

Evaluasi Analisis Debit Banjir Rancangan Bendungan Ameroro Kabupaten Konawe, Provinsi Sulawesi Tenggara

Reza Risaldi^{1*}, Rachmad Jayadi¹, Istiarto¹

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: rezarisaldi1999@mail.ugm.ac.id

INTISARI

Sub daerah aliran sungai (Sub DAS) Ameroro merupakan bagian dari DAS Konawehea sebagai daerah tangkapan air (DTA) Bendungan Ameroro dengan luas genangan 244,06 ha, yang salah satunya berfungsi sebagai pengendali banjir. Di Indonesia, umumnya ketersediaan data debit aliran kurang memadai, sehingga untuk keperluan analisis banjir rancangan harus dilakukan dengan cara yang teliti. Penetapan hidrograf satuan untuk hitungan alihragam hujan-aliran perlu memperhatikan ketersediaan data debit aliran pada kondisi esktrim besar dengan pendekatan yang secara ilmiah berdasarkan pemahaman hidrologi kejadian banjir. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi debit banjir rancangan untuk Bendungan Ameroro dengan menggunakan data terkini dan menggunakan pendekatan yang berbeda dari penelitian terdahulu dalam proses analisis hujan rancangan, pola distribusi hujan, serta dalam penentuan hidrograf satuan sintetik (HSS) yang cocok untuk diterapkan pada DTA Bendungan Ameroro. Hujan rancangan yang ditinjau adalah kala ulang 100 tahun, 1000 tahun, dan Probable Maximum Precipitation (PMP). Evaluasi kesesuaian HSS didasarkan pada parameter waktu puncak dan debit puncak dari hidrograf banjir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa HSS yang mendekati kondisi debit terukur adalah metode Limantara, HSS Nakayasu dan HSS SCS. Ketersediaan data debit terukur jam-jaman menjadi faktor penting dalam proses evaluasi dari ketelitian debit banjir rancangan yang dihasilkan.

Kata kunci: Banjir Rancangan, HSS, Bendungan Ameroro.

1 PENDAHULUAN

Sub daerah aliran sungai (Sub DAS) Ameroro merupakan bagian dari DAS Konawehea sebagai daerah tangkapan air (DTA) Bendungan Ameroro dengan luas genangan 244,06 ha yang berfungsi sebagai sumber air bagi penyediaan air baku dan irigasi, pengendali banjir, keperluan pembangkit listrik tenaga air, perikanan dan pariwisata. Dalam konteks pengelolaan risiko banjir, analisis debit banjir rancangan di suatu DAS merupakan aspek krusial dalam menentukan potensi bahaya serta kebutuhan infrastruktur pengendalian banjir. Pada sebuah DAS yang dilengkapi dengan bendungan, analisis ini menjadi semakin penting karena bendungan memiliki peran yang cukup signifikan dalam mengatur aliran air dan mempengaruhi pola banjir. Keamanan Bendungan menjadi salah satu faktor pertimbangan dalam pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan (Rosytha dan Suryana, 2023).

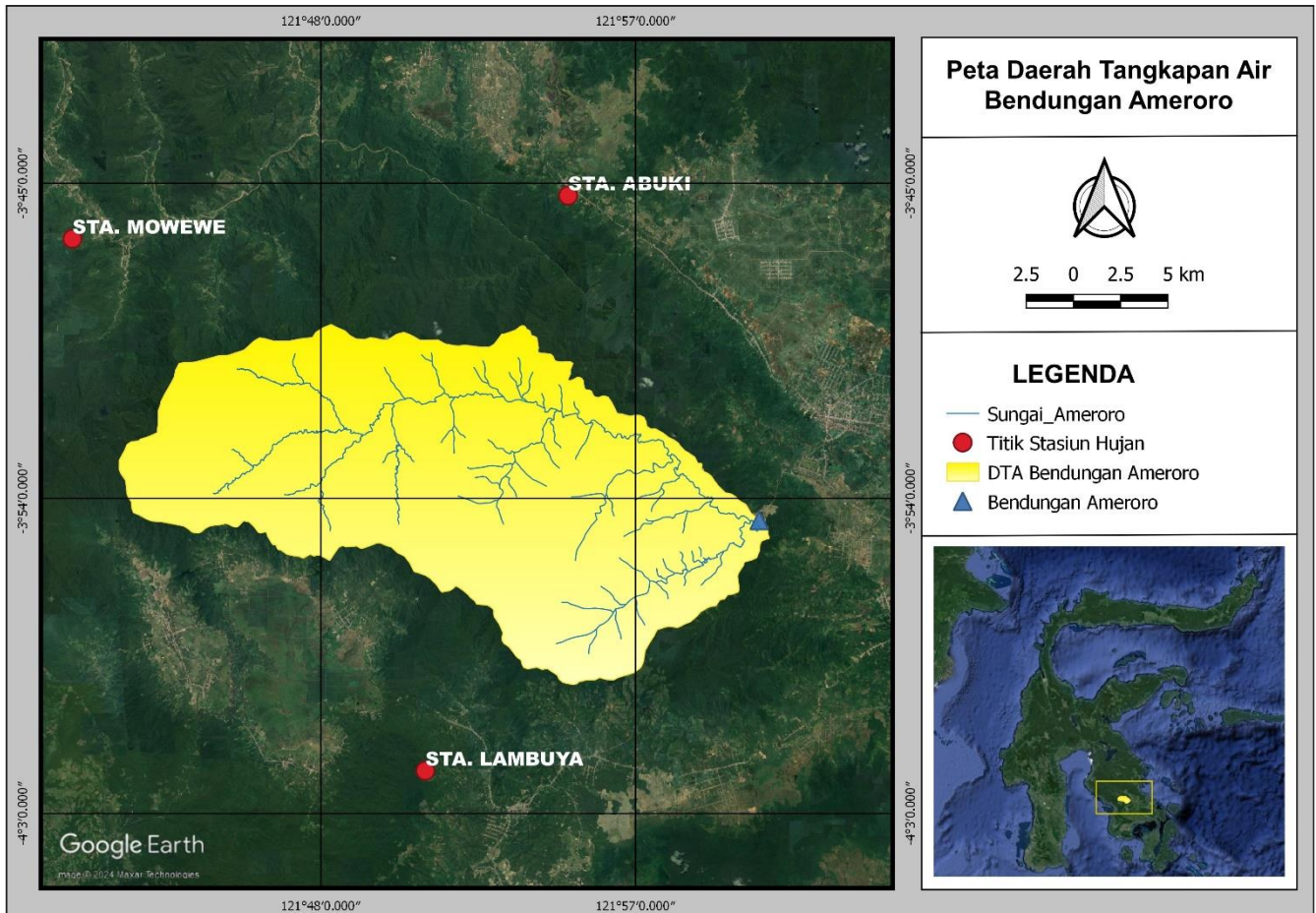
Di Indonesia, pengukuran curah hujan tidak merata dan beberapa data yang dihasilkan masih kurang lengkap terutama di daerah aliran sungai kecil, yang membuat pemodelan hidrologi menjadi sulit (Hidayah dkk., 2021). Selain itu penurunan kualitas data hujan permukaan juga disebabkan oleh penurunan kinerja penakar hujan yang disebabkan oleh berbagai faktor, misalnya usia pemakaian, gangguan serangga, kerusakan perangkat keras maupun perangkat lunak (Hambali dkk., 2019). Banyaknya keterbatasan data menyebabkan model yang digunakan harus dilakukan evaluasi penyesuaian dengan data terukur yang ada dilapangan untuk menyesuaikan distribusi frekuensi banjir dengan rangkaian aliran yang diamati dan disimulasikan (Lamb, 1999). Kalibrasi model adalah suatu proses pengoptimalan atau penyesuaian terhadap suatu input parameter model untuk mendapatkan estimasi terbaik dari debit sungai yang diamati (Sutikno dkk., 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi debit banjir rancangan yang ada pada Daerah Tangkapan Air Bendungan Ameroro dengan menggunakan data terbaru, serta menggunakan pendekatan yang berbeda dari penelitian terdahulu dalam proses analisis hujan rancangan, pola distribusi hujan, dan dalam penentuan jenis hidrograf satuan yang cocok untuk diterapkan pada Bendungan Ameroro.

2 METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Data Penelitian

Lokasi penelitian ini berada pada Bendungan Ameroro yang terletak di Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Peta dasar dari dari pengolahan peta DTA Bendungan Ameroro bersumber dari peta Google Earth, yang diolah menggunakan aplikasi QGIS.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2 Analisis Data

2.2.1 Curah Hujan Kawasan

Perhitungan analisis hujan rancangan menggunakan data hujan harian terukur dari 3 stasiun curah hujan terdekat dari lokasi Bendungan Ameroro yaitu Stasiun Abuki, Stasiun Mowewe, dan Stasiun Lambuya, dengan panjang data mulai dari tahun 2005 sampai tahun 2022 yang diperoleh dari BWS Sulawesi IV Kendari. Dengan menggunakan metode poligon Thiessen, curah hujan kawasan harian, yaitu DTA Bendungan Ameroro dapat dihitung berdasarkan faktor bobot poligon Thiessen masing-masing stasiun hujan seperti ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$\bar{p} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + A_3 P_3 + \dots + A_n P_n}{A} = \frac{\sum A_i P_i}{A} \tag{1}$$

Dimana, A_i adalah luas dari pembagian poligon Thiessen stasiun i , P_i adalah curah hujan harian stasiun i , dan A adalah luas total dari DTA.

2.2.2 Hujan Rancangan

Analisis frekuensi biasa digunakan dalam menetapkan besaran curah hujan dengan kala ulang tertentu. Data yang digunakan dalam analisis ini menggunakan data curah hujan harian maksimum yang di peroleh dari perhitungan curah hujan kawasan sebelumnya seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Curah hujan harian maksimum tahunan

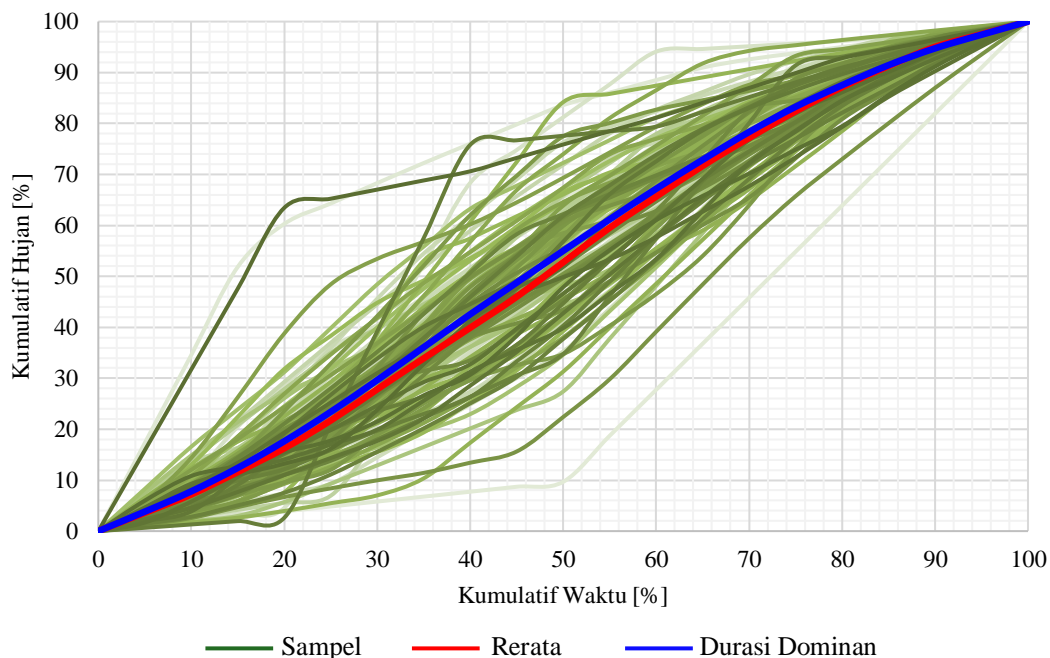
| Tahun | Curah hujan harian maksimum (mm) | Tahun | Curan Hujan harian maksimum (mm) |
|-------|----------------------------------|-------|----------------------------------|
| 2005 | 27.4 | 2014 | 45.3 |
| 2006 | 47.4 | 2015 | 56.8 |
| 2007 | 46.4 | 2016 | 52.1 |
| 2008 | 49.6 | 2017 | 37.2 |
| 2009 | 50.4 | 2018 | 63.8 |
| 2010 | 52.3 | 2019 | 73.0 |
| 2011 | 65.9 | 2020 | 54.4 |
| 2012 | 60.2 | 2021 | 71.8 |
| 2013 | 122.3 | 2022 | 59.7 |

Dalam analisis frekuensi, data curah hujan pada tahun 2005 dan 2017 tidak digunakan karena sangat kecil, sehingga diperlakukan sebagai *outlier data*. Nilai hujan rancangan yang di hitung adalah kala ulang 100 tahun, 1000 tahun, dan PMP menggunakan program hitungan analisis frekuensi pada aplikasi Microsoft Excel (Djoko Luknanto, 2003).

2.2.3 Pola Distribusi Hujan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gustoro dkk. (2022) yang membandingkan antara pola distribusi hujan terukur dan satelit menunjukkan bahwa hujan berbasis satelit dapat digunakan sebagai alternatif penentuan pola distribusi hujan apabila data hujan terukur di permukaan tidak tersedia atau sangat terbatas ketersediannya.

Analisis durasi dan pola distribusi hujan dengan menggunakan data hujan satelit jam-jaman (*satellite precipitation data*) memungkinkan kita untuk memahami karakteristik spasial dan temporal hujan di suatu wilayah (Gustoro dkk., 2022). Pengamatan ini juga sangat penting untuk mengkarakterisasi curah hujan serta memberikan referensi untuk model prediksi kedepan (Watters dan Battaglia, 2021). Data hujan satelit yang digunakan pada penelitian ini berasal dari data satelit JAXA yang selanjutnya akan dianalisis dengan melihat data intensitas hujan yang terekam selama periode waktu tertentu, dan mengidentifikasi kejadian hujan ekstrem dengan jumlah paling rendah 50 mm dalam satu kejadian hujan. Gambar 2 menyajikan kurva hasil olahan hubungan antara durasi hujan kumulatif dan jumlah hujan kumulatif menggunakan data satelit JAXA dengan durasi dominan yang dihasilkan adalah 9 Jam.



Gambar 2. Pola Distribusi Hujan Berbasis Satelit JAXA

2.2.4 Debit Banjir Rancangan

Perhitungan debit banjir rancangan pada penelitian ini menggunakan 5 metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS), yaitu Nakayasu, SCS, Limantara (Limantara, 2009), HSS ITB-1 dan HSS ITB-2 (Natakusumah D, 2011). Perbandingan rumus dari HSS yang digunakan, disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan rumus HSS Nakayasu, SCS, Limantara dan ITB

| Parameter | Nakayasu | SCS | Limantara | ITB |
|--------------|------------------------------------|---|--|---|
| Input | A = Luas DAS L = Panjang sungai | A = Luas DAS L = Panjang sungai S = Kemiringan sungai | A = Luas DAS L = Panjang sungai S = Kemiringan sungai Lc = Panjang sungai ke pusat DAS n = Kekasaran | A = Luas DAS L = Panjang sungai |
| Debit Puncak | $Q_p = \frac{0.275 C_p A}{T_p}$ | $Q_p = C \frac{A}{T_p}$ | $Q_p = \frac{0.042 A^{0.451} L^{0.497}}{L_c^{0.356} S^{-0.131} n^{0.168}}$ | $Q_p = \frac{R}{3.6 T_p} \frac{A_{DAS}}{A_{HSS}}$ |
| Waktu Puncak | $T_p = T_g + 0.8T_r$ | $T_p = \frac{2}{3} T_c$ | $T_p = T_g + 0.8T_r$ | $T_p = T_L + 0.5T_r$ |
| Time Base | $T_b = \infty$ | $T_b = \frac{8}{3} T_p$ | $T_b = \infty$ | $T_b = \infty$ |

Kondisi tata guna lahan dianalisis berdasarkan data tutupan lahan yang diperoleh dari BWS Sulawesi IV Kendari untuk menentukan nilai *Curve Number* (CN). Selanjutnya Faktor *loss* dan hujan efektif (P_e) dihitung menggunakan metode SCS-CN. Koefisien pengaliran limpasan permukaan tergantung dari (P_e) yang jatuh di permukaan tanah dengan potensi maksimum tanah untuk menahan air (S) dengan abstraksi awal (*Initial Abstraction: I_a*) yang telah disesuaikan dengan kondisi yang ada di Indonesia. Analisis ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Chow dkk., 1988)

$$P_e = \frac{(P-0.05S)^2}{P+0.95S} \rightarrow P \geq I_a \tag{2}$$

$$I_a = 0.05S \tag{3}$$

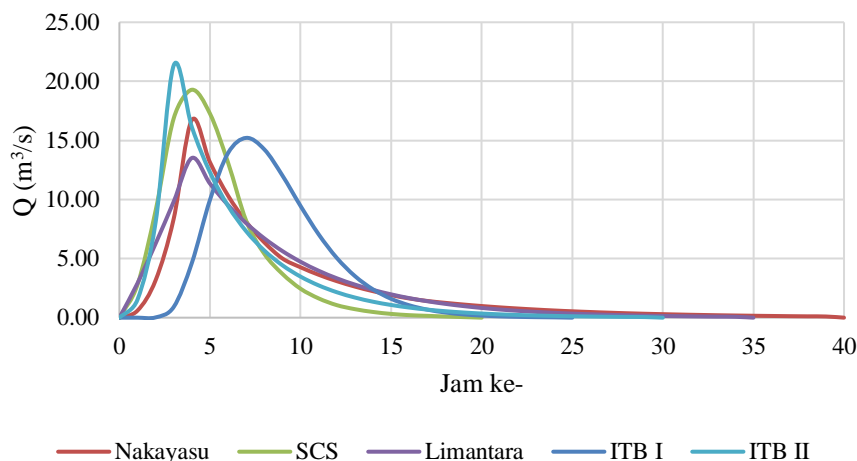
$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \tag{4}$$

Dari beberapa metode HSS yang digunakan dalam menghitung debit banjir rancangan, akan dipilih salah satu metode yang paling mendekati dengan kondisi yang ada di lapangan, yang didasarkan pada data debit terukur. Data terukur pada aliran Sungai Ameroro tersedia mulai dari tahun 2013 sampai tahun 2022 yang diperoleh dari BWS Sulawesi IV Kendari. Untuk memilih HSS yang dapat merepresentasikan proses lairragam hujan-aliran di DTA Bendungan Ameroro, maka hasil hitungan hidrograf banjir rancangan masing-masing metode HSS perlu dievaluasi terhadap debit terukur.

3 PEMBAHASAN

3.1 Perbandingan Hidrograf Satuan

Hasil perhitungan dari kelima metode HSS yang dilakukan pada DTA Ameroro, dihasilkan nilai debit puncak (Q_p), waktu puncak (T_p) dan waktu dasar hidrograf (T_b) yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik

Gambar diatas menunjukkan metode HSS ITB-1 memiliki nilai debit puncak paling tinggi dan memiliki waktu puncak yang paling cepat jika dibandingkan dengan debit puncak yang dihasilkan oleh metode HSS lainnya. Namun, dalam pemilihan jenis HSS yang dianggap dapat merepresentatifkan kondisi sebenarnya, dalam penelitian ini dilakukan pengujian untuk mengecek kecepatan aliran yang sesuai berdasarkan panjang sungai utama, dengan kecepatan aliran pada periode banjir berkisar diantara 2 m/s sampai 3 m/s. Dari pengujian tersebut, didapatkan hasil bahwa HSS yang sesuai untuk menghitung debit banjir rancangan pada DTA Bendungan Ameroro adalah dengan urutan HSS Nakayasu, HSS SCS, dan HSS Limantara.

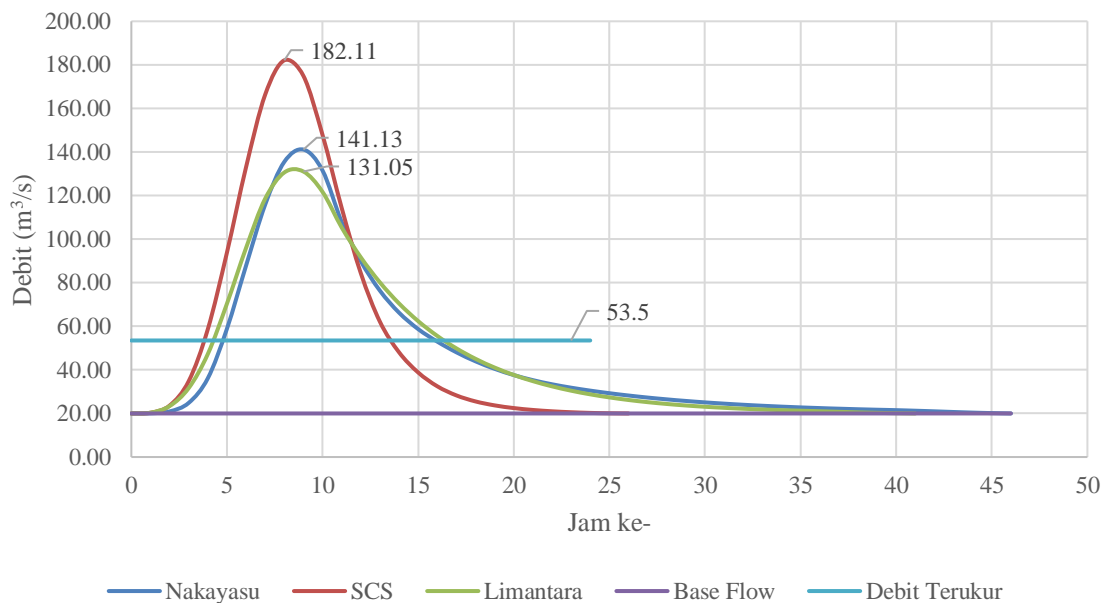
3.2 Evaluasi Kesesuaian Debit Banjir Rancangan

Hasil perhitungan debit banjir rancangan dari ketiga metode HSS yang digunakan, dengan kala ulang yang telah ditinjau dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil hitungan debit banjir rancangan

| Kala Ulang (Tahun) | HSS Nakayasu (m ³ /s) | HSS SCS (m ³ /s) | HSS Limantara (m ³ /s) |
|--------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| 100 | 187.26 | 244.36 | 174.24 |
| 1000 | 579.16 | 772.80 | 551.23 |
| PMF | 948.92 | 1248.54 | 850.28 |

Hasil perhitungan debit banjir rancangan dengan menggunakan tiga metode HSS menunjukkan bahwa nilai dari debit banjir rancangan HSS SCS lebih tinggi dari HSS lainnya. Selanjutnya dilakukan evaluasi penyesuaian berdasarkan debit terukur yang ada. Proses penyesuaian dilakukan dengan proses kalibrasi data debit terukur pada tanggal 16 Juli 2013 dengan debit banjir sebesar 53,50 m³/s yang didukung dengan adanya kejadian banjir pada waktu tersebut. Selain data debit, data curah dari ketiga stasiun yang ada juga digunakan sebagai input dalam pengecekan kesesuaian hidrograf banjir yang ada. Dalam penelitian ini digunakan data curah hujan maksimum harian dari tanggal 14 sampai 16 Juli 2013 yang telah dirata-ratakan dengan menggunakan metode Polygon Thiessen. Hasil dari evaluasi kesesuaian debit banjir rancangan terhadap debit banjir terukur dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Evaluasi penyesuaian debit banjir rancangan

Gambar diatas memperlihatkan bahwa jenis HSS yang digunakan belum mendekati nilai debit terukur pada tanggal 16 Juli 2013. Jika dibandingkan hasil hitungan debit banjir antara model HSS yang digunakan dan kondisi lapangan nilai relatif error dari seluruh HSS memiliki nilai yang besar dan tidak jauh berbeda. Hal ini disebabkan oleh data debit terukur yang ditinjau dalam evaluasi penyesuaian dengan kondisi dilapangan merupakan data debit rerata harian dan tidak tersedianya data debit jam-jaman pada sungai tersebut. Namun, jika diurutkan berdasarkan grafik dari ketiga HSS yang digunakan, maka urutannya adalah HSS Limantara, HSS Nakayasu, dan HSS SCS.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan analisis debit rancangan pada DTA Bendungan Ameroro, kurangnya data debit jam-jaman pada sungai menyebabkan metode HSS digunakan belum merepresentatifkan kondisi debit terukur. HSS Limantara dengan nilai debit puncak $Q_{100} = 174,24 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{1000} = 551,23 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $Q_{PMF} = 850,28 \text{ m}^3/\text{s}$. Adapun urutan ketelitian dua HSS lainnya adalah HSS Nakayasu dengan nilai debit puncak $Q_{100} = 187,26 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{1000} = 579,16 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{PMF} = 948,92 \text{ m}^3/\text{s}$, dan HSS SCS dengan nilai debit puncak $Q_{100} = 244,36 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{1000} = 772,80 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $Q_{PMF} = 1248,54 \text{ m}^3/\text{s}$. Ketersediaan data debit terukur jam-jaman menjadi faktor sangat penting dalam proses kalibrasi atau evaluasi ketelitian model alihragam hujan-aliran untuk menentukan debit banjir rancangan.

REFERENSI

- Chow, V. Te, Maidment, D.R., Mays, L.W., 1988. Applied hydrology. McGraw-Hill.
- Djoko Luknanto, 2003. *Model Matematika*, Pusat Antar Universitas, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Gustoro, D., Sujono, J., Karlina, K., 2022. Perbandingan Pola Distribusi Hujan Terukur dan Hujan Satelit PERSIANN di DAS Progo. *Jurnal Teknik Pengairan* 13, 23–35. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2022.013.01.03>
- Hambali, R., Legono, D., Jayadi, R., 2019. “Analisis Keandalan Data Penakar Hujan Otomatis Sebagai Acuan Koreksi Perkiraan Hujan Radar”
- Hidayah, E., Widiarti, W.Y., Putra, P.P., Dewantie, A.A., Alhamda, M.Z., Prastika, H., 2021. “Evaluation Of Hydrologic Modelling Using Satellite Product, And Mmr Rainfall in East Java, Indonesia.” *Journal of Ecological Engineering* 22, 246–260. <https://doi.org/10.12911/22998993/142843>
- Lamb, R., 1999. “Calibration of a conceptual rainfall-runoff model for flood frequency estimation by continuous simulation.” *Water Resour Res* 35, 3103–3114. <https://doi.org/10.1029/1999WR900119>
- Limantara, L.M., 2009. “Hidrograf Satuan Sintetik Limantara (Studi kasus di sebagian DAS di Indonesia).”
- Natakusumah, D.K., 2011. “Penggunaan Hidrograf Satuan Sintetis Itb 1 dan Itb-2 Dengan Faktor Debit Puncak (Kp) Dihitung Secara Eksak.”
- Rosytha, A., Suryana, W.M., 2023. “Peran Unit Pengelola Bendungan Dalam Pengelolaan Bendungan Berkelanjutan di Satker OP BBWS Brantas” (Studi Kasus UPB Bendungan Babjulmati Dan Bendungan Nipah). *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)* 5, 44–50. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p44-50>
- Sutikno, S., Fauzi, M., Mardhotillah, M., 2014. “Kalibrasi dan Validasi Model Hidrologi Hujan-aliran dengan Menggunakan data satelit.” <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2287.5689>
- Watters, D., Battaglia, A., 2021. “The NASA-JAXA Global Precipitation Measurement mission-part I: New frontiers in precipitation.”