

Pemodelan Kapasitas Tampungan Sungai Tapin dengan Aplikasi HEC-RAS 5.0.7

The Modelling Capacity of Tapin River using HEC-RAS 5.0.7 Application

Dwi Surya Saputri¹, Noordiah Helda²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Jln. A. Yani Banjarbaru.
Email: noordiah.helda@ulm.ac.id

Abstrak

Banjir merupakan peristiwa yang terjadi ketika air menggenangi lahan yang kering atau ketika aliran sungai melebihi kapasitas tampungnya. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), pada tahun 2021 terjadi banjir di Tapin yang dipicu oleh curah hujan dengan intensitas yang tinggi. Untuk menganalisis kapasitas tampung Sungai Tapin, perlu adanya pemodelan hidraulika berupa aplikasi HEC-RAS untuk memberi gambaran terhadap kemampuan sungai dalam menampung banjir, terutama setelah pembangunan Bendungan Tapin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besar debit banjir rencana berdasarkan analisis hidraulika menggunakan aplikasi HEC-RAS 5.0.7. Pada penelitian ini digunakan data sekunder, yaitu data Digital Elevation Model (DEM), data hujan satelit Global Precipitation Measurement (GPM), dan data Cross Section. Metode yang digunakan untuk analisis perhitungan yaitu metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu. Berdasarkan hasil analisis hidraulika, debit maksimum banjir yang terjadi sebelum pembangunan Bendungan Tapin pada kala ulang 2 sampai 100 tahun adalah sebesar 202,07 m³/s sampai 520,13 m³/s. Sedangkan debit maksimum banjir yang terjadi setelah pembangunan Bendungan Tapin pada kala ulang 2 sampai 100 tahun adalah sebesar 147,15 m³/s sampai 316,69 m³/s. Berdasarkan hasil penelitian, pembangunan Bendungan Tapin terbukti mampu menurunkan debit banjir sebesar 27% s.d. 50%, sehingga kapasitas tampungan Sungai Tapin masih mampu mengakomodasi debit banjir rencana hingga kala ulang 100 tahun.

Kata Kunci: Debit Banjir; Kapasitas Tampungan; Data Satelit GPM; HEC-RAS 5.0.7.

Abstract

Flooding occurs when water inundates dry land or when a river's flow exceeds its capacity. According to the National Disaster Management Agency (BNPB), flooding in Tapin in 2021 was triggered by heavy rainfall. To analyze the river's capacity to handle floods, it is necessary to use hydraulic modeling through the HEC-RAS application, which provides insight into the river's ability to accommodate floods, particularly after the construction of the Tapin Dam. This study aims to analyze the flood discharge volume based on hydraulic analysis using HEC-RAS 5.0.7. The study uses secondary data, including Digital Elevation Model (DEM) data, Global Precipitation Measurement (GPM) satellite rainfall data, and Cross Section data. The method used for the calculation analysis is the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph method. Based on the hydraulic analysis results, the maximum flood discharge before the Tapin Dam construction, for return periods ranging from 2 to 100 years, is between 202.07 m³/s and 520.13 m³/s. Meanwhile, after the construction of the Tapin Dam, the maximum flood discharge for the same return periods is between 147.15 m³/s and 316.69 m³/s. Based on the research findings, the operation of Tapin Dam has been proven to reduce peak flood discharge by approximately 27%–50%, indicating that the storage capacity of the Tapin River remains adequate to accommodate the design flood discharge for return periods of up to 100 years.

Keywords: Flood Discharge; Storage Capacity; GPM Satellite Data; and HEC-RAS 5.0.7.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), pada tahun 2021 terjadi banjir di Tapin yang dipicu oleh curah hujan dengan intensitas

yang tinggi. Hampir semua kabupaten di Provinsi Kalimantan Selatan di saat musim hujan, terutama di Kabupaten Tapin, menghadapi situasi yang sangat memprihatinkan. Dampaknya sangat serius, karena rumah warga dan fasilitas umum menjadi terendam, sehingga mengakibatkan permasalahan besar bagi

kehidupan masyarakat sehari-hari (Azmi & Helda, 2021). Menyusul kejadian hujan di bulan Maret 2024, sejumlah ruas jalan di Kabupaten Tapin digenangi air dengan kedalaman berkisar 3 sampai 7 cm setelah terjadi hujan. Kondisi genangan air tersebut tidak bertahan lama sehingga kondisi sungai di Tapin masih aman terhadap banjir (Tabri, 2024). Dapat disimpulkan bahwa pembangunan Bendungan Tapin memiliki kemampuan dalam pengendalian banjir.

Hubungan antara banjir dan kapasitas tampungan sungai sangat erat, karena kapasitas tampungan sungai merupakan salah satu faktor yang memengaruhi potensi terjadinya banjir. Kapasitas tampungan sungai mengacu pada kemampuan sungai untuk menampung aliran air. Untuk menganalisis kapasitas tampung Sungai Tapin, diperlukan pemodelan hidraulik guna memberikan gambaran tentang kemampuan sungai dalam mengatasi banjir, khususnya setelah pembangunan Bendungan Tapin. Pada tahun 2021, Azmi dan Helda telah meneliti dampak Bendungan Tapin terhadap debit banjir di hilir Sungai Tapin sebelum bendungan tersebut beroperasi secara optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kota Rantau tetap aman dari banjir. Hingga kini, setelah tiga tahun beroperasi, Bendungan Tapin masih mampu mengendalikan banjir.

Analisis kapasitas tampungan sungai perlu ditinjau dari aspek hidrologi dan hidraulika sehingga dapat menjadi bahan evaluasi penampang sungai apabila debit banjir melebihi kapasitas sungai tersebut, terutama untuk kejadian hujan ekstrem di masa yang akan datang. Dengan pertimbangan di atas, perlu dilakukan penelitian tentang analisis kapasitas tampungan Sungai Tapin setelah pembangunan Bendungan Tapin dengan menggunakan software HEC-RAS sebagai bahan evaluasi untuk optimalisasi pengendalian banjir.

Sungai

Sungai merupakan jalur pengaliran air dari sumber mata air hingga ke muaranya, yang memiliki batas secara geografis (Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 1991). Sungai memiliki berbagai jenis kemiringan mulai dari curam di hulu, landai, hingga relatif datar di muara. Kecepatan aliran air di hulu cenderung lebih cepat dan menurun secara perlahan hingga menjadi lebih lambat di daerah hilir. Sungai merupakan tempat terkumpulnya air dari sekitarnya yang mengalir menuju tempat yang lebih rendah. Daerah yang mensuplai air ke sungai dikenal sebagai daerah tangkapan air atau daerah penyangga. Tingkat suplai air dari daerah penyangga dipengaruhi oleh aktivitas dan perilaku masyarakat yang tinggal di daerah tersebut (Wardhana, 2001).

Terdapat dua tipe sungai menurut Reid dan Wood (1976) dalam Soegianto (2010) sebagai berikut.

- Sungai *permanen* merupakan sungai yang mendapatkan air dari sumber air tanah.
- Sungai *intermittent* merupakan sungai yang mendapatkan air terutama dari *surface runoff*. Karena *run-off bersifat musiman*, sungai akan berisi air pada musim hujan.

Kapasitas Tampungan

Kapasitas tampungan sungai adalah kemampuan sungai untuk menampung dan mengalirkan air. Jika aliran air yang ada melebihi kapasitas tampungan sungai, maka akan terjadi luapan di sungai tersebut. Luapan ini dapat menyebabkan genangan air di daerah sekitar sungai. Besarnya kapasitas tampungan sungai sangat dipengaruhi oleh kondisi hidrolis sungai itu sendiri. Beberapa faktor yang memiliki pengaruh besar terhadap kapasitas sungai yaitu kemiringan, dimensi penampang, dan kekasaran dinding sungai (Leda, 2024).

Curah Hujan

Menurut Sunardi dkk (2023), curah hujan merupakan jumlah presipitasi yang jatuh pada suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu dan dinyatakan dalam satuan milimeter (mm). Besarnya curah hujan diukur sebagai tinggi lapisan air yang terbentuk pada permukaan datar dengan asumsi tidak terjadi kehilangan air akibat evaporasi, limpasan permukaan, maupun infiltrasi ke dalam tanah. Pengukuran curah hujan umumnya dilakukan secara periodik, baik harian maupun dalam interval waktu tertentu sesuai kebutuhan analisis.

Pemeriksaan Data Hujan Satelit

Sebelum dilakukan analisis, suatu seri data hujan dari pos penakar hujan maupun dari data satelit perlu diperiksa terlebih dahulu kelayakannya melalui beberapa buah uji, mencakup uji pencilan (*outlier test*), uji kecenderungan (*trend test*), uji kestabilan terhadap rata-rata dan simpangan baku (*stability test to mean and variance*) dan uji kemandirian (*independency test*). Secara terperinci, proses dari masing-masing uji tersebut adalah sebagai berikut.

1. Uji Outlier

Outlier, dalam bahasa Indonesia dikenal dengan terminologi 'pencilan', merupakan nilai suatu datum dari suatu seri data yang memiliki nilai sangat berbeda dengan datum-datum lainnya, baik terlalu besar maupun terlalu kecil. Meskipun hujan merupakan kejadian yang stokastik, normalisasi besaran nilai suatu hujan dapat didekati secara statistik. Kemungkinan kesalahan pencatatan hujan,

baik oleh manusia maupun alat pencatat hujan, dapat menyebabkan kesalahan pada tahap analisis. Oleh karena itu, suatu seri data hujan perlu diperiksa terlebih dahulu batas outlier-nya.

Persamaan frekuensi untuk mendeteksi adanya *outlier* adalah:

$$10^{Y_{H,L}} = \bar{y} \pm K_n S_y \dots\dots\dots (1)$$

keterangan:

- $Y_{H,L}$: Batas (*threshold*) dari *outlier* atas dan bawah, dalam logaritma
- \bar{y} : Nilai rata-rata dari data dalam bentuk logaritma
- K_n : Konstanta uji *outlier*, merupakan fungsi dari jumlah data sampel
- S_y : Simpangan baku dari data dalam bentuk logaritma

2. Uji Trend

Sebelum digunakan untuk analisis, suatu seri data hidrologi harus dipastikan terlebih dahulu bebas dari adanya *tren* (kecenderungan), yaitu korelasi antara urutan data dengan peningkatan (atau penurunan) besarnya nilai data tersebut. Secara umum, uji *tren* dilakukan untuk periode seluruh data yang ada, walaupun dapat juga dilakukan hanya pada periode data yang dicurigai terdapat *tren*.

Untuk mengetahui adanya *tren*, digunakan metode *Spearman's rank-correlation*. Metode ini didasarkan pada *Spearman rank-correlation coefficient*, R_{SP} , yang didefinisikan sebagai:

$$R_{SP} = 1 - \frac{6 \times \sum_{i=1}^n D_i^2}{n \times (n^2 - 1)} \dots\dots\dots (2)$$

$$D_i = Kx_i - Ky_i \dots\dots\dots (3)$$

dengan:

- N : jumlah data sampel
- D_i : perbedaan antara rank variabel x_i , Kx_i , (data diurutkan dari kecil ke besar) dan rank berdasarkan nomor urut data asli, Ky_i .

3. Uji Stabilitas (*Mean and Variance*)

Uji kestabilan ini dilakukan untuk mengetahui apakah data stasioner atau tidak. Secara umum, terdapat dua uji yang dilakukan pada varian dan mean berupa uji F dan t, di mana uji F pada distribusi rasio variannya mengikuti distribusi normal dan mengindikasikan stabilitas dari varian. Uji F digambarkan dengan persamaan:

$$F_t = \frac{\sigma^2_1}{\sigma^2_2} = \frac{s^2_1}{s^2_2} \dots\dots\dots (4)$$

keterangan:

- F_t : stabilitas yang indikasinya dapat diterima
- σ : deviasi standar skala populasi
- s : deviasi standar skala sampel

4. Uji Independensi

Untuk melakukan pemeriksaan independensi dari seri data digunakan *serial-correlation coefficient*. Apabila seri data adalah acak sempurna, maka fungsi auto-correlation dari populasi akan sama dengan nol untuk semua lag, kecuali nol. Untuk pemeriksaan independensi ini cukup dilakukan perhitungan menggunakan *serial correlation coefficient*, yaitu korelasi antara data pengamatan yang berdekatan dalam seri data.

Menurut Box dan Jenkins (1970), *serial-correlation coefficient*, r_1 , adalah:

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x}) \times (x_{i+1} - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots\dots\dots (5)$$

keterangan:

- n : banyaknya data
- x : nilai rata-rata sub-sampel

Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan merupakan intensitas jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, intensitas hujan dapat di hitung dengan rumus Mononobe seperti berikut (Harahap & Harahap, 2021) :

$$I_t = \left[\frac{R_{24}}{24} \right] \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

- I : Intensitas curah hujan (mm/jam).
- R_{24} : Curah hujan maksimal dalam 24 Jam (mm).
- t : Durasi (lamanya) curah hujan (menit) atau (jam).

Hubungan Hujan Limpasan

Hujan yang turun di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) akan mengalir menuju sungai dan membentuk aliran sungai. Hubungan antara curah hujan dan debit aliran dipengaruhi oleh karakteristik DAS tersebut. Dalam suatu DAS, terdapat banyak stasiun pengukuran hujan yang memungkinkan pengukuran dalam jangka waktu yang panjang. Sebaliknya, pengukuran debit aliran umumnya lebih terbatas, baik dari segi jumlah stasiun maupun durasi pencatatan, sehingga data curah hujan biasanya lebih banyak dibandingkan dengan data debit aliran. Oleh karena itu, diperlukan suatu persamaan yang dapat menghubungkan debit aliran dengan curah hujan

berdasarkan data yang diperoleh secara bersamaan. Dengan adanya persamaan ini, debit aliran dapat diperkirakan hanya dengan menggunakan data hujan, bahkan ketika pengukuran debit tidak tersedia. Hubungan antara hujan dan limpasan dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Q = b (P - P_a) \dots\dots\dots (7)$$

dimana:

- Q = kedalaman limpasan
- P = kedalaman hujan
- P_a = kedalaman hujan di bawah nilai tersebut tidak terjadi limpasan
- b = kemiringan garis

Jika curah hujan (P) lebih kecil dari P_a, maka seluruh hujan yang turun akan hilang di DAS melalui proses infiltrasi, evapotranspirasi, dan tampungan permukaan. Limpasan baru akan terjadi ketika curah hujan (P) melebihi P_a. Dalam persamaan tersebut, nilai b dan P_a diperoleh melalui analisis regresi berdasarkan data curah hujan dan limpasan. Meskipun penerapan persamaan ini memiliki keterbatasan, metode ini tetap dapat digunakan untuk memperkirakan limpasan bulanan atau tahunan, terutama pada DAS yang tidak memiliki data pengukuran debit (Triatmodjo, 2010).

Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan analisis bagian awal dalam perancangan bangunan hidraulika. Informasi maupun besaran yang didapat dalam analisis hidrologi adalah masukan yang penting dalam analisis selanjutnya (Harahap & Harahap, 2021). Perhitungan analisis hidrologi dilakukan untuk mendapatkan nilai dari parameter-parameter hidrologi seperti intensitas hujan, hujan rancangan dan analisis debit banjir rencana yang digunakan dalam perencanaan saluran atau bangunan air lainnya.

Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi atau disebut distribusi frekuensi digunakan untuk memperoleh probabilitas besaran curah hujan rencana dalam beberapa periode ulang. Dasar perhitungan distribusi frekuensi adalah parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien *skewness* (kecondongan atau kemiringan) dan koefisien variasi (Harahap & Harahap, 2021).

Dalam analisis frekuensi, hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan panjang data. Semakin sedikit data yang tersedia, semakin besar penyimpangan yang terjadi. Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang

memiliki sifat khas masing-masing seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Statistik yang Menentukan Distribusi

Distribusi	Persyaratan
Normal	C _s = 0 C _k = 3
Log Normal	C _s ≈ C _v ³ + 3C _v C _k ≈ C _v ⁸ + 6 C _v ⁶ + 15C _v ⁴ + 16C _v ² + 3
Gumbel	C _s = 1,14 C _k = 5,4
Log Pearson III	Selain nilai di atas

Sumber: (Triatmodjo, 2008)

Jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah:

1. Metode Gumbel

Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode distribusi Gumbel digunakan Persamaan 8.

$$X_T = \bar{X} + \frac{S}{S_n} (Y_t - Y_n) \dots\dots\dots (8)$$

dimana:

- X_T = Hujan rencana periode T tahun
- \bar{X} = nilai rata-rata curah hujan (mm)
- S = simpangan baku
- S_n = simpangan baku jumlah data (n)
- Y_t = nilai reduksi dari variabel periode T tahun
- Y_n = nilai reduksi variabel dari data (n)

2. Metode Log Pearson Tipe III

Metode Log Pearson Tipe III apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan Persamaan 9.

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K.S \dots\dots\dots (9)$$

dimana:

- Log X_T = nilai log Hujan rencana periode T tahun
- Log \bar{X} = nilai log rata-rata curah hujan (mm)
- K = faktor probabilitas
- S = simpangan baku

3. Metode Log Normal

Metode Log Normal apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan Persamaan 10.

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K_T.S \dots\dots\dots (10)$$

dimana:

- X_T = Hujan rencana periode T tahun
- $\text{Log } \bar{X}$ = nilai log rata-rata curah hujan (mm)
- K_T = faktor probabilitas
- S = simpangan baku

Pengujian Kecocokan Distribusi

Hal ini dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Ada dua jenis uji keselarasan, yaitu uji keselarasan *Chi-Square* dan *Smirnov-Kolmogorov*. Pada tes ini biasanya yang diamati adalah nilai hasil perhitungan yang diharapkan (Soewarno, 1995).

1. Uji Keselarasan *Chi-Square*

Prinsip metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas dan ditentukan berdasarkan jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut atau dengan membandingkan nilai chi-square (f^2) dengan nilai chi-square kritis (f^2_{cr}). Digunakan rumus (Soewarno, 1995):

$$X^2 = \sum \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (11)$$

$$K = 1 + 3,3 \text{ Log } n \dots\dots\dots (12)$$

$$dk = K - R - 1 \dots\dots\dots (13)$$

dimana:

- X^2 = harga chi square
- O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1
- E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1
- K = jumlah sub kelompok
- R = 2 untuk distribusi normal dan binominal, 1 untuk distribusi poisson
- dk = derajat kepercayaan

2. Uji Keselarasan *Smirnov Kolmogorov*

Pengujian kecocokan sebaran dengan metode ini dilakukan dengan membandingkan probabilitas untuk tiap variabel dari distribusi empiris dan teoritis, didapat perbedaan (Δ) tertentu. Perbedaan maksimum yang dihitung (Δ_{maks}) dibandingkan dengan perbedaan kritis (Δ_{cr}) untuk suatu derajat nyata dan banyaknya variat tertentu, maka sebaran sesuai jika ($\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$). Rumus yang dipakai (Soewarno, 1995):

$$\Delta_{max} = P_E(x) - P_t(x) \dots\dots\dots (14)$$

$$P_E(x) = \frac{1}{M+1} \dots\dots\dots (15)$$

$$f_t = \frac{x_i - \bar{X}}{s} \dots\dots\dots (16)$$

$$P_t(x) = 1 - Z \dots\dots\dots (17)$$

dimana:

- $P_E(X)$ = Posisi data x menurut sebaran empiris
- $P_t(X)$ = Posisi data x menurut sebaran teoritis
- M = nomor urut data
- X_i = curah hujan ke i
- \bar{X} = curah hujan rata-rata
- S = simpangan baku
- Z = Luas daerah di bawah kurva normal

Hidrograf Aliran

Hidrograf aliran memiliki peran penting dalam mengatasi permasalahan hidrologi, terutama dalam pengelolaan banjir dan pemenuhan kebutuhan air. Hidrograf ini menunjukkan distribusi aliran sungai sepanjang waktu dan mencerminkan karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS). Hubungan antara hidrograf aliran dan kondisi fisik DAS memberikan gambaran tentang bagaimana DAS merespons pola hujan yang terjadi. Dalam kajian hidrologi, respons DAS ini dikenal sebagai hidrograf satuan (*unit hydrograph*), yaitu hidrograf yang dapat merepresentasikan karakteristik khas suatu DAS (Nugroho, 2001).

Hidrograf Satuan

Hidrograf satuan sering digunakan untuk mengubah curah hujan menjadi debit aliran. Hidrograf ini juga dikenal sebagai hidrograf limpasan langsung, yaitu hidrograf yang merepresentasikan aliran tanpa aliran dasar di hilir DAS akibat hujan efektif sebesar 1 mm yang merata di seluruh permukaan DAS dengan intensitas tetap dalam durasi tertentu. Metode hidrograf satuan umum digunakan dalam perancangan banjir karena relatif sederhana, tidak memerlukan data yang kompleks, dan dapat memberikan estimasi yang cukup akurat.

Beberapa asumsi dalam penggunaan hidrograf satuan meliputi:

1. Hujan efektif memiliki intensitas konstan selama durasi hujan efektif. Oleh karena itu, hujan yang digunakan dalam analisis biasanya hujan dengan durasi singkat.
2. Hujan efektif tersebar merata di seluruh DAS. Dengan asumsi ini, hidrograf satuan kurang sesuai untuk DAS yang sangat luas, karena sulit mendapatkan distribusi hujan yang merata. Untuk mengatasinya, DAS yang luas dapat dibagi menjadi beberapa sub-DAS, di mana masing-masing dianalisis menggunakan hidrograf satuan (Triatmodjo, 2010).

Hidrograf Satuan Sintetis (HSS)

Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu adalah salah satu metode yang banyak digunakan

dalam analisis debit banjir rencana (Yuliana, 2023). Metode ini digunakan untuk menentukan hidrograf banjir rancangan pada suatu DAS, sehingga dapat membantu dalam perencanaan dan pengelolaan sumber daya air, terutama dalam mitigasi risiko banjir.

Data Satelit GPM

Satelit GPM (*Global Precipitation Measurement*) merupakan sebuah satelit yang diluncurkan bersama oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) dan JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*) pada tahun 2014. Satelit ini merupakan kelanjutan dari satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) yang dapat merekam data curah hujan 2-4 jam setiap harinya, dan memiliki cakupan area yang lebih luas daripada TRMM (Wahyuni dkk., 2020).

Analisa Hidraulika

Analisis hidraulika dilakukan untuk mensimulasikan kondisi aliran sungai berdasarkan debit banjir rencana hasil analisis hidrologi. Hasil simulasi digunakan untuk memperoleh profil muka air, mengevaluasi kapasitas penampang sungai, serta mengidentifikasi potensi luapan banjir pada berbagai kala ulang debit (Mustamin, 2024). Dalam analisis hidraulika ini digunakan *software* pemodelan HEC-RAS.

ArcGIS

ArcGIS merupakan perangkat lunak yang cukup terkenal dan mampu dalam melaksanakan tugas Sistem Informasi Geografis (SIG). Selain bisa digunakan untuk membuat peta, ArcGIS juga mampu memodelkan serta mengelola data spasial secara efektif. Salah satu contoh data yang mampu dianalisis oleh ArcGIS adalah data DEM yang menggambarkan geometri permukaan bumi seperti batasan dan luas area DAS, jaringan sungai, tata guna lahan, serta jenis tanahnya (Wijayanto & Helda, 2022).

Menurut Abbas (2023), perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) yang digunakan untuk mengelola, mengolah dan menganalisis data spasial ini mampu mendukung deliniasi Daerah Aliran Sungai (DAS), identifikasi jaringan sungai, serta pengolahan data Digital Elevation Model (DEM) yang diperlukan dalam analisis hidrologi.

HEC-RAS

HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center-River Analysis System*) merupakan sebuah *software* yang digunakan untuk menganalisis beberapa masalah hidraulika, seperti mengestimasi banjir, menilai kapasitas sungai, memantau kedalaman

sungai di titik-titik tertentu, dan memilih lokasi untuk pembangunan struktur keairan, seperti stasiun pemompaan atau bendungan (Wijayanto & Helda, 2022). Program HEC-RAS menurut Bachri dkk. (2021) berfokus pada analisis hidrolis, data penampang sungai dibutuhkan untuk menentukan kapasitas tampungan sungai dan data hidrologi sebagai data input aliran.

HEC-RAS digunakan untuk menghitung elevasi permukaan air pada lokasi tampang melintang (*cross-section*) yang dianalisis sepanjang sungai atau aliran berdasarkan nilai aliran tertentu. Perhitungan profil dilakukan mulai dari *cross-section* yang telah diperkirakan, kemudian dilanjutkan ke arah hilir untuk aliran superkritikal atau ke arah hulu untuk aliran subkritikal (Aprizal & Meris, 2020).

Perangkat lunak HEC-RAS mampu memodelkan baik aliran permanen (*steady flow*) maupun aliran tak permanen (*unsteady flow*). Dalam penelitian ini, digunakan pemodelan unsteady flow karena hasilnya dapat dimanfaatkan untuk melakukan penelusuran banjir (*flood routing*) di sungai.

Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah yang akan dianalisis adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisis debit banjir rencana Sungai Tapin berdasarkan analisis hidrologi metode HSS Nakayasu?
2. Bagaimana kondisi tampungan sungai sebelum pembangunan Bendungan Tapin dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS?
3. Bagaimana kondisi tampungan sungai setelah pembangunan Bendungan Tapin dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS?

Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diuraikan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis besar debit banjir rencana yang harus ditampung oleh Sungai Tapin berdasarkan analisis hidrologi metode HSS Nakayasu.
2. Menganalisis kondisi tampungan Sungai Tapin sebelum pembangunan Bendungan Tapin dengan bantuan perangkat lunak HEC-RAS.
3. Menganalisis kondisi tampungan Sungai Tapin setelah pembangunan Bendungan Tapin dengan bantuan perangkat lunak HEC-RAS.

Batasan Masalah

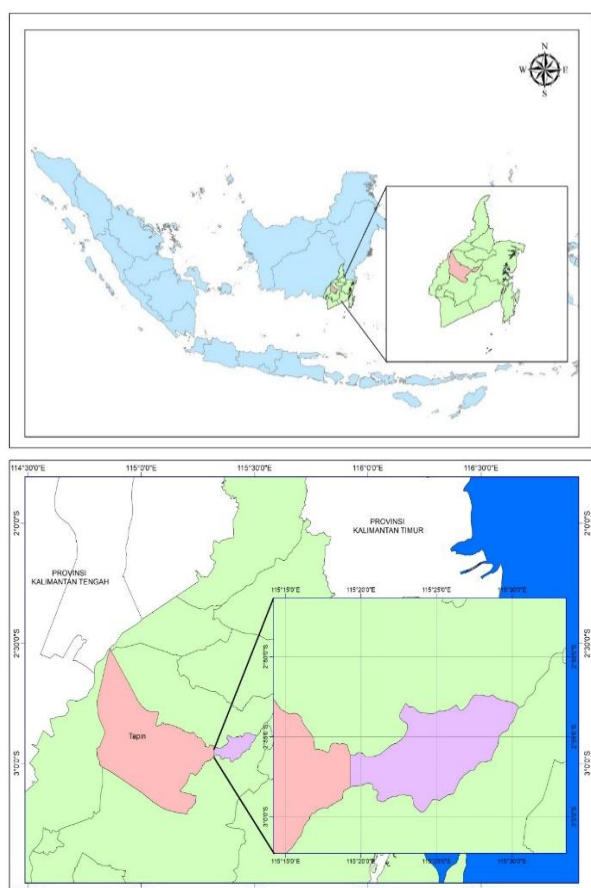
Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini akan dilakukan pada Sub-DAS Sungai Tapin di Kecamatan Piani, Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan.
2. Analisis hidrologi untuk debit banjir rancangan menggunakan HSS Nakayasu.
3. Pemodelan hidraulika menggunakan HEC-RAS 5.0.7.
4. Data curah hujan yang digunakan adalah data satelit GPM periode 2004-2023, dikarenakan ketersediaan data lapangan yang tidak memadai.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada Sub DAS Sungai Tapin di Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan dengan luas Sub DAS 140,90 km² dan panjang sungai penelitian 37,48 km yang mengalir melewati Desa Linuh, Desa Bungur, Desa Kalumpang, Desa Timbung, dan Desa Marampiau. Secara geografis, lokasi sungai sub-DAS berada pada 2°32'43" dan 3°00'43" LS hingga 114°46'13" dan 115°30'33" BT seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Sumber: Hasil pengolahan menggunakan ArcGIS berdasarkan data DEM nasional dan batas administrasi Kabupaten Tapin (2024).

Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Pengumpulan Data

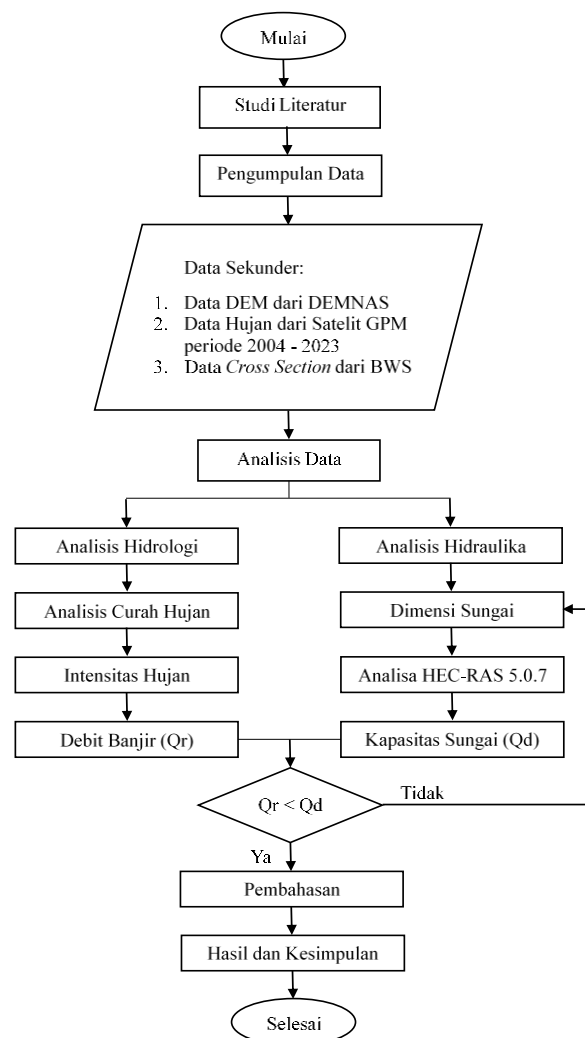
Dalam penelitian ini, langkah pertama yang dilakukan yaitu menyiapkan dan mengumpulkan data sekunder, yaitu data hujan satelit GPM selama periode 2004-2023, data *Digital Elevation Model* (DEM) bersumber dari situs DEM Nasional, dan data *cross section* dari BWS Kalimantan III sebanyak 29 *cross section*. Setelah semua data diperoleh, kemudian diproses dengan menganalisis ArcGIS dan melalui perhitungan analisis frekuensi untuk perhitungan hujan. Data yang telah diolah akan dimasukkan dalam perhitungan debit yang direncanakan menggunakan HEC-RAS 5.0.7.

Pengolahan dan Analisis Data

Penelitian ini meliputi pengolahan dan analisis data berupa data curah hujan satelit GPM, analisis frekuensi, uji kesesuaian distribusi probabilitas, dan analisis debit banjir rencana.

Bagan Alir Penelitian

Pada penelitian ini, tahapan yang dikerjakan digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Curah Hujan

Data curah hujan pada penelitian ini menggunakan data satelit GPM harian maksimum per tahun (2004-2023). Dikarenakan ketiadaan data curah hujan lapangan, pada penelitian ini digunakan data satelit GPM grid 99, 107, dan 108 yang mencakup area Sub-DAS Bendungan Tapin.

Uji Data Curah Hujan Satelit

Sebelum dilakukan analisis, suatu seri data hujan satelit perlu diperiksa terlebih dahulu kelayakannya melalui beberapa uji, mencakup uji pencilan (*outlier test*), uji kecenderungan (*trend test*), uji kestabilan terhadap rata-rata dan simpangan baku (*stability test to mean and variance*), dan uji kemandirian (*independency test*).

Adapun rekapitulasi hasil perhitungan uji data curah hujan satelit GPM 99, GPM 107, dan GPM 108 dapat dilihat pada Tabel 2 .

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Uji Data Satelit GPM

No	Data Satelit	Uji Data Hujan	Keterangan
1	GPM 99	Uji Outlier	Memenuhi
		Uji Trend	Tidak Memenuhi
		Uji Stabilitas	Tidak Memenuhi
		Uji Independensi	Memenuhi
		Uji Outlier	Memenuhi
2	GPM 107	Uji Trend	Memenuhi
		Uji Stabilitas	Memenuhi
		Uji Independensi	Memenuhi
		Uji Outlier	Memenuhi
3	GPM 108	Uji Trend	Memenuhi
		Uji Stabilitas	Tidak Memenuhi
		Uji Independensi	Memenuhi
		Uji Outlier	Memenuhi

Hasil pengujian data curah hujan satelit GPM 99, 107, dan 108 didapatkan hasil bahwa hanya GPM 107 yang memenuhi syarat, sehingga untuk perhitungan selanjutnya hanya menggunakan data satelit GPM grid 107. Adapun data satelit GPM 107 harian maksimum per tahun (2004-2023) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Curah Hujan Satelit GPM

No.	Tahun	GPM (mm)	No.	Tahun	GPM (mm)
1	2004	98,52	11	2014	144,05
2	2005	156,05	12	2015	89,05
3	2006	125,22	13	2016	159,89
4	2007	102,01	14	2017	78,61
5	2008	250,23	15	2018	124,96

No.	Tahun	GPM (mm)	No.	Tahun	GPM (mm)
6	2009	85,32	16	2019	99,18
7	2010	114,74	17	2020	55,27
8	2011	86,41	18	2021	99,97
9	2012	165,49	19	2022	68,20
10	2013	176,27	20	2023	89,20

Sumber: Data Curah Hujan Satelit GPM (*Global Precipitation Measurement*) periode 2004–2023

Analisis Frekuensi

Hasil analisis frekuensi setelah curah hujan rencana dihitung dengan metode Distribusi Gumbel, Log Pearson tipe III, Log Normal dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Analisa Frekuensi Beberapa Metode

No.	Kala Ulang (tahun)	Distribusi Gumbel (mm)	Log Pearson Tipe III (mm)	Log Normal (mm)
1	2	111,60	109,26	109,52
2	5	160,32	152,68	176,81
3	10	192,57	182,90	228,95
4	20	223,50	214,36	284,58
5	25	233,31	221,27	296,68
6	50	263,54	249,85	365,37
7	100	293,55	278,96	437,50

Uji Kecocokan Distribusi

Data hasil perhitungan ini harus disesuaikan dengan Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov untuk menentukan data curah hujan rancangan yang dapat digunakan. Berdasarkan hasil uji kecocokan distribusi, didapatkan hasil bahwa metode yang paling sesuai yaitu Distribusi Gumbel, karena nilai hasil kedua uji kecocokan distribusi memenuhi keduanya.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Uji Chi-Square dan Uji Smirnov Kolmogorov

UJI CHI-SQUARE				
No.	Metode Distribusi	X ² hitung	X ² kritis	Keterangan
1	Log Normal	8,000	5,991	Tidak Memenuhi
2	Gumbel	4,000	5,991	Memenuhi
3	Log Pearson Tipe III	8,500	5,991	Tidak Memenuhi
UJI SMIRNOV KOLMOGOROV				
No.	Metode Distribusi	X ² hitung	X ² kritis	Keterangan
1	Log Normal	0,210	0,297	Memenuhi
2	Gumbel	0,104	0,2977	Memenuhi
3	Log Pearson Tipe III	0,085	0,297	Memenuhi

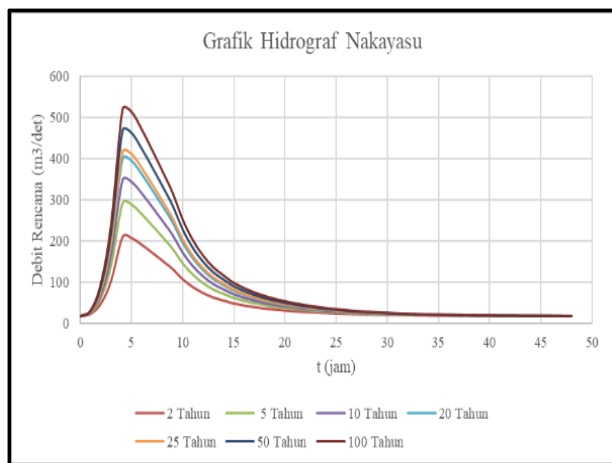
Dari Tabel 5 dapat ditentukan bahwa data yang dapat digunakan adalah Distribusi Gumbel karena memenuhi untuk hasil semua pengujian. Sehingga pada penelitian ini akan digunakan data curah hujan rancangan maksimum distribusi Gumbel untuk memperoleh debit banjir rancangan terbesar.

Tabel 6. Hujan Rancangan Metode Gumbel

No.	Kala Ulang (tahun)	Distribusi Gumbel (mm)
1	2	111,60
2	5	160,32
3	10	192,57
4	20	223,50
5	25	233,31
6	50	263,54
7	100	293,55

Analisis Debit Banjir Rencana

Perhitungan pada analisis ini menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu. Metode HSS Nakayasu dipilih karena DAS Tapin tidak memiliki data debit pengamatan yang memadai untuk penyusunan hidrograf satuan terukur. Selain itu, metode ini banyak digunakan pada DAS di Indonesia dan mampu memberikan estimasi debit banjir rencana dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Adapun grafik hasil perhitungan HSS Nakayasu dapat dilihat pada Gambar 3.

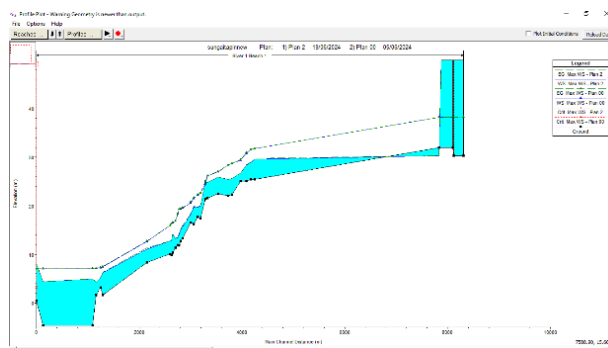


Gambar 3. Grafik HSS Nakayasu Per Kala Ulang

Hasil perhitungan debit maksimum menggunakan metode HSS Nakayasu adalah sebesar 209,59 m³/s (kala ulang 2 tahun), 293,05 m³/s (kala ulang 5 tahun), 348,30 m³/s (kala ulang 10 tahun), 401,31 m³/s (kala ulang 20 tahun), 418,12 m³/s (kala ulang 25 tahun), 469,91 m³/s (kala ulang 50 tahun), dan 521,32 m³/s (kala ulang 100 tahun).

Analisis Debit Banjir Rencana

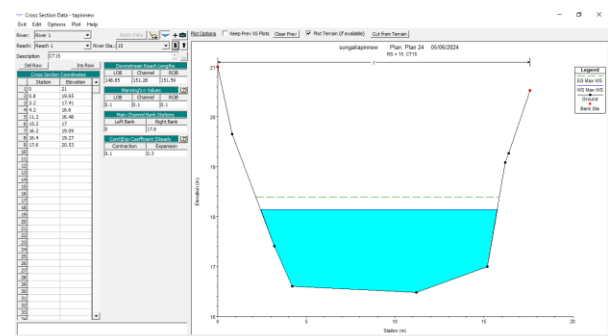
Data yang digunakan untuk analisa kapasitas tampungan adalah dari hasil perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayasu. Analisa ini menggunakan aplikasi HEC-RAS (*Hydrological Engineering Centre-River Analysis System*). Hasil simulasi penampang sungai Tapin sebelum dan sesudah adanya bendungan Tapin dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Profil Muka Air Sungai Tapin Sebelum dan Sesudah Adanya Bendungan Tapin

keterangan:

- : Profil muka air sebelum adanya Bendungan Tapin
- : Profil muka air sungai sesudah pembangunan Bendungan Tapin



Gambar 5. Profil Melintang Sungai Tapin

Gambar 5 di atas menunjukkan perubahan ketinggian muka air banjir Sungai Tapin sebelum dan sesudah adanya Bendungan Tapin. Selanjutnya, adapun tabel hasil running unsteady pada Sungai Tapin dapat dilihat pada Tabel 7.

Dari Tabel 7 didapatkan bahwa debit maksimum hasil *running* HEC-RAS 5.0.7 untuk kala ulang 2 sampai 100 tahun adalah sebesar 147,12 m³/s sampai 316,69 m³/s. Adapun Tabel 8 merupakan rekapitulasi hasil analisa debit banjir maksimum dengan Analisa Hidrologi dan Analisa Hidraulika sebelum maupun sesudah adanya Bendungan Tapin.

Tabel 7. Hasil *Running Unsteady Software* HEC-RAS 5.0.7

Kala ulang (tahun)	Q Maks (m ³ /s)	Elv min (m)	Elv maks (m)	Elv muka air (m)
2	147,12	30.3	38.42	38.42
5	187,32	30.3	40.36	40.36
10	189,43	30.3	40.46	40.46
20	203,04	30.3	42.05	42.05
25	211,70	30.3	42.47	42.47
50	299,08	30.3	46.04	46.04
100	316,69	30.3	47.24	47.24

Tabel 8. Rekapitulasi Analisa Debit dengan Metode HSS Nakayasu dan HEC-RAS

Kala Ulang (Tahun)	Debit Maksimum (m ³ /s)		
	HSS Nakayasu	HEC-RAS Sebelum Bendungan	HEC-RAS Sesudah Bendungan
2	209,59	202,07	147,15
5	293,05	288,47	187,32
10	348,30	343,60	189,43
20	401,31	401,87	203,04
25	418,12	418,33	211,70
50	469,91	467,36	299,08
100	521,20	520,13	316,69

Dari Tabel 8, didapatkan hasil bahwa selisih penurunan debit banjir sekitar 27% sampai 50%. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa Sungai Tapin mampu menampung debit banjir setelah adanya pembangunan Bendungan Tapin. Berdasarkan Tabel 8, terlihat bahwa debit maksimum hasil HSS Nakayasu untuk kala ulang 100 tahun sebesar 521,20 m³/s berkurang menjadi 316,69 m³/s setelah melalui simulasi bendungan pada HEC-RAS. Hal ini menunjukkan bahwa Bendungan Tapin berfungsi sebagai bangunan pengendali banjir yang mampu mereduksi debit puncak melalui mekanisme tampungan waduk dan pengaturan pelepasan debit melalui bangunan pelimpah (*spillway*). Dengan demikian, debit yang mengalir ke hilir sungai menjadi lebih kecil dibandingkan dengan debit banjir yang masuk ke waduk.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir dengan analisis hidrologi menggunakan metode HSS Nakayasu untuk kala ulang 2 sampai 100 tahun adalah sebesar 209,59 m³/s sampai 521,32 m³/s. Berdasarkan hasil simulasi pemodelan banjir *unsteady flow* dengan HEC-RAS 5.0.7 sebelum pembangunan bendung untuk kala ulang 2 sampai 100 tahun adalah sebesar 202,07 m³/s sampai 520,13

m³/s. Berdasarkan hasil simulasi pemodelan banjir *unsteady flow* dengan HEC-RAS 5.0.7, setelah pembangunan bendung untuk kala ulang 2 sampai 100 tahun adalah sebesar 147,15 m³/s sampai 316,69 m³/s, dengan selisih penurunan debit banjir sebesar 27,18% sampai 49,48%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa Bendungan Tapin dapat mengurangi debit banjir pada kapasitas tampungan Sungai Tapin.

REFERENSI

- Abbas, A. S. (2023). *Watershed Delineation from DEM by Model Builder in ArcGIS*. *Civil Engineering Journal*, 9(11).
- Ado, M., dkk. (2022). Analisa Model Kapasitas Tampungan Sungai Manikin dengan menggunakan Aplikasi HEC-RAS. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2).
- Aprizal, Meris A. (2020). Aplikasi HEC-RAS dalam Pengendalian Banjir Sungai Way Kandis. *Jurnal Teknik Sipil Intitut Teknologi Padang*, 7(1), 1-8.
- Azmie, M. & Helda, N. (2021). Analisis Pengaruh Pembangunan Bendungan Tapin terhadap Debit Banjir di Hilir Sungai Tapin Kabupaten Tapin. *Jurnal Riset dan Inovasi Teknologi*, 1(1), 40-47.
- Bachri, S., Aldianto, Y. E., Sumarmi, Sastro B U, K., & F Naufal, M. (2021). *Flood Modelling of Badeng River Using HEC-RAS in Singojuruh Sub-District, Banyuwangi Regency, East Java, Indonesia*. *Jurnal Geografi*, 13(1), 76–87.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2021). [Ribuan Rumah Warga Sejumlah Kabupaten di Kalimantan Selatan Dilanda Banjir](#). Diakses 23 April 2024.
- Dariyanti, Y., Bhakti, T. & Achmad, N. (2022). Analisis Angkutan Sedimen Sungai Panjang Kabupaten Semarang. *Jurnal Rancang Bangun Teknik Sipil*, 8(2), 29-34.
- Harahap, M. & Harahap, D. (2021). Evaluasi Saluran Drainase pada Jalan Tangguk Bongkar Kelurahan Tegal Sari Mandala II Kecamatan Medan Denai. *Buletin Utama Teknik*, 16(2), 94-102.
- Leda, G. K. C., Bunganaen, W. & Udiana, I. M. (2024). Analisis Kapasitas Tampungan Sungai pada Daerah Aliran Sungai Kapsali Menggunakan HEC-RAS 6.4.1. *Jurnal Forum Teknik Sipil*, 4(2), 99-111.
- Mustamin, M. R., dkk. (2024). *Integration of UH SUH, HEC-RAS and GIS in Flood Mitigation with Flood Forecasting and Early Warning System for Gilireng Watershed, Indonesia*. *Earth*, 5(3), 274-292.

- Noor, M. A. & Utomo, B. (2013). Studi Kapasitas Sungai Riam Kiwa Menggunakan HEC-RAS 4.1.0. *Info Teknik*, 14(1), 81-91.
- Nugroho, S. P. (2001). Analisis Hidrograf Satuan Sintetik Metode Snyder, Clark Dan SCS Dengan Menggunakan Model HEC-1 Di Das Ciliwung Hulu. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 2(1), 57-67.
- Rahmawati, Ni'am, F. & Mudiyo, R. (2021). Kajian Penempatan Lokasi Bangunan Pengendali Sedimen (Check Dam) DAS Tapin. *Jurnal Ilmiah*, 64-77.
- Saputra, M., Fatimah, E. & Azmeri. (2017). Analisis Kapasitas Tampung dan Penentuan Lokasi Kerusakan. *Jurnal Magister Teknik Sipil*, 1-10.
- Soegianto. 2010. *Ekologi Perairan Tawar*. Airlangga Universitas Press. Surabaya.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Bandung.
- Sunardi, S., Ilahi, A. F. & Soeharto, M. (2023) Tingkat Akurasi dan Presisi Data Hujan Sensor Peralatan Otomatis terhadap Penakar Hujan Konvensional di Provinsi Sulawesi Tengah. *Buletin GAW Bariri*, 4(2), 40-49.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI Offset.
- Tabri, M. (2024). [*Diguyur Hujan Deras, Sejumlah Ruas Jalan di Tapin Digenangi Air*](#). Diakses 9 Maret 2024.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan (I)*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi Terapan (II)*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wahyuni, S., Hambali, R. & Fahrani, F. (2020). Evaluasi Ketelitian Data Curah Hujan Satelit GPM terhadap Data Curah Hujan Permukaan, 1083-1094.
- Wardhana, W. A. (2001). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Wijayanto, M. R. & Helda, N. (2022). Aplikasi Program HEC-RAS 5.0.7 untuk Pemodelan Banjir di Sub-sub DAS Martapura Kabupaten Banjar. *Serambi Engineering*, 3868-3880.
- Yansyah, R., Kusumastuti, D. & Tugiono, S. (2015). Analisa Hidrologi dan Hidrolika Saluran Drainase Box Culvert di Jalan Antasari, Bandar Lampung menggunakan Program HEC-RAS. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 3(1), 1-12.
- Yuliana, Y. (2023). Analisis Banjir Rancangan Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dan Metode Rasional pada DAS Pengabuan Kabupaten Tanjung Jabung Barat.
- Zevri, A. (2020). Analisis Rencana Tinggi Tanggul Banjir DAS Bangkatan sebagai Alternatif Pengendalian Banjir Kota Binjai. *Jurnal Sumber Daya Air*, 16(2), 63-76.