapping flood inundation areas using GIS and HEC-RAS model at Fetam River, Upper Abbay Basin, Ethiopia. *Scientific African*, 12, e00834. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00834>
- Fahlevi, R. (2023). Produksi Padi di Langkat Menurun. *Dinas Pertanian Dan Ketahanan Pangan Kab. Langkat*, pp. 1–5.
- Fardiaz, D. K., Purwitaningtyas, R., Wahyuni, S. E., Kodoatie, R. J., Sipil, J. T., Teknik, F., ... Rencana, D. B. (2015). *Evaluasi Fungsi Bendung dan Perencanaan Kembali Bendung Katulampa*. 4, 546–560.
- Fauzi, I. (2023). Sirapit Langkat Minim Irigasi. *ANTARA NEWS*, pp. 1–12.
- Hatta, M. P., Fadlin, F., Harun, R., Elfita, Y., & Renreng, I. (2021). Application of 2D numerical simulation for the analysis of July 2020 North Luwu flood. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 841(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/841/1/012028>
- Ifignia, Pudyastuti, P. S., Kuswartomo, & Hidayati, N. (2018). The analysis of backwater impact on the increasing of floodwater level in Palu River. *AIP Conference Proceedings*, 1977(June). <https://doi.org/10.1063/1.5043011>
- Jiang, L., Westphal Christensen, S., & Bauer-Gottwein, P. (2021). Calibrating 1D hydrodynamic river models in the absence of cross-section geometry using satellite observations of water surface elevation and river width. *Hydrology and Earth System Sciences*, 25(12), 6359–6379. <https://doi.org/10.5194/hess-25-6359-2021>
- Jung, Y., Kim, D., Kim, D., Kim, M., & Lee, S. O. (2014). Simplified flood inundation mapping based on flood elevation-discharge rating curves using satellite images in gauged watersheds. *Water*

- (Switzerland), 6(5), 1280–1299.  
<https://doi.org/10.3390/w6051280>
- Kalra, A., Joshi, N., Baral, S., Pradhan, S. N., Mambepa, M., Paudel, S., ... Gupta, R. (2021). Coupled 1D and 2D HEC-RAS floodplain modeling of pecos river in New Mexico. *World Environmental and Water Resources Congress 2021: Planning a Resilient Future along America's Freshwaters - Selected Papers from the World Environmental and Water Resources Congress 2021*, (October), 165–178.  
<https://doi.org/10.1061/9780784483466.016>
- Leilany, L., & Arsyad, N. (2024). *Analysis of River Capacity Rainfall on The Watershed in Village Galapuang Ulakan Region*. 11(1), 318–324.
- Luo, P., Mu, D., Xue, H., Ngo-Duc, T., Dang-Dinh, K., Takara, K., ... Schladow, G. (2018). Flood inundation assessment for the Hanoi Central Area, Vietnam under historical and extreme rainfall conditions. *Scientific Reports*, 8(1), 1–11.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-30024-5>
- Maulana, N. K., & Sutopo, Y. (2020). Design Flood Discharge of 50 Years in Garang River Using Nakasayu Synthetic Unit Hydrograph Method. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 22(2), 146–151. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v22i2.26847>
- Mohammed Al-Khateeb, H. M., Sahib, J. H., & Hasan Al-Yasiri, H. H. (2019). An experimental study of flow over V-shape crump weir crest. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 584(1).  
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/584/1/012060>
- Nut, N., & Plermkamon, V. (2015). Floodplain mapping using HEC - RAS and GIS in Nam Phong River Basin, Thailand. *International Journal of Environmental and Rural Development*, 6(1), 153–158.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.32115/ijerd.6.1\\_153](https://doi.org/https://doi.org/10.32115/ijerd.6.1_153)
- Rizaldi, A., Farid, M., Riyando Moe, I., & Kendra, H. (2020). Study on flow regime change due to weir construction plan in Batang Asai River, Sarolangun, Province of Jambi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 437(1).  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/437/1/012012>
- Sitepu, R. Y. (2021). Analisis Pertumbuhan Sektor Pertanian Di Kabupaten Langkat. *Tesis*, 6(2), 82–81.
- Sivajothi, R., Karthikeyan, K., & Sarkar, B. (2018). Analysis of precipitation pattern using various stochastic distributions in Karnataka state, India. *Journal of Physics: Conference Series*, 1139(1).  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1139/1/012074>
- Sudarno, S. (2019). Tinjauan Ulang Desain Bendung Pleret Terhadap Pengambilan Air Irigasi Saluran Induk Progomanggis Magelang. *Jurnal Teknik Sipil*, 26(2), 157.  
<https://doi.org/10.5614/jts.2019.26.2.8>
- Thu Ha, D. T., Kim, S. H., & Bae, D. H. (2020). Impacts of upstream structures on downstream discharge in the transboundary imjin river basin, Korean Peninsula. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(9).  
<https://doi.org/10.3390/app10093333>
- Upomo, T. C., & Kusumawardani, R. (2016). Pemilihan Distribusi Probabilitas Pada Analisa Hujan Dengan Metode Goodness of Fit Test. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 18(2), 139–148.  
<https://doi.org/10.15294/jtsp.v18i2.7480>
- Vanishree, B. R., & Manjula, R. (2018). Analysis of various parameters affecting weir design and fabrication of Weirs: An Overview. *MATEC Web of Conferences*, 144, 1–15.  
<https://doi.org/10.1051/mateconf/201714401006>
- Vashist, K., & Singh, K. K. (2023). HEC-RAS 2D modeling for flood inundation mapping: a case study of the Krishna River Basin. *Water Practice and Technology*, 18(4), 831–844.  
<https://doi.org/10.2166/wpt.2023.048>
- Yahya, I. M., Juwono, P. T., & Asmaranto, R. (2022). Analisa Banjir Akibat Keruntuhan Bendungan Prijetan di Kabupaten Lamongan Menggunakan Aplikasi Zhong Xing HY21. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2), 208.  
<https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2022.002.02.17>