

ANALISIS DEBIT BANJIR RANCANGAN DAERAH ALIRAN SUNGAI CEMORO

Srikanti Mega Dwi Astuti¹, Erni Mulyandari², Suryo Handoyo³

Universitas Tunas Pembangunan, Indonesia^{1,2,3}

Email: srikanthimegadwi@gmail.com¹, erni.mulyandari@lecture.utp.ac.id²,

suryo.handoyo@lecture.utp.ac.id³

Abstrak

Sungai Cemoro merupakan anak sungai Bengawan Solo. Sungai ini melewati 4 kabupaten yaitu Boyolali, Karanganyar, Sragen, dan Semarang. Ketika musim penghujan, Sungai Cemoro sering meluap dan membuat rumah disekitarnya terendam banjir. Daerah yang sering terkena banjir adalah Kabupaten Sragen, lebih tepatnya Kecamatan Kalijambe. Oleh karena itu, diperlukan analisis lebih lanjut agar bencana banjir di sungai ini dapat ditanggulangi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui debit banjir di Sungai Cemoro sebagai langkah awal yang dapat digunakan untuk membangun bangunan pengendali banjir. Analisis debit banjir rancangan dilakukan menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dengan kala ulang 25 tahun. Tahap analisis diawali dengan melakukan survei dan wawancara untuk mengetahui kondisi aliran Sungai Cemoro. Setelah itu, dilakukan analisis luas DAS menggunakan *software* QGIS 3.10.6 sebagai data yang digunakan untuk perhitungan debit banjir. Hasil analisis kondisi aliran berdasarkan survei dan wawancara dapat diketahui bahwa aliran Sungai Cemoro terdapat banyak sampah dan tanaman liar di tepi sungai, luas DAS Cemoro dengan bantuan *software* QGIS 3.10.6 adalah 235,55 km², dan debit banjir rancangan berdasarkan analisis menggunakan Metode Nakayasu dengan kala ulang 25 tahun adalah 715,17 m³/d.

Kata kunci: DAS Cemoro, Debit Banjir, Metode Nakayasu, QGIS

Abstract

The Cemoro River is a tributary of the Bengawan Solo River. This river passes through 4 districts, namely Boyolali, Karanganyar, Sragen and Semarang. During the rainy season, the Cemoro River often overflows and floods surrounding houses. The area frequently affected by flooding is Sragen Regency, more precisely Kalijambe District. Therefore, further analysis is needed so that the flood disaster in this river can be overcome. This research aims to determine the flood discharge in the Cemoro River as a first step that can be used to build flood control buildings. Analysis of the design flood discharge was carried out using the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph Method with a return period of 25 years. The analysis stage begins with conducting surveys and interviews to determine the flow conditions of the Cemoro River. After that, an analysis of the catchment area of the watershed was carried out using QGIS 3.10.6 software as data used for calculating flood discharge. The results of the analysis of flow conditions based on surveys and interviews show that the Cemoro River has a lot of rubbish and wild plants on the riverbanks, the catchment area of the Cemoro watershed with the help of QGIS 3.10.6 software is 235,55 km², and the design flood discharge based on analysis using the Nakayasu Method with a return period of 25 years is 715,17 m³/s.

Keywords: Cemoro Watershed, River Flow, Nakayasu Method, QGIS

Pendahuluan

Bengawan Solo adalah sungai terbesar di Pulau Jawa. Sungai ini memiliki luas daerah aliran sungai (DAS) $\pm 16.100 \text{ km}^2$. Hulu dari Sungai Bengawan Solo adalah Pegunungan Sewu di sebelah barat-selatan Surakarta dan bermuara ke laut Jawa di utara Surabaya dengan alur sungai sepanjang $\pm 600 \text{ km}$. Salah satu anak sungainya adalah Sungai Cemoro. Sungai ini merupakan anak sungai Bengawan Solo yang cukup besar karena melewati 4 kabupaten yaitu Boyolali, Karanganyar, Sragen, dan Semarang. Hilir Sungai Cemoro dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hilir Sungai Cemoro

Ketika musim penghujan, Sungai Cemoro sering meluap dan membuat rumah di sekitarnya terendam banjir. Berita tentang banjir di Sungai Cemoro dapat ditemukan di beberapa artikel, seperti Solopos, Tribunjateng, dan Radar Solo. Daerah yang sering terkena banjir adalah Kabupaten Sragen, lebih tepatnya Kecamatan Kalijambe.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan survei dan wawancara untuk mengetahui kondisi aliran Sungai Cemoro. Setelah itu, perlu dilakukan analisis debit banjir rancangan. Analisis ini membutuhkan luas Daerah Aliran Sungai Cemoro sebagai data masukan.

Penelitian-penelitian terdahulu terkait debit banjir rancangan sudah banyak dilakukan diantaranya penelitian debit banjir yang dilakukan di Sungai Uru Ino, Desa Binagara Kecamatan Wasilei Selatan Kabupaten Halmahera Timur. Tujuan dari penelitian adalah mendapatkan nilai debit puncak rancangan banjir menggunakan metode HSS Gamma I dan metode HSS Nakayasu. Hasil perhitungan nilai debit banjir rancangan untuk metode HSS Gamma I Q_{2th} , Q_{5th} , Q_{10th} , Q_{25th} , dan Q_{50th} masing-masing sebesar $64,916 \text{ m}^3/\text{det}$, $131,619 \text{ m}^3/\text{det}$, $159,727 \text{ m}^3/\text{det}$, $183485 \text{ m}^3/\text{det}$, dan $195,440 \text{ m}^3/\text{det}$ dan untuk metode HSS Nakayasu Q_{2th} , Q_{5th} , Q_{10th} , Q_{25th} , dan Q_{50th} masing masing sebesar $124,15 \text{ m}^3/\text{det}$, $157,91 \text{ m}^3/\text{det}$, $172,15 \text{ m}^3/\text{det}$, $184,19 \text{ m}^3/\text{det}$, dan $190,25 \text{ m}^3/\text{det}$ (Miradj & Rahman, 2020).

Penelitian debit banjir dilakukan pada Daerah Aliran Sungai Telaga Lebur, lebih tepatnya di Waduk Telaga Lebur. Waduk ini terletak di Desa Sekotong Tengah, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari debit banjir dengan berbagai kala ulang menggunakan data hujan satelit yang paling baik antara TRMM atau PERSIANN. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa hubungan antara ground data hujan dengan hujan satelit TRMM lebih akurat dibandingkan data hujan satelit PERSIANN. Oleh karena itu, perhitungan debit banjir menggunakan data hujan TRMM dengan hasilnya meliputi kala ulang 2 tahun sebesar

11,31 m³/s, 5 tahun sebesar 31,76 m³/s, 10 tahun sebesar 64,68 m³/s, 20 tahun sebesar 114,95 m³/s, 50 tahun sebesar 214,68 m³/s, 100 tahun sebesar 320,55 m³/s, dan 1000 tahun sebesar 943,77 m³/s (Mulyandari & Susila, 2020).

Penelitian debit banjir dilakukan pada Sungai Tulang Bawang yang memiliki alur sungai sepanjang 96,07 km dan luas daerah aliran sungai sebesar 1468,75 km². Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis besarnya debit banjir rancangan dengan beberapa kala ulang. Hasil akhir dari analisis debit banjir rancangan kala ulang Q_{2th} sebesar 427,10 m³/det, Q_{5th} sebesar 631,29 m³/det, Q_{10th} sebesar 797,07 m³/det, Q_{20th} sebesar 999,64 m³/det, Q_{25th} sebesar 1045,96 m³/det, Q_{50th} sebesar 1262,56 m³/det dan kala ulang Q_{100th} sebesar 1508,82 m³/det (Cambodia et al., 2021).

Penelitian debit banjir dilakukan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimandiri yang hulunya berada di Gunung Pasir Caringin, Desa Sukamanah, Kecamatan Gegerbitung dan hilirnya adalah Samudra Hindia yang berdekatan dengan Pelabuhan Ratu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis besarnya nilai rancangan curah hujan harian maksimum dan nilai debit banjir rencana Sungai Cimandiri dengan kala ulang 2, 5, 10, 50, dan 100 tahun menggunakan HSS Nakayasu. Hasil dari perhitungan hujan rancangan untuk kala ulang 2 tahun adalah 49,398 mm, kala ulang 5 tahun adalah 71,017 mm, kala ulang 10 tahun adalah 84,408 mm, kala ulang 50 tahun adalah 114,193 mm, dan kala ulang 100 tahun adalah 127,215 mm. Hasil dari perhitungan debit banjir rancangan menggunakan HSS Nakayasu untuk kala ulang 2 tahun adalah 2654,4 m³/det, kala ulang 5 tahun adalah 3815,3 m³/det, kala ulang 10 tahun adalah 4534,3 m³/det, kala ulang 50 tahun adalah 6133,9 m³/det, dan kala ulang 100 tahun adalah 6833,2 m³/det (Saputra & Saputri, 2021).

Penelitian debit banjir dilakukan di Daerah Aliran Sungai Tefmo/Manikin yang terletak pada Sungai Manikin yang di antara Desa Kuaklao dan Desa Bokong Kecamatan Taebenu di Kabupaten Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis debit banjir rancangan dengan 3 (tiga) Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) yaitu HSS Nakayasu, ITB-1, dan Limantara. Penelitian ini juga memperhitungkan nilai PMF. Hasil perhitungan nilai PMF dari HSS Nakayasu adalah 1597,16 m³/det, sedangkan hasil perhitungan dengan HSS ITB-1 adalah 965,64 m³/det. Kemudian untuk hasil perhitungan HSS Limantara adalah 401,32 m³/det. Berdasarkan ketiga metode tersebut, nilai debit banjir rancangan pada perhitungan HSS Nakayasu yang mendekati kondisi di DAS Manikin (Damayanti et al., 2022).

Penelitian debit banjir dilakukan pada Daerah Aliran Sungai Selabung, Kabupaten Oku Selatan, Provinsi Sumatera Selatan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis debit banjir rancangan dengan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu, sehingga didapatkan debit puncak pada DAS Selabung. Berdasarkan hasil dari perhitungan debit banjir rancangan DAS Selabung dengan kala ulang 100 tahun menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu diperoleh debit puncak sebesar 375,25 m³/det (Andayani & Umari, 2022).

Penelitian debit banjir dilakukan pada Sub DAS Keduang yang berlokasi di Kabupaten Wonogiri Provinsi Jawa Tengah. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis debit banjir rancangan di Sub DAS Keduang dengan berbagai kala ulang. Hasil dari debit banjir rancangan yang didapatkan untuk kala ulang 2 tahunan adalah 1.375,20 m³/detik, kala ulang 5 tahunan adalah 1.724,92 m³/detik, kala ulang 10 tahunan adalah 1.908,10 m³/det, kala ulang 20 tahunan adalah 2.057,97 m³/det, kala ulang 25 tahunan adalah 2.087,12 m³/det, kala ulang 50 tahunan adalah 2.228,67 m³/det, kala ulang

100 tahunan adalah 2.345,24 m³/det, dan kala ulang 1000 tahunan adalah 2.661,64 m³/det (Nugrahanto et al., 2022).

Penelitian debit banjir dilakukan pada Sungai Krueng Kala yang terletak di Kecamatan Lhoong, Kabupaten Aceh Besar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besarnya debit banjir rencana di Sungai Krueng Kala dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dan *Soil Conservation Service* (SCS). Hasil perhitungan dari debit banjir rencana untuk HSS Nakayasu Q_{2th}, Q_{5th}, Q_{10th}, Q_{25th}, Q_{50th}, dan Q_{100th} masing-masing adalah 101,181 m³/det, 117,932 m³/det, 127,920 m³/det, 139,622 m³/det, 147,795 m³/det, dan 155,566 m³/det, sedangkan untuk HSS SCS Q_{2th}, Q_{5th}, Q_{10th}, Q_{25th}, Q_{50th}, dan Q_{100th} masing masing adalah 78,149 m³/det, 90,127 m³/det, 97,269 m³/det, 105,636 m³/det, 111,480 m³/det, dan 117,036 m³/det (Abiel et al., 2022).

Penelitian debit banjir dilakukan pada Sungai Krueng Tripa di Desa Ujong Krueng. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis debit banjir menggunakan Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu di Sungai Krueng Tripa untuk mengetahui besarnya nilai debit banjir rencana dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Hasil perhitungan curah hujan dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun adalah 141,15 mm, 192,33 mm, 227,07 mm, 272,16 mm, 306,55 mm, dan 341,81 mm. Hasil dari analisis debit banjir didapatkan debit puncak (Q_p) sebesar 30,868 m³/dtk dengan waktu yang diperlukan mencapai (T_p) adalah 17,15 jam. Untuk debit banjir rencana dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun adalah 3.543,43 m³/det, 4.870 m³/det, 5.618,92 m³/det, 6.558,96 m³/det, 7.714,29 m³/det, dan 8.458,27 m³/det (Alinda et al., 2022).

Penelitian debit banjir dilakukan pada Sungai Lesti. Sungai ini adalah anak dari Sungai Brantas dan merupakan bagian dari DAS Brantas Hulu yang mata airnya bersumber dari Gunung Semeru. Metode yang dapat digunakan untuk analisis debit banjir pada Sungai Lesti ada 3 (tiga) yaitu Metode Gamma I, Nakayasu & Snyder. Akan tetapi, dalam penelitian ini akan dilakukan dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Hasil perhitungan yang diperoleh untuk debit banjir rancangan dengan kala ulang 10 tahun dan 25 tahun yaitu 278,2891 m³/dt dan 305,2449 m³/dt. Selain itu, curah hujan tertinggi dapat diketahui terjadi pada 5-6 jam pertama dalam 24 jam (Caesar et al., 2023).

Penelitian debit banjir dilakukan pada Daerah Aliran Sungai Pesung yang berada di Kota Batam. Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan atau menganalisis nilai debit banjir rancangan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) SCS dan Nakayasu. Pada metode HSS SCS (*Soil Conservation Service*), debit banjir rancangan kala ulang 5 – 50 tahun adalah 215,488 – 584,308 m³/s, sedangkan pada metode HSS Nakayasu debit banjir rancangan kala ulang 5 – 50 tahun yang dihasilkan mencapai 360,526 – 986,535 m³/s (Ayuni et al., 2023).

Berdasarkan jurnal-jurnal yang telah diuraikan di atas, dapat diketahui bahwa untuk Daerah Aliran Sungai Cemoro belum pernah digunakan untuk penelitian terkait analisis debit banjir rancangan. Oleh karena itu, penelitian ini merupakan penelitian pertama dan diharapkan bisa dipakai untuk merencanakan bangunan pengendali banjir, seperti tanggul, kolam retensi, dan waduk.

Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi dari penelitian ini adalah Daerah Aliran Sungai Cemoro yang meliputi 4 kabupaten, yaitu Karanganyar, Sragen, Boyolali, dan Semarang. Hulu dari sungai ini adalah Gunung Merbabu dan bermuara di Sungai Bengawan Solo.

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer didapat dengan melakukan survei ke Sungai Cemoro untuk mendapatkan data tambahan. Data ini berguna untuk membuktikan kebenaran berita yang ada terkait kondisi Sungai Cemoro. Data sekunder didapat dari instansi terkait, yaitu Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (BBWSBS) dan Balai Pengelolaan Sumber Daya Air (BPSDA) Solo. Data ini meliputi Data Curah Hujan di DAS Cemoro dan Peta DAS Cemoro. Data DEMNas dan Peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) didapatkan dari *website* <https://tanahair.indonesia.go.id/>. Selain itu, Peta Tipe tanah didapatkan dari *website* https://daac.ornl.gov/SOILS/guides/Global_Hydrologic_Soil_Group.html.

Kondisi Aliran Sungai

Kondisi aliran sungai didasarkan pada hasil survei dan wawancara. Survei dilakukan berdasarkan permasalahan yang ada pada sungai, seperti sedimen, sampah, dan tanaman liar di tepi sungai (Ka'u et al., 2021), sedangkan wawancara berdasarkan banjir yang pernah terjadi di lokasi yang disurvei (Kementerian PUPR - Republik Indonesia, 2015) dan upaya penanggulangannya (Pemerintah Republik Indonesia, 2008). Umumnya banjir terjadi ketika hujan deras dengan waktu yang cukup lama (Balahanti et al., 2023). Lokasi survei adalah jembatan di sepanjang aliran sungai yang masih bisa dijangkau dan aliran sungainya masih jelas. Total dari lokasi yang disurvei yaitu 21 jembatan.

Luas Daerah Aliran Sungai

Analisis luas DAS menggunakan data DEMNas (*Digital Elevation Model Nasional*). DEMNas merupakan salah satu produk dari Badan Informasi Geospasial (Amiruddin et al., 2021). Data ini dianalisis menggunakan *software* QGIS 3.10.6. *Quantum Geographic Information System* (QGIS) adalah salah satu perangkat lunak *open source* yang digunakan sebagai pengolahan data spasial.

Debit Banjir Rancangan

Analisis debit banjir rancangan menggunakan Metode Nakayasu. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai yang berada di Jepang. Metode ini sudah banyak digunakan untuk menganalisis debit banjir rancangan sungai-sungai yang ada di Indonesia. Langkah-langkah perhitungan debit banjir rancangan (Badan Standardisasi Nasional, 2016) adalah sebagai berikut:

- 1) Menguji konsistensi hujan menggunakan Metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) (Br, 2009)
- 2) Menganalisis curah hujan menggunakan Metode Rata-Rata Aljabar (Suripin, 2004)
- 3) Menguji data hujan dengan parameter statistik dan kecocokan distribusi (Triatmodjo, 2008)
- 4) Menganalisis hujan kala ulang 25 tahun
- 5) Menganalisis *hyetograph* hujan rancangan menggunakan *Alternating Block Method* (ABM)
- 6) Menganalisis hujan efektif menggunakan Metode SCS (*Soil Conservation Service*)
- 7) Menganalisis debit banjir rancangan menggunakan Metode Nakayasu (Mulyandari et al., 2024).

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A R_e}{0,3T_p + T_{0,3}} \right)$$

Keterangan:

Q_p = Debit puncak banjir,

A = Luas DAS (km^2),

R_e = Curah hujan efektif (1 mm),

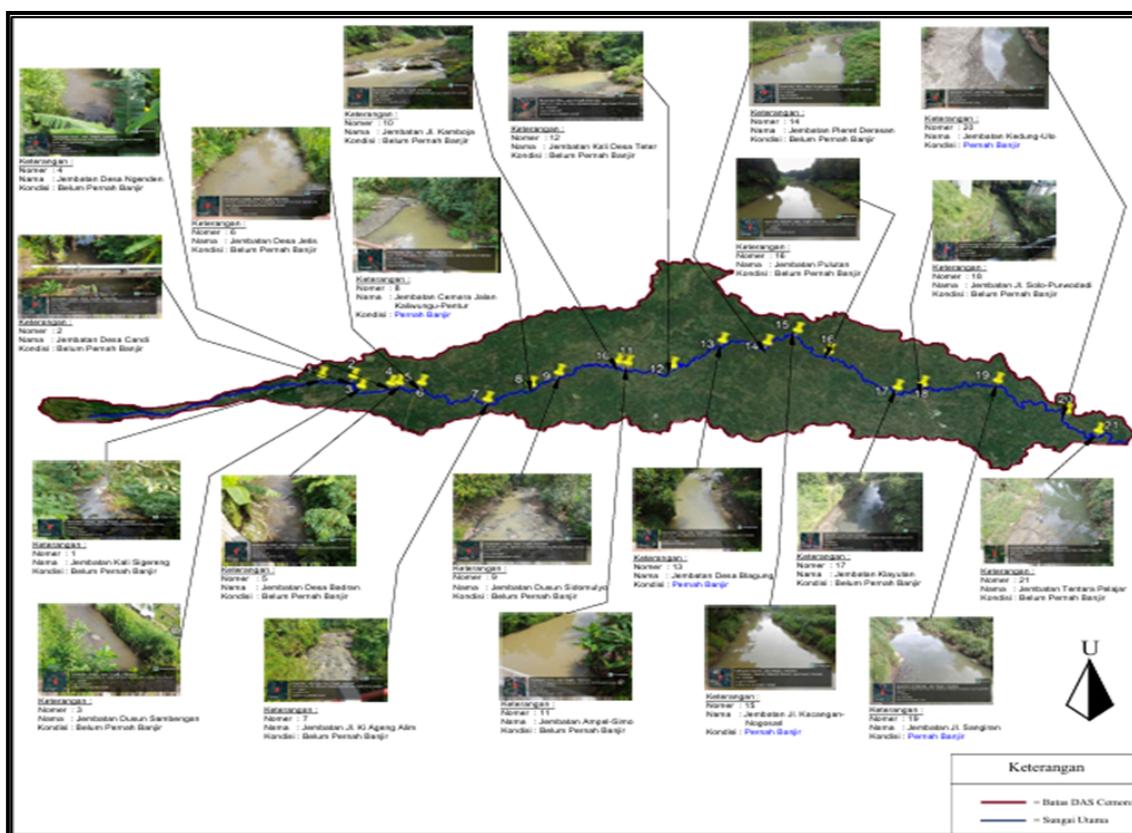
T_p = Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam),

$T_{0,3}$ = Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam).

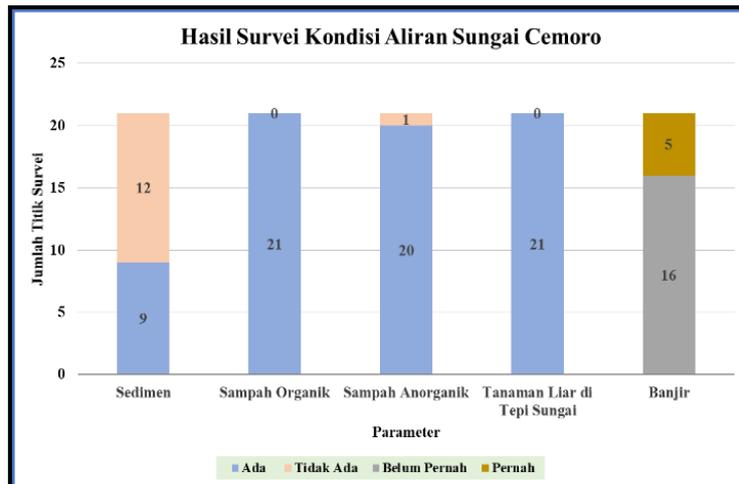
Hasil dan Pembahasan

Kondisi Aliran Sungai Cemoro

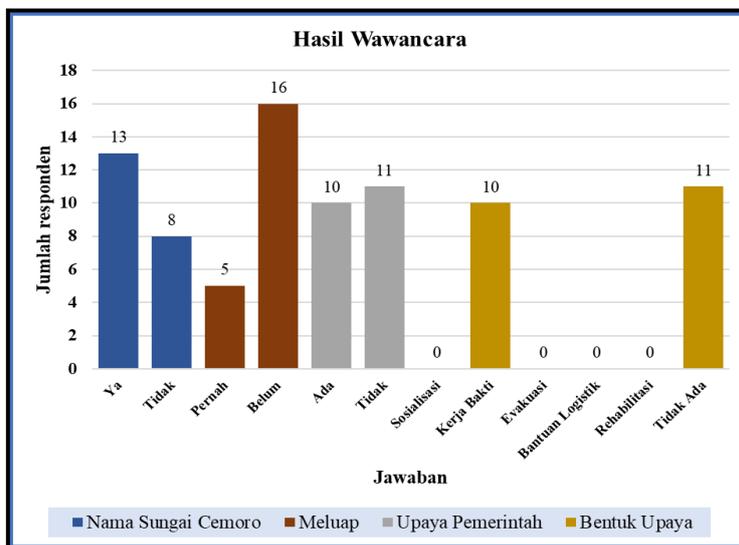
Kondisi aliran Sungai Cemoro diketahui dengan cara melakukan survei dari arah hulu ke hilir, yaitu dari arah Gunung Merbabu ke Sungai Bengawan Solo. Lokasi titik jembatan yang disurvei memiliki total 21 jembatan. Survei dilakukan selama 2 hari, yaitu pada Rabu, 1 Mei 2024 dan Minggu, 5 Mei 2024. Adapun skema dan grafik hasil dari survei dan wawancara dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



Gambar 2. Skema Kondisi Aliran Sungai Cemoro



Gambar 3. Hasil Survei Kondisi Aliran Sungai Cemoro

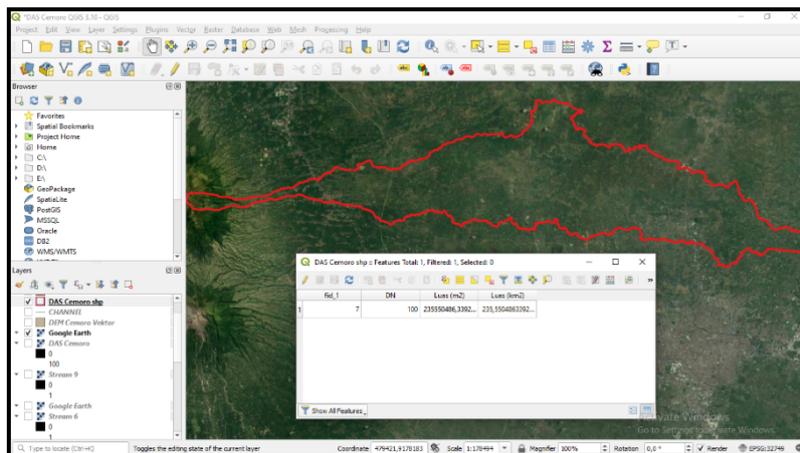


Gambar 4. Hasil Wawancara

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3 dapat diketahui bahwa kondisi aliran Sungai Cemoro terdapat banyak sampah dan tanaman liar di tepi sungai, sedangkan pada Gambar 4 dapat diketahui hasil dari wawancara meliputi sebagian besar responden mengetahui nama sungainya adalah Sungai Cemoro, terdapat 5 responden yang mengatakan bahwa sungai pada titik tersebut pernah meluap, dan untuk upaya pemerintah dalam menanggulangi banjir dilakukan dalam bentuk kerja bakti membersihkan sungai terdapat pada 10 titik lokasi survei.

Analisis Luas DAS Cemoro

Analisis luas DAS Cemoro membutuhkan 6 data DEM yang diperoleh dari <https://tanahair.indonesia.go.id/>. Penggabungan data DEM sampai dengan analisis luas DAS menggunakan bantuan *software* QGIS 3.10.6. Adapun hasil *delineasi* DAS Cemoro pada QGIS dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Analisis Luas DAS Cemoro pada QGIS

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa garis merah merupakan batas DAS Cemoro hasil dari *delineasi* menggunakan *software* QGIS, sedangkan luas DAS Cemoro adalah 235550486,34 m² atau 235,55 km².

**Analisis Debit Banjir Rancangan
Uji Konsistensi Hujan Metode RAPS**

Uji konsistensi hujan dilakukan pada 3 pos, yaitu PCH Kalijambe (2004-2023), Pos Klimatologi Waduk Cengklik (2008-2023), dan PCH Tritis (2013-2023). Berdasarkan uji konsistensi hujan dengan Metode RAPS, data hujan pada Pos Curah Hujan Kalijambe, Pos Klimatologi Waduk Cengklik, dan Pos Curah Hujan Tritis konsisten.

Curah Hujan Rerata Metode Rata-Rata Aljabar

Perhitungan curah hujan rerata dilakukan setelah uji konsistensi hujan. Perhitungan ini menggunakan Metode Rata-Rata Aljabar karena luas DAS Cemoro termasuk kecil yaitu kurang dari 500 km². Hasil perhitungan curah hujan maksimum dengan Metode Rata-rata Aljabar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Curah Hujan Maksimum

No	Tahun	Pmaks
1	2004	149,00
2	2005	74,00
3	2006	90,00
4	2007	186,00
5	2008	75,00
6	2009	123,50
7	2010	121,50
8	2011	86,67
9	2012	105,33
10	2013	58,33
11	2014	74,67
12	2015	68,67
13	2016	72,00
14	2017	74,00
15	2018	87,00
16	2019	72,33

No	Tahun	Pmaks
17	2020	85,33
18	2021	94,67
19	2022	82,00
20	2023	62,67

Uji Parameter Statistik dan Kecocokan Distribusi

Curah hujan maksimum yang sudah didapatkan kemudian diuji menggunakan parameter statistik dan kecocokan distribusi. Uji Kecocokan Distribusi ada dua yaitu Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov. Hasil dari Uji Parameter Statistik dan Uji Kecocokan Distribusi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Parameter Statistik dan Kecocokan Distribusi

No	Distribusi	Parameter Statistik	Chi Kuadrat	Smirnov Kolmogorov
1	Normal	Ditolak	Ditolak	Diterima
2	Log Normal	Ditolak	Diterima	Diterima
3	Gumbel	Ditolak	Diterima	Diterima
4	Log Pearson III	Diterima	Diterima	Diterima

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa jenis distribusi yang diterima adalah Distribusi Log Pearson III. Oleh karena itu, Distribusi Log Pearson III digunakan untuk menghitung hujan kala ulang.

Hujan Kala Ulang

Distribusi Log Pearson III digunakan untuk perhitungan hujan rencana dengan kala ulang 25 tahun. Hasil perhitungan untuk jumlah dan rata-rata dibantu dengan *microsoft excel* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hujan Kala Ulang

No	Tahun	X _{maks}	ln X _{maks}	ln (X _{maks} -X _{maksrerata})	ln (X _{maks} -X _{maksrerata}) ²	ln (X _{maks} -X _{maksrerata}) ³
1	2004	149,00	5,00	0,53	0,28	0,15
2	2005	74,00	4,30	-0,17	0,03	-0,01
3	2006	90,00	4,50	0,02	0,00	0,00
4	2007	186,00	5,23	0,75	0,56	0,42
5	2008	75,00	4,32	-0,16	0,03	0,00
6	2009	123,50	4,82	0,34	0,11	0,04
7	2010	121,50	4,80	0,32	0,10	0,03
8	2011	86,67	4,46	-0,02	0,00	0,00
9	2012	105,33	4,66	0,18	0,03	0,01
10	2013	58,33	4,07	-0,41	0,17	-0,07
11	2014	74,67	4,31	-0,17	0,03	0,00
12	2015	68,67	4,23	-0,25	0,06	-0,02
13	2016	72,00	4,28	-0,20	0,04	-0,01
14	2017	74,00	4,30	-0,17	0,03	-0,01
15	2018	87,00	4,47	-0,01	0,00	0,00
16	2019	72,33	4,28	-0,20	0,04	-0,01
17	2020	85,33	4,45	-0,03	0,00	0,00
18	2021	94,67	4,55	0,07	0,01	0,00

No	Tahun	X _{maks}	ln X _{maks}	ln (X _{maks} -X _{maksrerata})	ln (X _{maks} -X _{maksrerata}) ²	ln (X _{maks} -X _{maksrerata}) ³
19	2022	82,00	4,41	-0,07	0,01	0,00
20	2023	62,67	4,14	-0,34	0,12	-0,04
Rata-rata		92,13	4,48	Jumlah	1,64	0,48

Menghitung nilai deviasi standar dengan rumus sebagai berikut.

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{20-1} 1,64} = 0,29$$

Menghitung nilai koefisien kemencengan dengan rumus sebagai berikut.

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S_d^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

$$C_s = \frac{20}{(20-1)(20-2)0,29^3} 0,48 = 1,11$$

Setelah nilai koefisien kemencengan diperoleh, maka selanjutnya mencari besarnya nilai faktor frekuensi (K_T). Besarnya nilai faktor frekuensi diperoleh dari *plotting* dua parameter yaitu koefisien kemencengan (1,11) dan kala ulang (25 tahun) pada Tabel Nilai K_T untuk Distribusi Log Pearson III (kemencengan positif) (Triatmodjo, 2008). Hasil nilai faktor frekuensi yang diperoleh dari tabel tersebut adalah 2,07.

Menghitung nilai hujan kala ulang dengan rumus berikut.

$$\ln X_T = \ln \bar{X} + K_T (S \ln \bar{x})$$

$$\ln x_{25} = 4,48 + 2,07 (0,29) = 5,09$$

$$x_{25} = \text{arc ln } 5,09 = 161,66 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, hasil dari hujan kala ulang 25 tahun menggunakan Distribusi Log Pearson III adalah 161,66 mm.

Hyetograph Hujan Rancangan Metode ABM

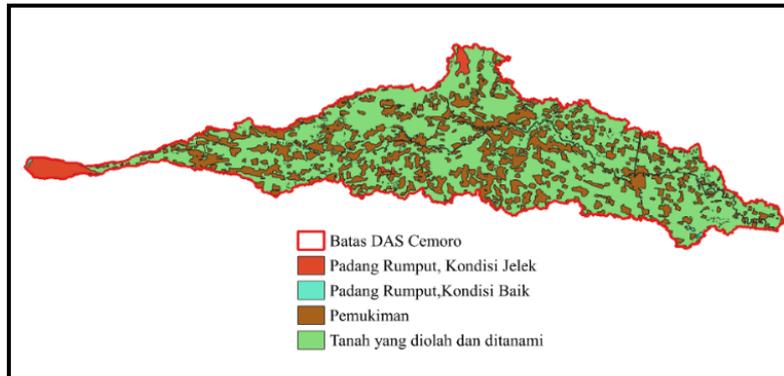
Hujan kala ulang didistribusikan ke dalam hujan jam-jaman dengan Metode ABM. Sobriyah (2003) menyatakan bahwa durasi hujan yang mengakibatkan banjir lebih sering terjadi selama 4 jam (Fauziyah et al., 2013). Hasil perhitungan hujan rancangan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hyetograph Hujan Rancangan

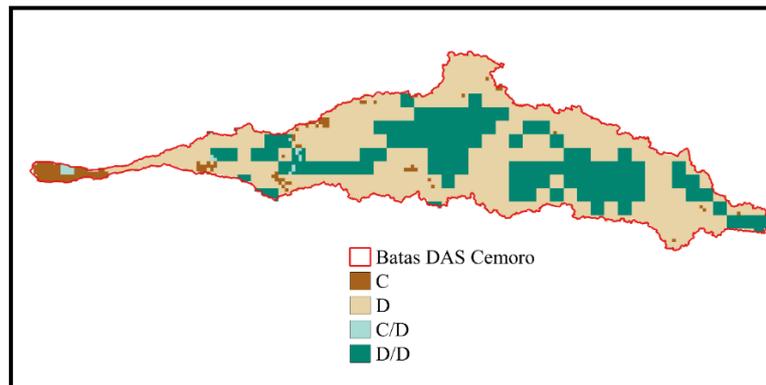
T _d (jam)	Δt (jam)	I _t (mm/jam)	I _t T _d (mm)	Δp (mm)	P _t (%)	Hyetograph (%) (mm)	
1	0~1	56,04	56,04	56,04	63,00	11,49	18,57
2	1~2	35,31	70,61	14,57	16,37	63,00	101,84
3	2~3	26,94	80,83	10,22	11,49	16,37	26,47
4	3~4	22,24	88,96	8,13	9,14	9,14	14,78
Jumlah				88,96	100,00	100,00	161,66

Hujan Efektif Metode SCS

Perhitungan hujan efektif memerlukan data tata guna lahan dan data jenis tanah. Data-data tersebut dimasukkan ke QGIS kemudian dipotong sesuai dengan batas DAS Cemoro. Peta Tata Guna Lahan dan Peta Tipe Tanah di Daerah Aliran Sungai Cemoro dengan bantuan *software* QGIS dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Peta Tata Guna Lahan DAS Cemoro



Gambar 7. Peta Tipe Tanah DAS Cemoro

Berdasarkan Gambar 6, tata guna lahan pada DAS Cemoro meliputi padang rumput dengan kondisi jelek, padang rumput dengan kondisi baik, pemukiman, dan tanah yang diolah dan ditanami, sedangkan pada Gambar 7, tipe tanah DAS Cemoro diambil tanah mayoritas yaitu tanah kelas D.

Langkah selanjutnya untuk menghitung hujan efektif adalah menentukan nilai CN (*curve number*) berdasarkan tata guna lahan dan tipe tanah pada DAS Cemoro. Adapun hasil dari penentuan nilai CN dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. *Curve Number*

Tata Guna Lahan		Klasifikasi Tanah		Luas	
BIG	CN	Tipe Tanah	Nilai CN	Km ²	%
Sawah	Tanah yang diolah dan ditanami	D	91	159,21	67,59
Sawah Tadah Hujan					
Perkebunan/Kebun					
Tegalan/Ladang	Pemukiman		84	68,57	29,11
Gedung/Bangunan					

Tata Guna Lahan		Klasifikasi Tanah		Luas	
BIG	CN	Tipe Tanah	Nilai CN	Km ²	%
Pemukiman dan Tempat Kegiatan					
Padang Rumput	Padang Rumput, Kondisi Baik		78	0,46	0,20
Semak Belukar	Padang Rumput, Kondisi Jelek		89	5,89	2,50

Hujan efektif dapat dihitung setelah nilai CN diketahui. Hujan efektif sama dengan hujan total yang jatuh di permukaan tanah dikurangi dengan kehilangan air (abstraksi). Adapun hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hujan Efektif

t	P	ΣP	ΣPe	Pe
1	18,57	18,57	3,39	3,39
2	101,84	120,41	89,18	85,79
3	26,47	146,88	114,59	25,40
4	14,78	161,66	128,90	14,32
Jumlah	161,66	Jumlah		128,90

Debit Banjir Rancangan Metode Nakayasu

HSS Nakayasu

Hidrograf satuan sintetis dihitung menggunakan Metode Nakayasu. Langkah-langkah perhitungan parameter HSS Nakayasu adalah sebagai berikut.

1. Menghitung waktu konsentrasi (t_g) dengan luas DAS dan panjang sungai adalah 235,55 km² dan 68,5 km.

$$t_g = 0,4 + 0,058L$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 \cdot 68,5 = 4,37 \text{ jam}$$

2. Menghitung satuan waktu dari curah hujan.

$$t_r = 0,75 t_g$$

$$t_r = 0,75 t_g = 0,75 \cdot 4,37 = 3,28 \text{ jam}$$

3. Menghitung waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf.

$$T_p = t_g + 0,8T_r$$

$$T_p = 4,37 + 0,8 \cdot 3,28 = 7,00 \text{ jam}$$

4. Menghitung waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak.

$$T_{0,3} = \alpha t_g$$

$$T_{0,3} = 2 \cdot 4,37 = 8,75$$

5. Menghitung debit puncak banjir.

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A R_e}{0,3T_p + T_{0,3}} \right)$$

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{235,55 \cdot 1}{0,3 \cdot 7,00 + 8,75} \right) = 6,03 \text{ m}^3/d$$

Parameter HSS Nakayasu digunakan untuk menghitung ordinat hidrograf pada beberapa waktu yang ditetapkan sebagai berikut.

1. Pada kurva naik ($0 < t < T_p = 7,00$)

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

$$Q_t = 6,03 \left(\frac{0}{7,00} \right)^{2,4} = 0,00 \text{ m}^3/d$$

2. Pada kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0,3} = 15,74$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}}$$

$$Q_t = 6,03 \times 0,3^{(8-7,00)/8,75} = 5,26 \text{ m}^3/d$$

3. Pada kurva turun ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3} = 28,86$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(0,5T_{0,3})]/(1,5T_{0,3})}$$

$$Q_t = 6,03 \times 0,3^{[(16-7,00)+(0,5 \cdot 8,75)]/(1,5 \cdot 8,75)} = 1,77 \text{ m}^3/d$$

4. Pada kurva turun ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3} = 28,86$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(1,5T_{0,3})]/(2T_{0,3})}$$

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(29-7,00)+(1,5 \cdot 8,75)]/(2 \cdot 8,75)} = 0,54 \text{ m}^3/d$$

Ordinat hidrograf digabung dan dihitung tinggi limpasannya (tinggi limpasan harus sama dengan 1) yaitu sebagai berikut.

1. Menghitung jumlah debit.

$$\sum Q = 67,33 \text{ m}^3/d$$

2. Menghitung volume limpasan.

$$VLL = \sum Q \times 3600$$

$$VLL = 67,33 \times 3600 = 242373,73 \text{ m}^3$$

3. Menghitung tinggi limpasan.

$$TLL = \frac{VLL}{(Luas DAS \times 1000)}$$

$$TLL = \frac{242373,73}{(235,55 \times 1000)} = 1,03 \text{ mm}$$

Hasil tinggi limpasan tidak sama dengan 1 (satu). Oleh karena itu, dilakukan koreksi terhadap nilai debit dengan mengalikan faktor koreksi dan ordinat hidrograf satuan yaitu sebagai berikut.

1. Menghitung debit terkoreksi, misal pada $t = 1$.

$$Q_{Koreksi} = Q_{Awal} \times TLL$$

$$Q_{Koreksi} = 0,06 \times 1,03 = 0,06$$

2. Menghitung jumlah debit terkoreksi.

$$\sum Q_{Koreksi} = 65,43 \text{ m}^3/d$$

3. Menghitung volume limpasan.

$$VLL = \sum Q_{Koreksi} \times 3600$$

$$VLL = 65,43 \times 3600 = 235550,00 \text{ m}^3$$

4. Menghitung tinggi limpasan.

$$TLL = \frac{VLL}{(Luas DAS \times 1000)}$$

$$TLL = \frac{235550,00}{(235,55 \times 1000)} = 1,00 \text{ mm}$$

Adapun hasil perhitungan HSS Nakayasu dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. HSS Nakayasu

t(jam)	Q _{Awal} (m ³ /d)	Q _{Koreksi} (m ³ /d)	t(jam)	Q _{Awal} (m ³ /d)	Q _{Koreksi} (m ³ /d)	t(jam)	Q _{Awal} (m ³ /d)	Q _{Koreksi} (m ³ /d)
0	0,00	0,00	35	0,36	0,35	72	0,03	0,03
1	0,06	0,06	36	0,33	0,32	73	0,03	0,03
2	0,30	0,29	37	0,31	0,30	74	0,02	0,02
3	0,79	0,77	38	0,29	0,28	75	0,02	0,02
4	1,58	1,53	39	0,27	0,26	76	0,02	0,02
5	2,69	2,62	40	0,25	0,25	77	0,02	0,02
6	4,17	4,05	41	0,24	0,23	78	0,02	0,02
7,00	6,03	5,86	42	0,22	0,21	79	0,02	0,02
8	5,26	5,11	43	0,21	0,20	80	0,02	0,02
9	4,58	4,45	44	0,19	0,19	81	0,02	0,01
10	3,99	3,88	45	0,18	0,17	82	0,01	0,01
11	3,48	3,38	46	0,17	0,16	83	0,01	0,01
12	3,03	2,94	47	0,16	0,15	84	0,01	0,01
13	2,64	2,57	48	0,15	0,14	85	0,01	0,01
14	2,30	2,24	49	0,14	0,13	86	0,01	0,01
15	2,00	1,95	50	0,13	0,12	87	0,01	0,01
15,74	1,81	1,76	51	0,12	0,11	88	0,01	0,01
16	1,77	1,72	52	0,11	0,11	89	0,01	0,01
17	1,61	1,57	53	0,10	0,10	90	0,01	0,01
18	1,47	1,43	54	0,10	0,09	91	0,01	0,01
19	1,34	1,30	55	0,09	0,09	92	0,01	0,01
20	1,22	1,19	56	0,08	0,08	93	0,01	0,01
21	1,12	1,09	57	0,08	0,08	94	0,01	0,01
22	1,02	0,99	58	0,07	0,07	95	0,01	0,01
23	0,93	0,90	59	0,07	0,07	96	0,01	0,01
24	0,85	0,82	60	0,06	0,06	97	0,00	0,00
25	0,77	0,75	61	0,06	0,06	98	0,00	0,00
26	0,71	0,69	62	0,06	0,05	99	0,00	0,00
27	0,64	0,63	63	0,05	0,05	100	0,00	0,00
28	0,59	0,57	64	0,05	0,05	Jumlah	67,33	65,43
28,86	0,54	0,53	65	0,05	0,04	VLL	242373,73	235550,00
29	0,54	0,52	66	0,04	0,04	TLL	1,03	1,00
30	0,50	0,49	67	0,04	0,04			
31	0,47	0,46	68	0,04	0,04			
32	0,44	0,43	69	0,03	0,03			
33	0,41	0,40	70	0,03	0,03			
34	0,38	0,37	71	0,03	0,03			

Aliran Dasar

Aliran dasar adalah aliran di sungai ketika tidak terjadi hujan. Perhitungan aliran dasar (*base flow*) adalah sebagai berikut.

Luas DAS (A) = 235,55 km²

Panjang sungai semua tingkat (L') = 858,72 km

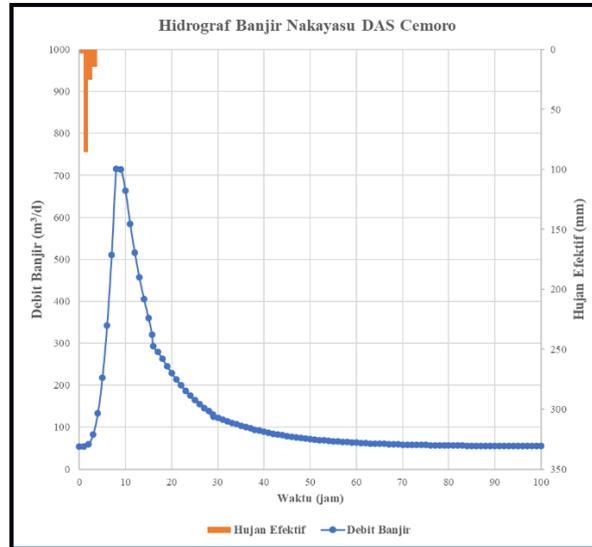
Kerapatan jaringan kuras (D) = 858,72/235,55 = 3,65

Base Flow = 0,4751 . A^{0,6444} . D^{0,9430}

$$Base\ Flow = 0,4751 \cdot 235,55^{0,6444} \cdot \left(\frac{858,72}{235,55}\right)^{0,9430} = 54,34\ m^3/d$$

Hidrograf Banjir Nakayasu

Hidrograf Banjir Nakayasu dihitung berdasarkan hasil perkalian antara hujan efektif dan hidrograf satuan kemudian ditambah dengan *base flow* (aliran dasar). Hasil perhitungan hidrograf banjir dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hidrograf Banjir Nakayasu

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat bahwa debit mulai turun pada jam ke 9, sedangkan debit terbesar terdapat pada jam ke 8 yaitu $715,17 \text{ m}^3/\text{d}$.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan yaitu sebagai berikut; (1) Kondisi aliran Sungai Cemoro saat ini berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kondisi alirannya terdapat banyak sampah dan tanaman liar di tepi sungai, sedangkan pada hasil wawancara dapat diketahui pernah terjadi banjir di 5 (lima) titik dan upaya mayoritas yang dilakukan pemerintah adalah kerja bakti. (2) Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) Cemoro berdasarkan *Software* QGIS 3.10.6 adalah $235,55 \text{ km}^2$. (3) Debit banjir rancangan Daerah Aliran Sungai (DAS) Cemoro menggunakan Metode Nakayasu dengan kala ulang 25 tahun adalah $715,17 \text{ m}^3/\text{d}$.

BIBLIOGRAFI

- Abiel, T. F., Refika, C. D., & Shaskia, N. (2022). Analisis Debit Banjir Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dan Soil Conservation Service (SCS) pada Sungai Krueng Kala Aceh Besar. *Journal of The Civil Engineering Student*, 4(2), 169–175. <https://doi.org/10.24815/journalces.v4i2.21351>
- Alinda, S., Meylis Safriani, & Teuku Farizal. (2022). Analisis Debit Banjir Sungai Krueng Tripa Menggunakan Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Nakayasu. *Jurnal Media Teknik Sipil Samudra*, 3(2), 30–41. <https://doi.org/10.55377/jmtss.v3i2.5360>
- Amiruddin, A., Asta, A., & Handayani, R. (2021). Penentuan Batas DAS Tojo Berbasis GIS Menggunakan Perangkat HEC HMS 4.4 dan QGIS 3.16. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*.

- Andayani, R., & Umari, Z. F. (2022). Debit Banjir Rancangan DAS Selabung dengan HSS Nakayasu. *Jurnal Deformasi*, 7(1), 21. <https://doi.org/10.31851/deformasi.v7i1.7803>
- 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>
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 2415:2016 Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*.
- Balahanti, R., Mononimbar, W., & Gosal, P. H. (2023). Analisis Tingkat Kerentanan Banjir di Kecamatan Singkil Kota Manado. *SPASIAL*, 11(1), 69–79.
- Br, S. H. (2009). *Hidrologi: Teori, Masalah, Penyelesaian*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Caesar, A. J., Sunik, S., & Yoedono, B. S. (2023). Analisis Debit Banjir Menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Terhadap DAS Lesti. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 83–101.
- Cambodia, M., Hasan, M. I., & Novilyansa, E. (2021). Analisis Debit Banjir Rancangan Menggunakan Metode HSS Nakayasu di Sungai Tulang Bawang Provinsi Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 92–96. <https://doi.org/10.24967/psn.v2i1.1489>
- Damayanti, A. C., Limantara, L. M., & Haribowo, R. (2022). Analisis Debit Banjir Rancangan dengan Metode HSS Nakayasu, HSS ITB-1, dan HSS Limantara pada DAS Manikin di Kabupaten Kupang. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2), 313.
- Fauziyah, S., Sobriyah, & Susilowati. (2013). Analisis Karakteristik dan Intensitas Hujan Kota Surakarta. *Matriks Teknik Sipil*, 1(2).
- Ka'au, A. A., Takumansang, E. D., & Sembel, A. (2021). Analisis Tingkat Kerawanan Banjir di Kecamatan Sangtombolang Kabupaten Bolaang Mongondow. *SPASIAL*, 8(3), 291–302.
- Kementerian PUPR - Republik Indonesia. (2015). *Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau*.
- Miradj, A., & Rahman, S. (2020). Analisis Debit Banjir Sungai Uru Ino, Kabupaten Halmahera Timur Menggunakan Pendekatan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Gamma I dan HSS Nakayasu. *Dintek*, 13(1), 1–13.
- Mulyandari, E., & Susila, H. (2020). Validasi Data Curah Hujan Satelit Trmm dan Persiann dalam Analisis Debit Banjir Rencana di Das Telaga Lebur. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 25(2), 16–22. <https://doi.org/10.36728/jtsa.v25i2.1070>
- Mulyandari, E., Wijayanti, P., & Gunarso. (2024). *Hidrologi Terapan Prinsip dan Aplikasi Hidrologi dalam Manajemen Lingkungan dan Infrastruktur*. Yogyakarta: Pena Muda Media.
- Nugrahanto, E. B., Suprayogi, S., Hadi, M. P., & Rahmadwiati, R. (2022). Analisis Debit Banjir Rancangan dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu di Sub DAS Keduang. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Journal of Watershed Management Research)*, 6(2), 111–124.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2008). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2008 Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana*.
- Saputra, A., & Saputri, U. S. (2021). Analisis Debit Banjir Rencana dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu di Daerah Aliran Sungai Cimandiri. *Jurnal TESLINK : Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 3(1), 01–10. <https://doi.org/10.52005/teslink.v2i1.61>

Srikanti Mega Dwi Astuti, Erni Mulyandari, Suryo Handoyo

Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.

Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

Copyright holder:

Srikanti Mega Dwi Astuti, Erni Mulyandari, Suryo Handoyo (2024)

First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

