

Analisis debit banjir metode rasional dan metode HSS Nakayasu terhadap debit banjir terukur Sub DAS Batang Tabir

Nurfaijah^{1,*}, Eri Styiyan¹, Wiliya¹, Ovrianti Nurhadi²

¹Program Studi Teknik Perencanaan Irigasi dan Rawa, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

²Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Muaro Jambi, Jambi, Indonesia

*Corresponding authors: nurfaijah@pnp.ac.id

Submitted: 15 May 2025, Revised: 3 June 2025, Accepted: 11 June 2025

ABSTRACT: High rainfall and changes in land cover occurring in the Batang Tabir sub-watershed have an impact on surface runoff and increased river flow, triggering flooding and causing road access to be submerged and damage to infrastructure around the river. Therefore, it is necessary to review the flood flow design calculations in the Batang Tabir Sub-Watershed to assess the potential magnitude of flood flows and establish the parameters required for water infrastructure planning. The methods commonly used for flood flow calculations are the Rational Method and the Nakayasu HSS Method. These methods are preferred due to their simplicity, as they only require river data and rainfall data. The selection of an appropriate method for calculating flood discharge must be validated with measured river discharge data. This study aims to determine the design flood discharge method that can be applied to the Batang Tabir Sub-Watershed. This study was conducted by comparing the flood discharge of the Rational and HSS Nakayasu methods with measured flood discharge using frequency distribution based on relevant statistical parameters. The results of the flood discharge calculations using the Rational method for a return period of 2–100 years are closer to the measured flood discharge, with the Rational method yielding a flood discharge of 494.05–1,385.48 m³/s, the flood discharge using the Nakayasu HSS method for a return period of 2–100 years was 769.32–2,157.41 m³/s, and the measured flood discharge for a return period of 2–100 years was 375.22–1,337.44 m³/s. The validation and evaluation results show that the smallest error value (VE) is found in the Rational method, which is 9%, with the Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) value falling into the very good category at 94%. Meanwhile, the Nakayasu HSS method yields the largest error value (VE) at 69%, and the NSE value falls into the unsatisfactory category at 17%. Therefore, the Rational method has a better level of suitability and can be used as a reference in infrastructure planning in the Batang Tabir Sub-Watershed.

KEYWORDS: flood discharge; measured flood discharge; Nakayasu HSS method; Rational method.

ABSTRAK: Curah hujan yang tinggi dan perubahan tutupan lahan yang berlangsung di Sub DAS Batang Tabir memiliki pengaruh pada limpasan permukaan dan kenaikan debit aliran sungai yang memicu terjadinya banjir dan menyebabkan terendamnya akses jalan dan rusaknya infrastruktur yang ada di sekitar sungai. Oleh karena itu, perlu dilakukan review kembali perhitungan debit banjir rancangan pada Sub DAS Batang Tabir untuk menggambarkan kemungkinan besarnya debit banjir dan menjadi parameter yang dibutuhkan pada perencanaan bangunan air. Metode yang sering digunakan pada perhitungan debit banjir adalah metode Rasional dan HSS Nakayasu. Penggunaan kedua metode ini dikarenakan konsepnya sederhana hanya menggunakan data sungai dan data curah hujan. Pemilihan metode yang sesuai untuk menghitung debit banjir perlu divalidasi dengan data debit terukur sungai. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode debit banjir rancangan yang dapat diterapkan pada Sub DAS Batang Tabir. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan debit banjir metode Rasional dan HSS Nakayasu dengan debit banjir terukur menggunakan distribusi frekuensi berdasarkan parameter statistik yang relevan. Hasil perhitungan debit banjir metode Rasional pada kala ulang 2–100 tahun lebih mendekati debit banjir terukur yaitu debit banjir metode Rasional pada kala ulang 2–100 tahun sebesar 494.05–1,385.48 m³/s, debit banjir dengan metode HSS Nakayasu pada kala ulang 2–100 tahun sebesar 769.32–2,157.41 m³/s dan debit banjir terukur pada kala ulang 2–100 tahun sebesar 375.22–1,337.44 m³/s. Hasil validasi dan evaluasi menunjukkan nilai eror (VE) terkecil terdapat pada metode Rasional yaitu 9% dengan nilai Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) yang dihasilkan berada pada kategori sangat baik yaitu 94% sedangkan metode HSS Nakayasu dihasilkan nilai eror (VE) yang terbesar yaitu 69% dan nilai NSE berada pada kategori kurang memuaskan yaitu 17%. Oleh karena itu, metode Rasional memiliki tingkat kecocokan yang lebih baik dan dapat dijadikan sebagai acuan dalam perencanaan infrastruktur di Sub DAS Batang Tabir.

KATA KUNCI: debit banjir; debit banjir terukur; metode HSS Nakayasu; metode Rasional.

© The Author(s) 2025. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

1. PENDAHULUAN

Sungai Batang Tabir biasanya mengalami banjir sekali setiap lima tahun, dengan curah hujan rata-rata 413.91 mm/tahun, namun sejak tahun 2010, frekuensi

banjir di kawasan ini meningkat menjadi empat kali dalam periode yang sama, dengan curah hujan mencapai 1,514 mm/tahun (Kementerian Pembangunan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017).

Hal ini disebabkan meningkatnya perubahan tutupan lahan menjadi lahan kelapa sawit. Pada tahun 2015 luas lahan kelapa sawit hanya mencapai 53,500 Ha dan pada tahun 2024 meningkat menjadi 61,400 Ha. Dari jumlah tersebut sebanyak 20,571 hektar berada di daerah aliran sungai Batang Tabir (BPS Merangin, 2022). Perubahan tutupan lahan yang berlangsung di DAS Batang Tabir memiliki pengaruh pada kenaikan debit aliran sungai dan koefisien aliran tahunan (KAT) sungai. Nilai debit aliran sungai DAS Batang Tabir pada tahun 2013 meningkat sebanyak 533.92 m³/s atau 20% daripada tahun sebelumnya yang menunjukkan kondisi DAS yang semakin memburuk (Liza et al., 2015). Kondisi DAS yang semakin buruk menyebabkan zona tangkapan air semakin berkurang sehingga sungai dan saluran drainase tidak mampu menampung limpasan permukaan (Kurniawan et al., 2021). Selain itu, kondisi DAS yang semakin buruk menyebabkan penurunan kapasitas infiltrasi air ke dalam tanah dan peningkatan limpasan permukaan, yang pada akhirnya dapat memicu terjadinya banjir. (Yunus, 2019) menyatakan bahwa sungai Batang Tabir sering mengalami luapan debit air sungai yang mengakibatkan terendamnya akses jalan, 125 rumah warga, dan lahan pertanian di beberapa kecamatan di Kabupaten Merangin. Jika hal ini terjadi terus menerus maka akan menyebabkan kerusakan infrastruktur yang ada disekitar sungai.

Oleh karena itu, perlu dilakukan review kembali perhitungan debit banjir rancangan pada Sub DAS Batang Tabir untuk menggambarkan kemungkinan besarnya debit banjir akibat luapan sungai tersebut dan menjadi parameter yang dibutuhkan pada perencanaan bangunan air dan sistem drainase sebagai antisipasi terhadap banjir yang akan terjadi pada Sub DAS tersebut. Analisis debit banjir rancangan bertujuan untuk menentukan debit puncak yang berpotensi terjadi di suatu wilayah atau sungai dalam periode ulang tertentu untuk mencegah banjir dan merancang sistem drainase yang memadai. Informasi ini nantinya dapat digunakan untuk merencanakan dan merancang pengendalian banjir berupa bangunan air, bangunan hidrolik serta sistem drainase di sungai Batang Tabir.

Analisis debit banjir rencana umumnya dilakukan berdasarkan data historis kejadian banjir, namun dalam beberapa kasus sering digunakan pendekatan hujan rencana dengan memanfaatkan data debit yang tersedia (Sarminingsih, 2018). Seiring dengan kemajuan ilmu hidrologi, berbagai metode yang memanfaatkan data curah hujan untuk memperkirakan debit banjir rancangan mulai bermunculan. Pemilihan metode paling sesuai untuk menghitung debit banjir pada Sub DAS Batang Tabir menjadi tantangan, karena setiap metode memiliki asumsi dan parameter yang berbeda-beda. Oleh karena itu, perlu divalidasi data debit banjir rancangan yang telah dihitung dengan data debit terukur sungai. Perbandingan debit banjir rancangan dilakukan menggunakan nilai Volume Kesalahan (VE) dan *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE).

Adapun metode yang sering digunakan pada perhitungan debit banjir adalah metode Rasional dan HSS Nakayasu. Penggunaan kedua metode ini pada Sub DAS Batang Tabir dikarenakan kedua metode tersebut dapat digunakan pada DAS dengan ukuran >5000 Ha dan konsepnya sederhana karena menggunakan data sungai dan data curah hujan (Sutapa, 2005). Oleh karena itu, metode ini sangat memungkinkan dapat digunakan meskipun data yang tersedia terbatas, perhitungan banjir rancangan di wilayah tersebut masih dapat dilakukan.

Berbagai studi telah dilakukan menggunakan metode Rasional dan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dalam analisis debit banjir. Salah satunya oleh (Wuwur et al., 2019), yang meneliti analisis debit maksimum pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Manikin dengan menerapkan kedua metode tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode HSS Nakayasu merupakan pendekatan yang paling sesuai untuk menganalisis debit banjir di wilayah tersebut. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Adoe et al., 2022) menganalisis debit banjir rancangan pada DAS Manikin di Kabupaten Kupang dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu, ITB-1, dan Limantara. Hasil studi tersebut menunjukkan bahwa di antara ketiga metode yang digunakan, HSS Nakayasu merupakan metode yang paling sesuai untuk analisis debit banjir di wilayah tersebut. Sementara itu, (Marcelia et al., 2019) melakukan penelitian mengenai tingkat ketelitian berbagai metode empiris dalam menghitung debit banjir rancangan di DAS Bangga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Rasional lebih mendekati nilai debit terukur dibanding metode Hasper, Melchior, dan HSS Nakayasu. Penelitian (Agustianto, 2014) juga menyatakan perhitungan debit banjir rancangan menggunakan metode Rasional menunjukkan hasil yang paling mendekati nilai debit terukur dikarenakan lebih cocok digunakan pada daerah tangkapan DAS yang kecil. Oleh karena itu, dalam riset ini dipakai metode Rasional dan HSS Nakayasu sebagai metode perhitungan debit banjir rencana.

Berdasarkan kajian di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode debit banjir rancangan yang dapat diterapkan pada Sub DAS Batang Tabir. Perhitungan dengan metode Rasional dan HSS Nakayasu yang dibandingkan dengan debit terukur diharapkan dapat memberikan informasi debit banjir yang terjadi pada daerah penelitian.

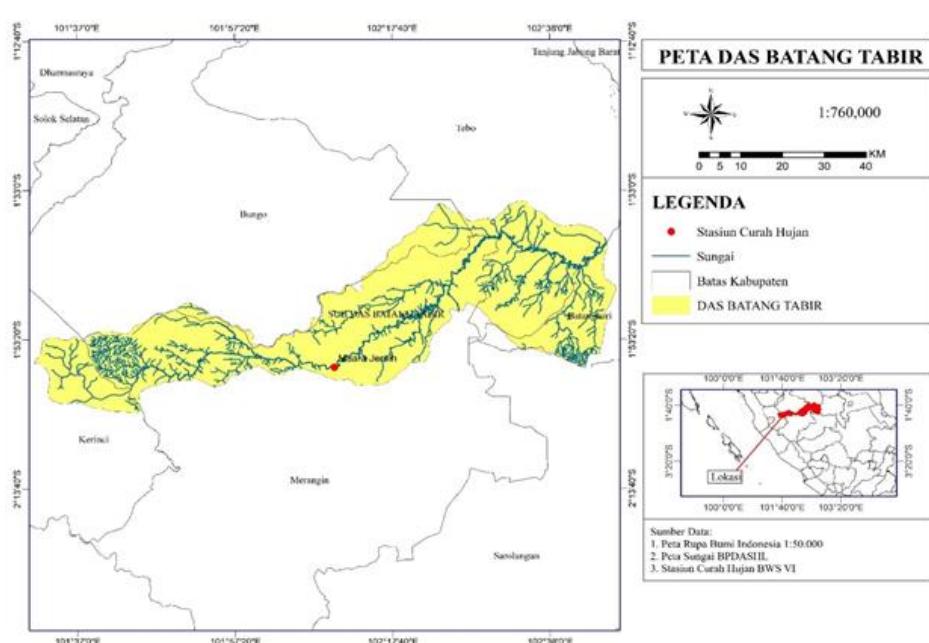
2. METODE

2.1 Lokasi Penelitian

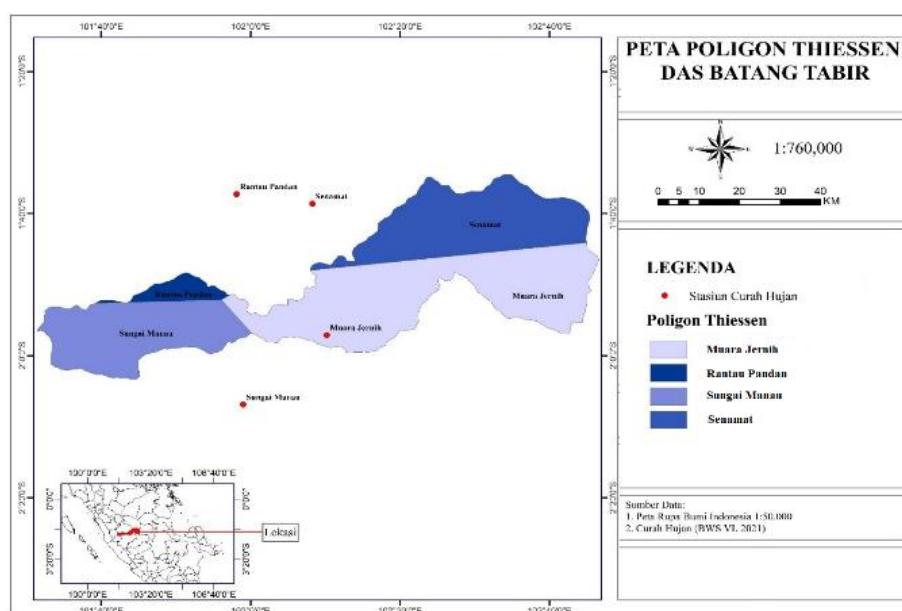
Lokasi penelitian ini berada di Sub DAS Batang Tabir, Kabupaten Merangin, Prov. Jambi yang merupakan bagian dari DAS Batanghari yang berbatasan langsung dengan Sub DAS Merangin Tembesi dan Sub DAS Batang Tebo. Secara geografis

Sub DAS ini terletak pada koordinat $01^{\circ}34'51,26''$ LS - $2^{\circ}3'22,58''$ LS dan $101^{\circ}23'50,25''$ BT - $102^{\circ}46'31,72''$ BT. Sungai Batang Tabir sangat penting untuk kebutuhan masyarakat yakni sebagai sumber air PDAM, irigasi, kebutuhan rumah tangga, dan perikanan. Selain itu, masyarakat juga menggunakan sungai Batang Tabir sebagai lokasi penambangan pasir, batu, dan emas. Berdasarkan data yang diperoleh dari BWS VI Prov. Jambi, Sub DAS Batang Tabir memiliki luas 243,263.27 Ha, panjang sungai 111.1 km² dengan morfologi sungai yang memanjang atau lonjong. Bentuk DAS mempengaruhi pola aliran

sungai dan ketajaman puncak banjir yang terjadi. Karakteristik morfologi pada Sub DAS ini menunjukkan bahwa waktu konsentrasi aliran cenderung lebih lama, sehingga fluktuasi banjir yang terjadi menjadi lebih rendah (Ningkeula, 2016). Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1. Pos stasiun curah hujan yang terdapat pada Sub DAS Batang Tabir terdiri dari 4 stasiun curah hujan yaitu Stasiun Muara Jernih, Sungai Manau, Senamat dan Rantau Pandan. Berikut disajikan peta poligon thiessen Sub DAS Batang Tabir pada Gambar 2.



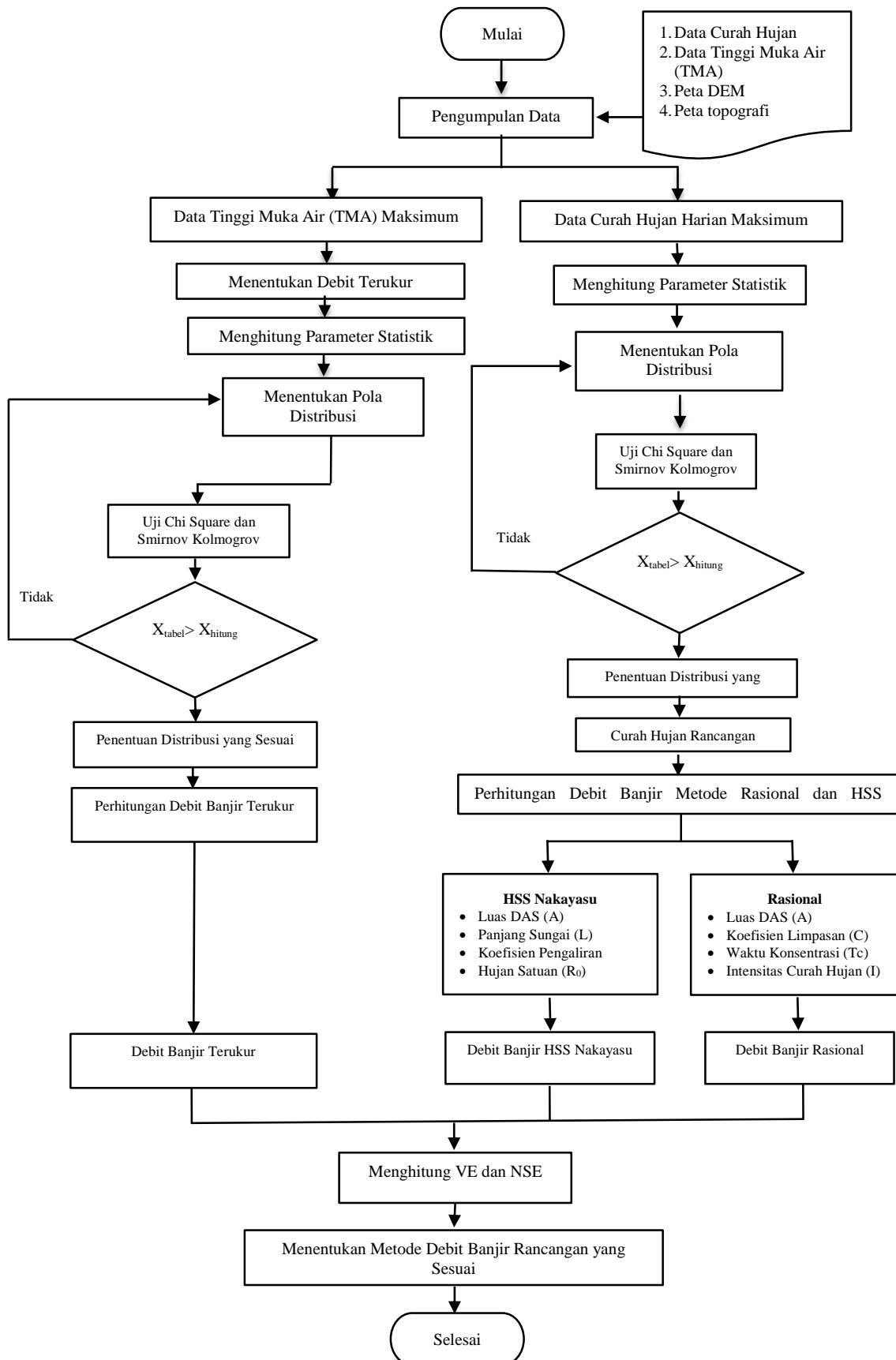
Gambar 1. Lokasi penelitian



Gambar 2. Peta Poligon Thiessen Sub DAS Batang Tabir

2.2 Bagan Alir Penelitian

Tahapan penelitian digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan alir penelitian

2.3 Prosedur Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini meliputi data curah hujan harian selama periode 10 tahun, data harian Tinggi Muka Air (TMA) Sungai Batang Tabir dalam rentang waktu yang sama, peta topografi, dan peta DEM yang diperoleh dari BWS Sumatera VI dan BPDAS Kota Jambi. Data curah hujan yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari 4 Stasiun Curah Hujan yaitu Muara Jernih, Sungai Manau, Senamat dan Rantau Pandan. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini ialah:

1. Mengumpulkan data curah hujan harian selama 10 tahun pada 4 stasiun curah hujan, data TMA harian periode 2011–2020, peta topografi, peta penggunaan lahan dan peta DEM yang diperoleh dari BWS Sumatera VI dan BPDAS Kota Jambi.
2. Mengidentifikasi karakteristik hidrologi sungai Batang Tabir yang mencakup luas Daerah Aliran Sungai (DAS), panjang sungai utama, kemiringan (*slope*), perubahan tutupan lahan dan koefisien aliran permukaan (C).
3. Analisis curah hujan maksimum selama periode 2011 – 2020. Data curah hujan diurutkan dan diambil nilai maksimum setiap tahunnya untuk masing-masing stasiun hujan yang digunakan dalam analisis.
4. Analisis curah hujan rata-rata wilayah pada catchment area Sub DAS Batang Tabir dilakukan dengan menggunakan metode Poligon Thiessen.
5. Analisis curah hujan kawasan pada *catcment area* Sub DAS Batang Tabir menggunakan metode Poligon Thiessen. Metode ini diterapkan dengan membentuk poligon berdasarkan lokasi masing-masing stasiun pencatat curah hujan yang berada di sekitar Sub DAS. Selanjutnya, wilayah Sub DAS dibagi menjadi beberapa area yang merepresentasikan pengaruh masing-masing stasiun berdasarkan hasil pembagian poligon tersebut. Pemilihan metode Poligon Thiessen berdasarkan acuan penelitian (Trinugroho, 2018; Wardana et al., 2024).

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{A_i \cdot P_i}{A_{\text{total}}} \quad (1)$$

dimana R adalah curah hujan kawasan (mm), A_i adalah luas daerah yang mewakili stasiun (km^2), A_{total} adalah luas total (km^2), dan P_i adalah curah hujan harian maksimum tiap stasiun (mm).

6. Penentuan metode distribusi dilakukan melalui analisis statistik dengan melihat koefisien distribusi. Selanjutnya, uji kecocokan dilakukan menggunakan metode Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov untuk menentukan distribusi yang paling sesuai dengan data. Analisis distribusi frekuensi dilakukan dengan menggunakan metode Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Person Tipe III. Berdasarkan hasil perhitungan parameter statistik, distribusi frekuensi yang

digunakan pada penelitian ini adalah metode Gumbel (Jarwinda & Badhurahman, 2021; Wardana et al., 2024; Widyawati et al., 2021).

7. Analisis curah hujan rencana pada periode 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun berdasarkan persyaratan metode distribusinya. Perhitungan curah hujan rencana menggunakan distribusi Gumbel disajikan pada Persamaan 2 (Jarwinda & Badhurahman, 2021; Widyawati et al., 2021).

$$X_T = \bar{X} + \frac{S_d}{S_n} (Y_{tr} - Y_n) \quad (2)$$

dimana X_T adalah besarnya curah hujan pada periode ulang T tahun, \bar{X} adalah curah hujan rata-rata, S_d adalah simpangan baku, S_n adalah standar deviasi dari reduksi variat yang nilainya tergantung dari jumlah data, Y_n adalah nilai rata-rata dari reduksi vaeriat yang nilainya tergantung dari jumlah data, dan Y_{tr} adalah nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun.

8. Analisis data debit terukur berupa data tinggi muka air menggunakan persamaan lengkung debit. Selanjutnya, debit banjir terukur pada periode ulang T tahun dihitung menggunakan analisis statistic (Wardana et al., 2024). Persamaan lengkung debit dapat dilihat pada persamaan berikut (Nomleni et al., 2019).

$$Q = 2.607 \times (H + 0.863)^{2.262} \quad (3)$$

dimana Q adalah debit terukur (m/detik^3) dan H adalah tinggi muka air (m).

9. Analisis perkiraan debit banjir Sub DAS Batang Tabir menggunakan metode Rasional dan metode HSS Nakayasu.
10. Melakukan evaluasi ketelitian model terhadap hasil debit banjir metode Rasional dan metode HSS Nakayasu dengan debit terukur. Evaluasi model pada penelitian ini menggunakan analisis statistik dengan menentukan nilai Volume Kesalahan (VE), dan *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) untuk setiap data curah hujan yang digunakan (Nomleni et al., 2019; Wardana et al., 2024). Rumus menghitung VE dan NSE disajikan pada persamaan berikut.

- a. Selisih volume kesalahan (VE)

$$VE = \frac{\sum X_i - \sum Y_i}{\sum X_i} \times 100\% \quad (4)$$

- b. *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE)

$$NSE = 1 - \frac{\sum (X_i - Y_i)^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \quad (5)$$

dimana VE adalah kesalahan Volume (%), X_i adalah debit terukur (m^3/s), Y_i adalah debit terhitung (m^3/s), dan NSE adalah tingkat kesesuaian debit terhitung dan debit terukur. Nilai NSE ada dalam cakupan $-\infty \leq NSE \leq 1$, dengan $NSE = 1$ ialah yang paling baik.

2.4 Metode Rasional

Debit banjir rencana menggunakan metode rasional dihitung dengan beberapa prosedur yaitu berdasarkan acuan penelitian (Marcelia et al., 2019; N. K. Sari & Irawan, 2021; Suripin, 2004).

a. Menghitung waktu konsentrasi (T_c)

Waktu konsentrasi suatu DAS adalah waktu yang diperlukan air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai keluarah DAS. Waktu konsentrasi ditentukan berdasarkan panjang sungai dan perbedaan tinggi elevasi DAS. Waktu konsentrasi dihitung menggunakan Persamaan 6 dan kemiringan sungai dihitung dengan Persamaan 7.

$$T_c = \left(\frac{0.87 * L^2}{1000 * S} \right)^{0.385} \quad (6)$$

$$S = \frac{\Delta H}{0.9 * L} \quad (7)$$

dimana L adalah panjang sungai (aliran) (km), S adalah kemiringan sungai, dan ΔH adalah beda elevasi hulu dan hilir sungai.

b. Menghitung koefisien limpasan (C)

Koefisien limpasan merupakan perbandingan antara debit puncak aliran permukaan dengan intensitas curah hujan. Nilai koefisien ini ditentukan berdasarkan proporsi luas tutupan lahan yang terdapat di wilayah kajian, serta mempertimbangkan nilai koefisien limpasan yang dimiliki oleh masing-masing jenis tutupan lahan. Koefisien limpasan dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan 8.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (8)$$

dimana C_i adalah koefisien limpasan permukaan jenis tutupan lahan i , A_i adalah luas lahan dengan jenis penutup lahan i (km^2), dan n adalah jumlah penutup lahan.

c. Menghitung intensitas curah hujan (I)

Intensitas hujan untuk waktu konsentrasi (T_c) tertentu dapat dihitung menggunakan persamaan Mononobe, yaitu sebagai berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3} \quad (9)$$

dimana I adalah intensitas hujan (mm/jam), R_{24} adalah curah hujan maksimum pada T tahun (mm), dan T_c adalah waktu konsentrasi (jam).

d. Menghitung debit banjir

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A \quad (10)$$

dimana Q adalah debit banjir rancangan (m^3/s), C adalah koefisien limpasan permukaan, A adalah luas DAS (km^2), dan I adalah intensitas hujan (mm/jam).

2.5 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Prosedur perhitungan HSS Nakayasu berdasarkan acuan penelitian (Adoe et al., 2022; A. N. S. Sari et al., 2020; Wardana et al., 2024).

a. Distribusi curah hujan jam-jaman

Dalam metode HSS Nakayasu, distribusi curah hujan jam-jaman dihitung menggunakan persamaan Mononobe apabila waktu hujan tidak diketahui (Ayuni et al., 2023; Suripin, 2004).

b. Curah Hujan Efektif

Perhitungan curah hujan efektif dilakukan dengan mempertimbangkan koefisien limpasan, distribusi curah hujan jam-jaman, serta curah hujan rencana yang ditetapkan berdasarkan distribusi probabilitas yang telah dipilih sebelumnya. Curah hujan efektif dapat dihitung menggunakan persamaan, yaitu:

$$R_o = C \times R \quad (11)$$

dimana R_o adalah hujan efektif, C adalah koefisien pengaliran, dan R adalah curah hujan rencana.

c. Menghitung waktu keterlambatan (*time lag*, tg)

$$tg = 0.40 + 0.058xL \text{ untuk } L > 15 \text{ km} \quad (12)$$

$$tg = 0.21 + L^{0.7} \text{ untuk } L < 15 \text{ km} \quad (13)$$

dimana L adalah panjang sungai (km).

d. Menghitung waktu dan debit puncak HSS

$$t_r = 0.75 \times tg \quad (14)$$

dimana t_r adalah lama hujan efektif yang besarnya $0.5 \sim 1$ tg .

e. Menghitung waktu debit sama dengan 0.3 kali debit puncak

$$t_{0,3} = \alpha \times tg \quad (15)$$

dimana $t_{0,3}$ adalah waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak debit sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam).

f. Menghitung debit puncak (t_p)

$$t_p = t_g + 0.8 \quad (16)$$

g. Menghitung debit puncak hidrograf

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_o}{3.6 (0.3 t_p + 0.3)} \quad (17)$$

dimana Q_p adalah debit banjir ($m^3/detik$), C adalah koefisien pengaliran, A adalah luas DAS (km^2), R_o adalah hujan satuan (mm), t_p adalah tenggang waktu (*time lag*) dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam), dan $t_{0,3}$ adalah waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak debit sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Curah Hujan Wilayah

Data curah hujan harian periode 2011 hingga 2020 yang diperoleh dari 4 pos pengamatan curah hujan, yaitu Stasiun Muara Jernih, Sungai Manau, Senamat, dan Rantau Pandan. Selanjutnya, data tersebut direkap menjadi curah hujan harian maksimum tahunan. Nilai curah hujan maksimum tahunan diperoleh dengan

memilih curah hujan harian tertinggi dari rentang bulan Januari hingga Desember dalam satu tahun untuk setiap stasiun tersebut.

Kemudian dihitung rata-rata curah hujan maksimum tahunan dengan memperhitungkan bobot dari tiap pos stasiun curah hujan yang mewakili luasan

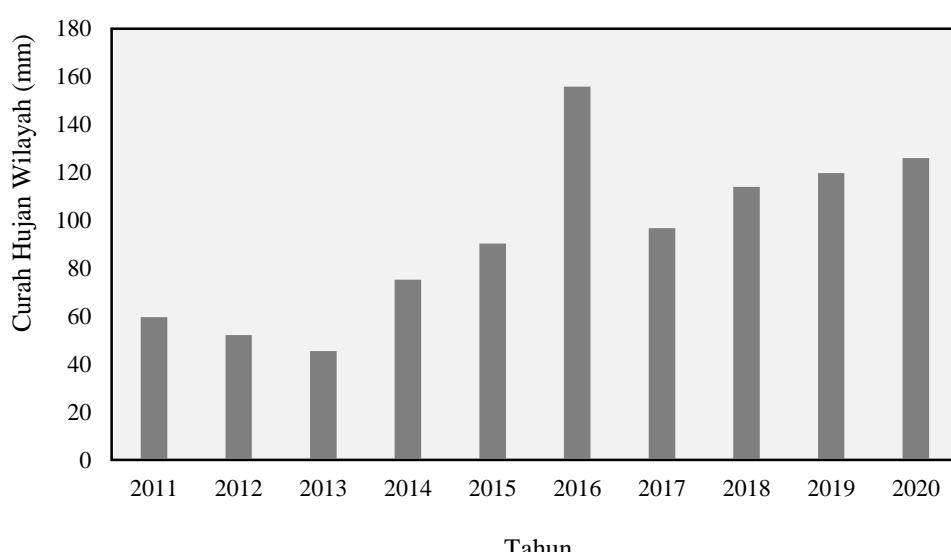
sekitarnya. Data curah hujan yang kosong dihitung dengan menggunakan metode Normal Rasio. Tabel Data curah hujan harian maksimum setiap stasiun curah hujan Sub DAS Batang Tabir dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Curah hujan maksimum pada pos stasiun hujan di Sub DAS Batang Tabir

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)			
		Muara Jernih	Sungai Manau	Senamat	Rantau Pandan
		Luas Stasiun	Curah Hujan (km ²), A _i		
		1,067.92	571.67	703.03	90.01
1	2011	88.00	40.00	53.38	37.00
2	2012	45.00	66.00	44.00	116.00
3	2013	56.00	31.00	42.00	97.00
4	2014	79.00	31.00	98.00	60.00
5	2015	125.00	73.00	80.00	51.00
6	2016	60.00	259.00	158.00	175.00
7	2017	95.00	85.00	104.00	101.00
8	2018	145.00	145.00	110.00	104.00
9	2019	138.00	120.00	111.00	78.00
10	2020	129.00	129.00	130.00	93.00

Analisis curah hujan kawasan pada penelitian ini dilakukan dengan metode Poligon Thiessen. Poligon Thiessen digunakan ketika pos pengamatan hujan distribusinya tidak merata dan ketersediaannya terbatas jika dibandingkan dengan luas wilayah. Metode Poligon Thiessen dilakukan untuk menentukan luasan yang dipengaruhi oleh stasiun curah hujan di lokasi terkait (Dwirani, 2019; Wardana et al., 2024). Setiap stasiun dihitung persentase keterpengaruhannya

terhadap daerah yang dianalisis. Besarnya bobot persentase keterpengaruhannya masing-masing stasiun hujan tersebut adalah Stasiun Muara Jernih 43.9% (1,067.92 km²), Stasiun Sungai Manau 23.5% (571.67 km²), Stasiun Senamat 28.9 (703.03 km²), dan Stasiun Rantau Pandan 3.7% (90.01 km²). Hasil perhitungan Poligon Thiessen pada Sub DAS Batang Tabir dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Curah hujan wilayah Sub DAS Batang Tabir

3.2 Analisis Frekuensi dan Curah Hujan Rancangan

Analisis frekuensi dilakukan untuk memprediksi kemungkinan suatu besaran hujan atau debit melebihi atau mencapai nilai tertentu dalam periode waktu tertentu seperti 5 tahun atau 10 tahun dan berikutnya. Analisis frekuensi berguna untuk menetapkan nilai hujan rencana dan debit banjir rencana berdasarkan periode ulang tertentu (Wardana et al., 2024).

Pada penelitian ini analisis frekuensi dilakukan dengan menghitung parameter statistic C_s , C_v , C_k untuk menentukan distribusi yang sesuai dengan syarat statistik yang ditentukan. Analisis distribusi frekuensi dilakukan dengan menggunakan metode Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Person Tipe III. Berdasarkan analisis yang dilakukan maka distribusi frekuensi yang dipilih adalah distribusi Gumbel, karena distribusi ini memenuhi kriteria kesesuaian berdasarkan parameter statistik yang dianalisis. Hasil analisis frekuensi dan jenis distribusi terpilih disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis frekuensi dan jenis distribusi terpilih

Jenis Sebaran	Hasil Perhitungan		Syarat	Keterangan
Normal	$C_s = 0.23$	$C_s = 0$	Tidak	Memenuhi
	$C_k = 3.2$	$C_k = 3$		
Gumbel	$C_s = 0.23$	$C_s \leq 1.1396$	Memenuhi	
	$C_k = 3.2$	$C_k \leq 5.4002$		
Log normal	$C_k = 3.2$	$C_k = 5.383$	Tidak	Memenuhi
	$C_v = 0.38$	$C_v \sim 0.06$		
Log Pearson type III	$C_s = 0.23$	$C_s \neq 0$	Tidak	Memenuhi
	$C_k = 3.2$	Selain ketiga distribusi tersebut		

Setelah menentukan jenis distribusi frekuensi, langkah selanjutnya adalah menguji kecocokan distribusi frekuensi yang digunakan untuk menetapkan apakah distribusi frekuensi yang diperkirakan dapat menggambarkan distribusi sampel yang dianalisis. Pengujian sebaran dilakukan dengan Uji Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov. Hasil pengujian kecocokan menunjukkan bahwa metode distribusi Gumbel sesuai syarat untuk Uji Smirnov Kolmogorov dan Uji Chi Square yakni nilai simpangan maksimum yang dihitung lebih kecil dari simpangan kritis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode Gumbel dapat digunakan untuk menganalisis curah hujan rancangan.

Analisis curah hujan rencana merupakan curah hujan harian maksimum yang dapat terjadi dalam periode ulang tertentu (Jarwinda & Badhurahman, 2021). Nilai curah hujan rencana ini dapat digunakan sebagai dasar dalam perhitungan debit banjir rencana, yang selanjutnya dimanfaatkan untuk keperluan

perencanaan infrastruktur atau konstruksi bangunan air (Adiyani, 2019). Curah hujan rancangan dengan distribusi Gumbel disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Curah hujan rancangan dengan distribusi Gumbel

Periode Ulang (T)	Xrata-rata	Sd	KTr	Hujan Rancangan (XT)
2	92.56	35.94	-0.135	88.77
5	92.56	35.94	1.058	131.65
10	92.56	35.94	1.848	160.03
25	92.56	35.94	2.846	195.91
50	92.56	35.94	3.586	222.52
100	92.56	35.94	4.321	248.93

Tabel 3 menyajikan nilai curah hujan rancangan yang dihitung menggunakan metode Gumbel mendapatkan hasil yang beragam, hasil ini menunjukkan hujan rancangan berbanding lurus dengan periode ulang, semakin lama waktu periode ulang maka curah hujan rencana yang dihasilkan juga akan semakin tinggi (Ruhiat, 2022).

3.3 Koefisien Limpasan

Luas Sub DAS Batang Tabir sebesar 2,432.63 km^2 dengan penggunaan lahannya didominasi oleh kebun campur, semak belukar terbesar kedua dan hutan lahan kering sekunder menduduki terbesar ketiga. Berdasarkan perhitungan diketahui besarnya nilai koefisien aliran permukaan (C) untuk Sub DAS Batang Tabir sebesar 0.142. Besarnya nilai C untuk setiap tata guna lahan di Sub DAS Batang Tabir disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan koefisien limpasan pada Sub DAS Batang Tabir

Jenis Tutupan Lahan	Luas (km^2)	C (%)	A x C (km^2)
Hutan lahan kering sekunder	451.33	0.05	22.57
Hutan tanaman	16.69	0.05	0.83
Semak/Belukar	586.53	0.07	41.06
Kebun campur	963.22	0.20	192.64
Pemukiman	33.51	0.60	20.10
Terbuka	33.57	0.20	6.71
Perairan	17.59	0.05	0.88
Rawa	1.22	0.07	0.09
Pertanian lahan kering	24.71	0.10	2.47
Pertanian lahan kering campur	251.33	0.10	25.13
Transmigrasi	33.81	0.60	16.90
Pertambangan	19.12	0.90	17.21
Total	2,432.63		346.60

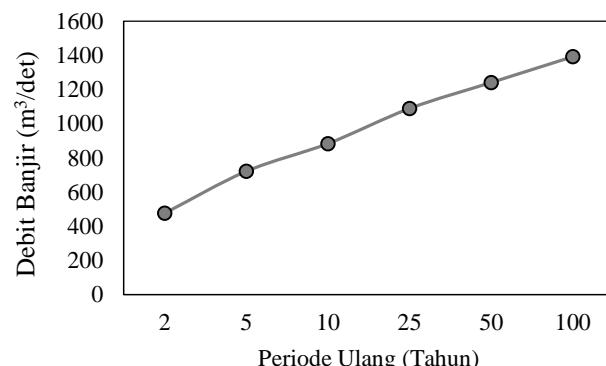
3.4 Analisis Debit Banjir Rancangan Metode Rasional

Metode Rasional adalah salah satu pendekatan empiris yang digunakan untuk memperkirakan debit banjir sungai atau saluran. Analisis Debit banjir rancangan untuk metode Rasional mempertimbangkan parameter koefisien limpasan permukaan, intensitas curah hujan dan luas Sub DAS Batang Tabir. Debit banjir rancangan Sub DAS Batang Tabir dengan metode Rasional dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Debit banjir rancangan Sub DAS Batang Tabir dengan Metode Rasional

Periode Ulang	C	I	A	Q
2	0.142	5.13	2,432.63	494.05
5	0.142	7.60	2,432.63	732.70
10	0.142	9.24	2,432.63	890.68
25	0.142	11.32	2,432.63	1,090.36
50	0.142	12.85	2,432.63	1,238.47
100	0.142	14.38	2,432.63	1,385.48

Gambar 5 menunjukkan debit banjir rancangan dengan metode Rasional di Sub DAS Batang Tabir pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun masing-masing sebesar $494.05 \text{ m}^3/\text{detik}$, $732.70 \text{ m}^3/\text{detik}$, $890.68 \text{ m}^3/\text{detik}$, $1,090.36 \text{ m}^3/\text{detik}$, $1,238.47 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan $1,385.48 \text{ m}^3/\text{detik}$.



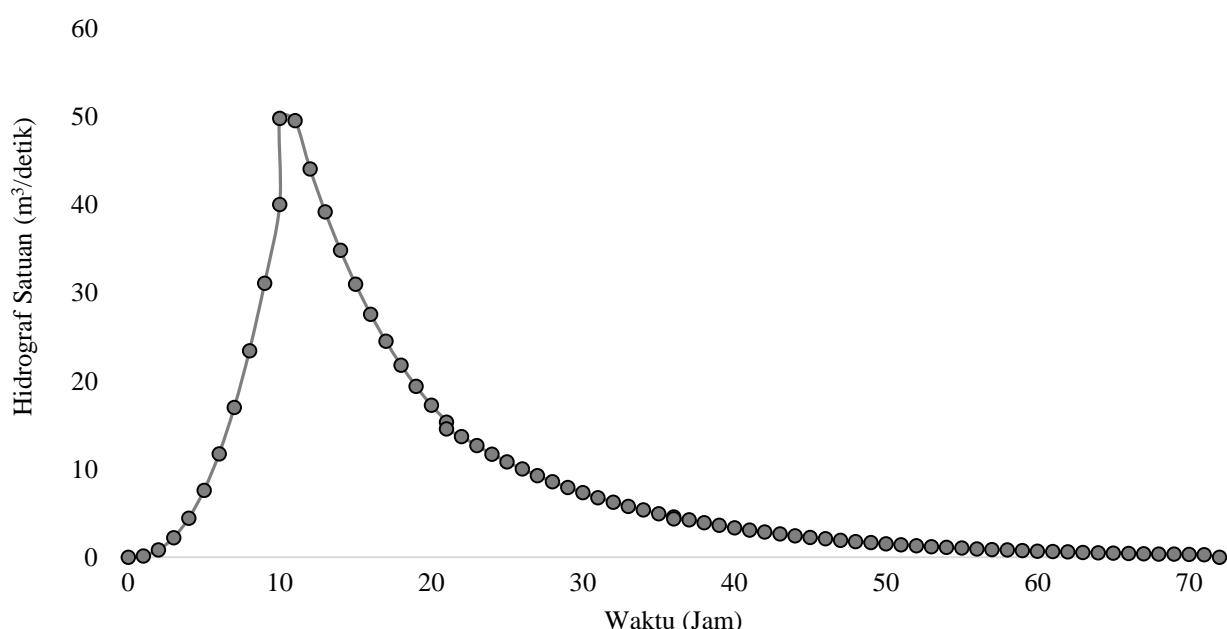
Gambar 5. Debit banjir rancangan dengan metode Rasional di Sub DAS Batang Tabir

3.5 Analisis Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu

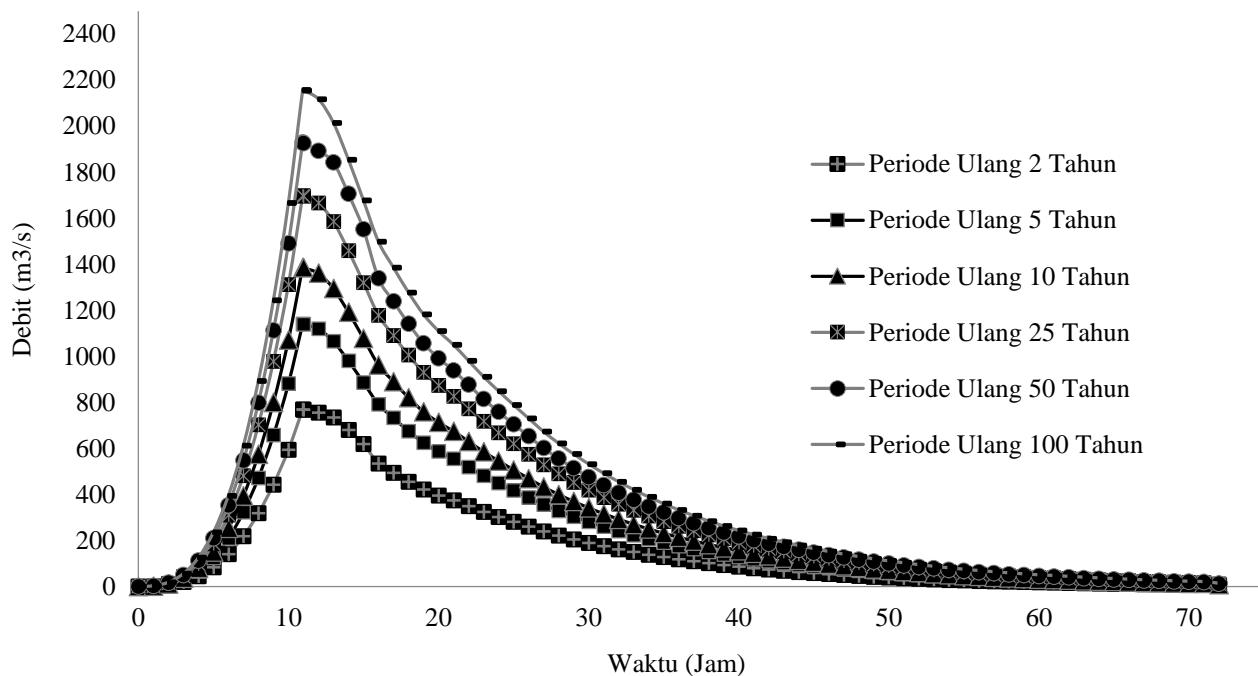
Metode HSS Nakayasu dalam perhitungannya membutuhkan beberapa parameter karakteristik hidrologi yaitu luas Sub DAS Batang Tabir (A), panjang sungai Batang Tabir (L), parameter alfa (α), koefisien pengaliran (C) dan hujan satuan (Ro) (Seran et al., 2020). Parameter Sub DAS Batang Tabir dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Indikator karakteristik hidrologi Sub DAS Batang Tabir

No.	Indikator	Besaran
1	Luas Sub DAS/A (km^2)	2,432.63
2	Panjang Sungai Batang Tabir /L (km)	111.13
3	Parameter alfa (α)	1.5
4	Koefisien Pengaliran (K)	0.142
5	Hujan Satuan (Ro)	1



Gambar 6. Ordinat metode HSS Nakayasu



Gambar 7. Rekapitulasi debit banjir rancangan metode HSS Nakayasu

Gambar 6 menunjukkan bahwa diagram HSS Nakayasu menyajikan gambaran debit mulai dari awal hujan, saat banjir, dan berakhir banjir (Nggarang et al., 2020). Selanjutnya dilakukan rekapitulasi perhitungan debit banjir rancangan untuk kala ulang yang ditentukan. Besarnya debit banjir rancangan Sub DAS Batang Tabir menggunakan metode HSS Nakayasu pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun secara berturut-turut sebesar $769.32 \text{ m}^3/\text{detik}$, $1,140.93 \text{ m}^3/\text{detik}$, $1,386.93 \text{ m}^3/\text{detik}$, $1,697.86 \text{ m}^3/\text{detik}$, $1,928.49 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan $2,157.41 \text{ m}^3/\text{detik}$. Rekapitulasi debit banjir rancangan metode HSS Nakayasu disajikan pada Gambar 7.

3.6 Analisis Debit Banjir Terukur

Data Tinggi Muka Air (TMA) selama 10 tahun dari periode 2011-2020 yang diperoleh kemudian dirata-ratakan setiap tahun dan dimasukkan ke dalam persamaan lengkung debit (*rating curve*) outlet Sub DAS Batang Tabir sehingga menghasilkan nilai debit terukur DAS Batang Tabir. Debit terukur dihitung dengan persamaan lengkung debit (*rating curve*), dimana persamaan ini membantu memperlihatkan hubungan antara tinggi muka air dan (Amalia et al., 2022). Hasil perhitungan data debit terukur berdasarkan data tinggi muka air (TMA) di DAS Batang Tabir disajikan pada Tabel 7.

Hasil analisis frekuensi dengan menggunakan parameter statistik. Menurut Lestari (2016) analisis frekuensi dapat digunakan untuk data debit maksimum sungai dalam satu tahun. Analisis frekuensi digunakan untuk mengetahui jenis distribusi yang tepat bagi

debit terukur. Hasil analisis frekuensi menunjukkan bahwa distribusi Gumbel merupakan jenis distribusi yang sesuai dan memenuhi kriteria. Kemudian dilakukan uji kecocokan menggunakan uji Chi-Square dan uji Smirnov-Kolmogorov. Uji kecocokan distribusi frekuensi menunjukkan bahwa distribusi metode Gumbel dapat diterima, karena nilai hitung yang dihasilkan oleh kedua uji lebih kecil dibandingkan nilai kritis (tabel). Selanjutnya debit terukur dihitung menggunakan metode distribusi Gumbel untuk menentukan debit banjir terukur. Debit banjir terukur di Sub DAS Batang Tabir dapat dilihat pada Tabel 8.

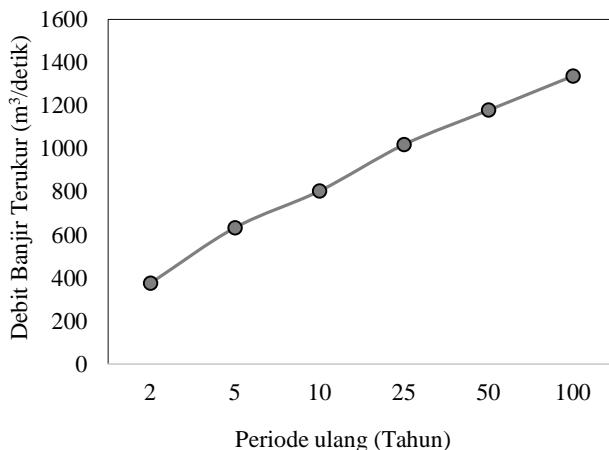
Tabel 7. Debit terukur dengan data TMA

Tahun	Tinggi Muka Air (mm)	Debit terukur (m^3/detik)
2011	6.13	211.93
2012	5.90	196.64
2013	5.72	185.21
2014	4.82	132.83
2015	8.67	427.47
2016	11.50	769.71
2017	8.90	451.50
2018	9.10	472.07
2019	9.97	571.34
2020	10.42	625.59

Tabel 8. Debit banjir terukur di Sub DAS Batang Tabir

Periode Ulang (T)	Xrata-rata	Sd	KT	Debit Banjir (m ³ /detik)
2	404.43	215.92	-0.135	375.22
5	404.43	215.92	1.057	632.83
10	404.43	215.92	1.847	803.36
25	404.43	215.92	2.845	1,018.88
50	404.43	215.92	3.586	1,178.75
100	404.43	215.92	4.321	1,337.44

Gambar 8 menunjukkan debit banjir terukur di Sub DAS Batang Tabir pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun masing-masing sebesar $375.22 \text{ m}^3/\text{detik}$, $632.83 \text{ m}^3/\text{detik}$, $803.36 \text{ m}^3/\text{detik}$, $1,018.88 \text{ m}^3/\text{detik}$, $1,178.75 \text{ m}^3/\text{detik}$, dan $1,337.44 \text{ m}^3/\text{detik}$.

**Gambar 8.** Debit banjir terukur

3.7 Validasi dan Evaluasi Hasil Analisis Debit Banjir Rancangan

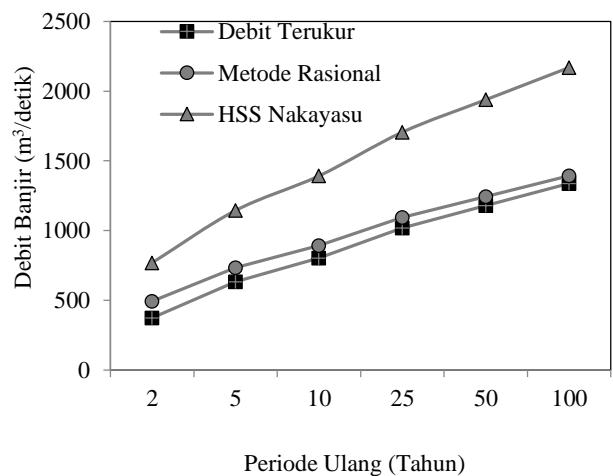
Debit banjir rancangan pada metode Rasional dan HSS Nakayasu selanjutnya divalidasi dengan debit banjir terukur. Validasi dilakukan dengan membandingkan debit banjir rancangan yang dihitung dengan metode Rasional dan HSS Nakayasu dengan debit banjir terukur sebagai kontrol, seperti disajikan pada Gambar 9.

Gambar 9 menunjukkan bahwa debit banjir rancangan di Sub DAS Batang Tabir yang dihitung dengan metode HSS Nakayasu menghasilkan debit banjir lebih besar dibandingkan debit banjir metode Rasional dan debit banjir terukur. Debit banjir dari kedua metode yang digunakan lebih tinggi dari pada

debit banjir terukur (kontrol) untuk semua periode ulang. Debit banjir metode Rasional nilainya lebih mendekati debit terukur dibandingkan metode HSS Nakayasu.

Hasil perhitungan tersebut selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian debit banjir rencana yang diperoleh dari metode Rasional dan HSS Nakayasu terhadap data debit banjir terukur melalui analisis statistik. Evaluasi dilakukan dengan mencari nilai Volume Kesalahan (VE) dan *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE). Selisih volume kesalahan adalah model yang digunakan untuk menentukan seberapa persen kesalahan yang terjadi antara debit terukur dan debit terhitung. Selain itu, Wardana et al. (2024) menyatakan bahwa nilai VE menunjukkan tingkat kesalahan debit banjir rancangan terhadap debit banjir terukur.

Berdasarkan hasil uji statistik yang dilakukan dihasilkan nilai rata-rata volume kesalahan (VE) debit banjir rancangan pada metode Rasional adalah 9% dan debit banjir rancangan metode HSS Nakayasu adalah 69%. Hasil ini menunjukkan bahwa debit banjir metode Rasional memiliki tingkat kesalahan lebih rendah terhadap debit banjir terukur (kontrol) dibandingkan debit banjir rancangan metode HSS Nakayasu. Hasil perhitungan volume kesalahan (VE) debit banjir rancangan menggunakan metode Rasional dan HSS Nakayasu terhadap debit banjir terukur terlihat pada Tabel 9.

**Gambar 9.** Perbandingan debit banjir rancangan metode Rasional dan HSS Nakayasu terhadap debit banjir terukur

Tabel 9. Hasil perhitungan volume kesalahan (VE) metode Rasional dan HSS Nakayasu terhadap debit banjir terukur

Periode Ulang	Debit Banjir Terukur (m ³ /detik)		Debit Banjir Metode Rasional		Debit Banjir Metode HSS Nakayasu	
	T	(X)	(m ³ /detik)	(X-Y)	(m ³ /detik)	(X-Y)
2	375.22	494.05	494.05	118.83	769.32	394.10
5	632.82	732.70	732.70	99.88	1,140.93	508.11
10	803.35	890.68	890.68	87.33	1,386.94	583.59
25	1,018.88	1,090.36	1,090.36	71.48	1,697.86	678.98
50	1,178.75	1,238.47	1,238.47	59.72	1,928.49	749.74
100	1,337.44	1,385.48	1,385.48	48.04	2,157.41	819.98
Jumlah	5,346.47	5,831.76	5,831.76	485.29	9,080.96	3,734.49
VE (%)			9		69	

Selanjutnya dilakukan uji statistik *dengan Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE). *Nash Sutcliffe Efficiency* adalah perhitungan statistik yang banyak digunakan untuk menilai keandalan suatu model hidrologi (McCuen et al., 2006). NSE mengindikasi seberapa dekat hasil antara debit terukur dan debit terhitung (Zulaeha et al., 2020). Besarnya nilai NSE yang dihasilkan pada metode Rasional sebesar 0.94 sedangkan metode HSS Nakayasu sebesar 0.17. Uji *Nash Sutcliffe Efficiency* memiliki empat kategori, yaitu NSE dikatakan sangat baik apabila nilai NSE yang dihasilkan memiliki nilai $0.75 < \text{NSE} \leq 1.00$, baik jika NSE memiliki nilai $0.65 < \text{NSE} \leq 0.75$, memuaskan

apabila NSE memiliki nilai $0.50 < \text{NSE} \leq 0.65$, dan dikatakan kurang memuaskan apabila NSE memiliki nilai ≤ 0.50 (Motovilov et al., 1999). Oleh karena itu, nilai NSE pada metode Rasional termasuk kategori sangat baik karena memiliki nilai ≥ 0.75 . Menurut (Nomleni et al., 2019) apabila nilai NSE semakin mendekati 1, maka performa metode yang digunakan semakin baik. Sementara pada metode HSS Nakayasu nilai NSE yang dihasilkan kurang memuaskan karena memiliki nilai ≤ 0.50 . Perhitungan uji NSE disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Perhitungan uji *Nash Sutcliffe Efficiency*

Periode Ulang	Debit Banjir Terukur (m ³ /detik)	Debit Banjir Rancangan Metode Rasional					Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu				
		X		Y		-X		(X - Y) ²		(X - -X) ²	
		X	Y	-X	(X - Y) ²	(X - -X) ²	Y	-X	(X - Y) ²	(X - -X) ²	(m ³ /detik)
2	375.22	494.05	971.96	14,120.74	356,094.81	769.32	1,513.49	155,311.57	1,295,660.04		
5	632.82	732.70	971.96	9,976.01	115,013.60	1,140.93	1,513.49	258,176.11	775,580.33		
10	803.35	890.68	971.96	7,627.35	28,428.54	1,386.94	1,513.49	340,573.55	504,300.92		
25	1,018.88	1,090.36	971.96	5,109.23	2,201.76	1,697.86	1,513.49	461,015.32	244,639.98		
50	1,178.75	1,238.47	971.96	3,566.22	42,763.07	1,928.49	1,513.49	562,109.54	112,051.88		
100	1,337.44	1,385.48	971.96	2,308.20	133,357.56	2,157.41	1,513.49	672,359.20	30,994.99		
Jumlah				42,707.80	678,077.3			2,449,545.29	2,963,228.14		
NSE				0.94				0.17			

Hasil uji VE dan NSE menunjukkan bahwa metode Rasional lebih baik daripada metode HSS Nakayasu. Hal ini sejalan dengan pernyataan (Lestari, 2016) bahwa hasil nilai uji statistik tersebut menunjukkan bahwa suatu metode dapat diterima dan

digunakan jika nilai kesalahan yang dihasilkan memiliki nilai lebih kecil dibandingkan metode lainnya. Selain itu, metode Rasional dinilai lebih tepat dibandingkan HSS Nakayasu untuk digunakan pada Sub DAS Batang Tabir, mengingat wilayah tangkapan

air pada Sub DAS tersebut tergolong relatif kecil. Hal ini sesuai pernyataan (Agustianto, 2014) bahwa hasil perhitungan debit banjir rencana metode Rasional lebih mendekati debit terukur dikarenakan metode Rasional lebih cocok digunakan pada daerah tangkapan DAS yang kecil. Oleh karena itu, metode Rasional dapat digunakan sebagai penentuan banjir rencana di Sub DAS Batang Tabir.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa metode Rasional menghasilkan debit banjir yang lebih kecil dan lebih mendekati debit banjir terukur dibandingkan metode HSS Nakayasu. Hasil validasi dan evaluasi model menunjukkan metode Rasional lebih sesuai untuk menduga debit banjir rencana di Sub DAS Batang Tabir yaitu dengan nilai kesalahan (VE) yang kecil sebesar 9% dan nilai efisiensi model *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) sebesar 94% berada pada kategori sangat baik. Oleh karena itu, metode Rasional memiliki tingkat kecocokan yang lebih baik dan dapat dijadikan sebagai acuan dalam perencanaan infrastruktur di Sub DAS Batang Tabir. Penelitian kedepan dapat menggunakan data debit banjir rencana metode Rasional sebagai acuan dalam penelitian lanjutan ketika menggunakan aplikasi HEC-RAS sebagai alat pemodelan analisis hidrologi serta perlunya penggunaan data curah hujan dan tinggi muka air yang lebih banyak dan terkini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyani, L. (2019). Nilai Faktor Pertumbuhan untuk Estimasi Hujan Rencana di Pulau Jawa. *Jurnal Sumber Daya Air*, 15(1), 56–68. <https://doi.org/10.32679/jsda.v15i1.496>
- Adoe, D. P. A., Sina, D. A. T., & Krisnayanti, D. S. (2022). Analisis Debit Banjir pada DAS di Pulau Sumba dengan Metode HSS Nakayasu dan Metode HSS GAMA-1. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 1(1), 11–20. <https://doi.org/10.56860/jtsda.v1i1.6>
- Agustianto, D. A. (2014). Model Hubungan Hujan dan Runoff (Studi Lapangan). *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(2), 215–224.
- Amalia, M., Miranti, F. A., & Rahmadania, M. (2022). Analisis Kurva Lengkung Debit Sungai Martapura pada Pos Duga Air Gudang Tengah, Kecamatan Sungai Tabuk, Kabupaten Banjar Provinsi Kalimantan Selatan. *Buletin Profesi Insinyur*, 5(2), 51–55. <https://doi.org/10.20527/bpi.v5i2.126>
- Ayuni, T. P., Saputra, A. J., & Ginting, J. M. (2023). Analisis Banjir Metode Hidrograf Satuan Sintetis SCS dan Nakayasu DAS Pesung, Batam. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 20(2), 146–155. <https://doi.org/10.30630/jirs.v20i2.1031>
- BPS Merangin. (2022). *Luas Areal Tanaman dan Produksi Kelapa Sawit di Kabupaten Merangin*. Pertanian, Kehutanan, Perikanan.
- Dwirani, F. (2019). Menentukan Stasiun Hujan Dan Curah Hujan Dengan Metode Polygon Thiessen Daerah Kabupaten Lebak. *Jurnal Lingkungan Dan Sumber Daya Alam*, 2(2), 139–146.
- Jarwinda, & Badhurahman, A. (2021). Analisis Curah Hujan Rencana Dengan Menggunakan Distribusi Gumbel Untuk Wilayah Kabupaten Lampung Selatan. *Journal Of Scienc, Techology, and Virtual Cultur*, 1(1), 51–54.
- Kementerian Pembangunan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). *Pengelolaan Sumber Daya Air WS Batang Hari*.
- Kurniawan, H., Ardi, N. K., & Anwar, C. (2021). Analisis Faktor Penyebab Genangan Banjir Pada Badan Jalan (Studi Kasus : Simpang Raya Indah, Jalan Jendral Sudirman, Muka Kuning, Sei Beduk Batam). *Sigma Teknika*, 4(1), 70–80. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v4i1.3224>
- Lestari, U. S. (2016). Kajian Metode Empiris Untuk Menghitung Debit Banjir Sungai Negara Di Ruas Kecamatan Sungai Pandan (Alabio). *Poros Teknik*, 8(2), 86. <https://doi.org/10.31961/porosteknik.v8i2.373>
- Liza, S. W., Tarigan, S. D., & Rachman, L. M. (2015). *Kajian Dampak Eksansi Perkebunan Kelapa Sawit Terhadap Fungsi Hidrologi DAS Batang Tabir Menggunakan Model SWAT* [Thesis].
- Marcelia, Haricahyono, T., & Abu Asnah. (2019). The Precision of Empirical Methods in Calculating Flood Discharge Design in Bangga Watershed. *Sustainability*, 11(1), 1–14.
- McCuen, R. H., Knight, Z., & Cutter, A. G. (2006). Evaluation of the Nash–Sutcliffe Efficiency Index. *Journal of Hydrologic Engineering*, 11(6), 597–602. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2006\)11:6\(597\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2006)11:6(597))
- Motovilov, Y. G., Gottschalk, L., Engeland, K., & Rodhe, A. (1999). Validation of a distributed hydrological model against spatial observations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 98–99, 257–277. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(99\)00102-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(99)00102-1)
- Nggarang, Y. E. P., Pattiraja, A. H., & Henong, S. B. (2020). Analisa Perbandingan Penentuan Debit Rencana Menggunakan Metode Nakayasu Dan Simulasi Aplikasi HEC-HMS Di DAS Lowo Rea. *Eternitas: Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 23–33. <https://doi.org/10.30822/eternitas.v1i1.547>
- Ningkeula, E. S. (2016). Analisis karakteristik morfometri dan hidrologi sebagai ciri karakteristik biogeofisik DAS Wai Samal Kecamatan Seram Utara Timur Kobi Kabupaten Maluku Tengah. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 9(2), 76–86. <https://doi.org/10.29239/j.agrikan.9.2.76-86>
- Nomleni, R. A., Nasjono, J. K., & Bella, R. A. (2019). Perhitungan Debit Simulasi Dengan Debit Terukur Pada Das Manikin. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 141–152. <https://doi.org/10.35508/jts.8.2.141-152>
- Ruhiat, D. (2022). Implementasi Distribusi Peluang Gumbel Untuk Analisis Data Curah Hujan Rencana. *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, 7(1), 213. <https://doi.org/10.25157/teorema.v7i1.7137>
- Sari, A. N. S., Pranoto, R., & Suryan, V. (2020). Perhitungan Hidrograf Banjir dengan Metode Hidrograf Satuan Sintesis SCS (Soil Conservation Service) di Kota Palembang. *Journal of Airport Engineering Technology (JAET)*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.52989/jaet.v1i1.1>
- Sari, N. K., & Irawan, P. (2021). Penerapan Metode Empiris Di Das Batang Lembang Untuk Perhitungan Debit Banjir Rancangan. *Akselerasi : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(2). <https://doi.org/10.37058/aks.v2i2.2765>
- Sarminingsih, A. (2018). Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(1), 53. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v15i1.53-61>

- Seran, Y. M. H., Nasjono, J. K., & Ramang, R. (2020). Keakuratan Debit Maksimum Metode Nakayasu Pada Sungai Temef. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 141–151.
- Suripin. (2004). *Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan*. Andi.
- Sutapa, I. W. (2005). Kajian Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Untuk Perhitungan Debit Banjir Rancangan Di Daerah Aliran Sungai Kodina. *Mektek*, 7(1), 35–40.
- Trinugroho, M. W. (2018). Evaluasi Pengaruh Jumlah dan Posisi Stasiun Curah Hujan pada Simulasi Aliran Limpasan Di Sungai Ping, Thailand. *Jurnal Sumber Daya Air*, 14(1), 31–46. <https://doi.org/10.32679/jsda.v14i1.192>
- Wardana, I. G. N. K. M. A., Parwita, I. G. L. M., & Winaya, I. N. A. P. (2024). Evaluasi data curah hujan terukur dan satelit PERSIANN-CCS dalam analisis debit banjir rancangan terhadap debit banjir terukur di DAS Tukad Petanu. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 13(2), 148–158. <https://doi.org/10.22225/pd.13.2.10634.148-158>
- Widyawati, W., Yuniarti, D., & Goejantoro, R. (2021). Analisis Distribusi Frekuensi dan Periode Ulang Hujan. *Eksponensial*, 11(1), 65. <https://doi.org/10.30872/eksponensial.v11i1.646>
- Wuwur, C. W., Nasjono, J. K., & Utomo, S. (2019). Analisis Atas Debit Maksimum DAS Manikin Menggunakan Metode Rasional Dan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 69–80. <https://doi.org/https://doi.org/10.35508/jts.8.1.69-80>
- Yunus, M. G. (2019). *Sungai Batang Tabir Meluap, Ratusan Rumah di Jambi Terendam Banjir*. <Https://Www.Liputan6.Com/News/Read/3907091/Sungai-Batang-Tabir-Meluap-Ratusan-Rumah-Di-Jambi-Terendam-Banjir>.
- Zulaeha, S., Nur Faridah, S., Achmad, M., & Mubarak, H. (2020). Prediksi Debit Aliran Sub-DAS Bantimurung Menggunakan Model HEC-HMS. *Jurnal Agritechno*, 71–76. <https://doi.org/10.20956/at.v13i1.255>