

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir merupakan fenomena yang terjadi ketika aliran air yang berlebih menggenangi daratan. Petunjuk banjir Uni Eropa mendefinisikan banjir sebagai penggenangan sementara oleh air pada daratan yang biasanya tidak terendam air sebelumnya. Dalam arti “air mengalir”, kata ini juga dapat berarti mencakup air yang berasal dari pasang laut (BPBD Bogor, 2017). Pada 15 Maret 2023, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Cilegon mencatat ada sebanyak 10 titik di kota Cilegon yang terendam banjir. Berdasarkan data BPBD Kota Cilegon titik banjir yang terberat berada di wilayah Cibeber yang tingginya mencapai dada orang dewasa. Adapun 752 KK yang terkena dampak banjir Sungai Cibeber. (Selatsunda.com, 2023).

Sungai Cibeber terletak di pusat Kota Cilegon dan berperan besar karena melintasi jalan utama Kota Cilegon. Kerugian yang dirasakan masyarakat setempat antara lain banjir sungai. Pertumbuhan penduduk yang pesat di DAS Cibeber membuat sungai tidak mampu menyerap kelebihan air. Faktor penyebabnya termasuk kerusakan bangunan dan sungai tidak memiliki cukup luas atau ukuran untuk menyerap kelebihan air (Azizah, 2013). Banjir dapat menyebabkan lumpuhnya sarana transportasi, merusak sarana dan prasarana (merusak pemukiman, jalan, gedung, tempat ibadah, sekolah, perkantoran, dll), menghentikan aktivitas sehari-hari, menghilangkan atau merusak peralatan, harta benda, dan jiwa manusia, dan mencemari lingkungan sekitar (Subekti, 2023). Salah satu upaya dalam mencegah dan mengurangi kerugian banjir adalah dengan memberikan informasi yang dapat dipercaya kepada publik terkait risiko banjir melalui peta genangan banjir (Solikha, dkk, 2022). Untuk mengurangi risiko dan jumlah kejadian banjir maka diperlukan perencanaan sistem pengendalian banjir yang tepat dan terpadu. Dalam merencanakan sistem perlindungan banjir di suatu wilayah, perlu dilakukan evaluasi dan analisis luas wilayah serta tingkat keparahan banjir. Karakteristik banjir berupa luas wilayah banjir/luas genangan, kedalaman banjir, dan kecepatan aliran perlu dipetakan sehingga dapat menjadi landasan yang sangat mendasar dan penting dalam perencanaan perlindungan banjir (Kodoatie, 2005).

Penelitian tentang analisis genangan banjir sungai yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya antara lain: Nuzul, dkk (2020), Solikha dkk (2022), Yanisiregar (2021), Mawardi (2020), Amin, dkk (2018), Pratiwi, dkk (2021), Azizah dkk (2013), Priartha, dkk (2021). Penelitian tentang Analisa Genangan Banjir dengan Aplikasi HEC-RAS Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) (Studi Kasus: Sungai Cibeber Kota Cilegon) belum pernah dilakukan penelitian oleh peneliti sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

- a. Berapa besar debit rencana Sungai Cibeber pada periode ulang 10, 25, dan 50 tahun?
- b. Bagaimana kapasitas Sungai Cibeber saat ini terhadap debit banjir dengan periode ulang 25 tahun?
- c. Dimanakah titik daerah genangan banjir pada Sungai Cibeber dengan pemodelan *Flood Mapping*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

- a. Mengetahui debit banjir rencana Sungai Cibeber pada periode ulang 10, 25, dan 50 Tahun.
- b. Mengetahui kapasitas Sungai Cibeber terhadap debit banjir dengan periode ulang 25 tahun.
- c. Mengetahui titik genangan banjir pada Sungai Cibeber dengan pemodelan *Flood Mapping*.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memperjelas permasalahan dan memudahkan dalam menganalisa, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Tata cara perhitungan debit banjir rencana berdasarkan SNI 2415-2016
- b. Analisis genangan banjir Sungai Cibeber hanya banjir Sungai Cibeber yang berada di wilayah Kota Cilegon
- c. Debit banjir rencana yang dihitung adalah periode ulang 10, 25, dan 50 tahun
- d. Tidak memperhitungkan sedimentasi yang terjadi

- e. Data Stasiun curah hujan yang dipakai adalah Stasiun Cilegon dan Stasiun Cidanau tahun 2012-2022.
- f. Data DEM yang digunakan merupakan data dari DEMNAS dalam bentuk DSM (*Digital Surface Model*)

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah :

- a. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat untuk pengembangan ilmu, menjadi referensi bagi peneliti-peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan analisa banjir.
- b. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan/masukan bagi praktisi di bidang sumber daya air, terutama tentang banjir.
- c. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan pemerintah daerah Kota Cilegon terkait penanganan permasalahan genangan banjir Sungai Cibeber.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan

Nuzul, dkk (2021) melakukan penelitian mengenai Analisis Genangan Banjir Akibat Debit Puncak di Das Baubau Menggunakan HEC-RAS dan GIS. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui wilayah berpotensi banjir pada DAS Baubau dengan periode ulang 5 s/d 100 tahun kedepan. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran. Variabel yang dipengaruhi adalah: Debit Banjir, Kapasitas Saluran, Genangan Banjir. Metode yang digunakan yaitu Hidrograf HSS Nakayasu, Aplikasi HEC-RAS dan GIS. Berdasarkan simulasi model *HEC-RAS* diperoleh nilai debit banjir rancangan maksimum Sungai Baubau periode Q5 tahun sebesar 435.24 m³/s, Q20 tahun 498.30 m³/s, Q25 tahun 511.76 m³/s, Q50 tahun 536.84 m³/s dan Q100 tahun 559.06 m³/s yang melebihi kapasitas sungai atau memiliki potensi ancaman banjir yang dapat menimbulkan ketinggian banjir mencapai 1 sampai 5 meter dari tinggi muka air normal sungai dengan status kelas resiko tinggi. Dari hasil integrasi pemodelan *HEC-RAS* dan *ArcGIS* menghasilkan informasi mengenai zonasi daerah genangan banjir yang terdampak di 3 kecamatan yaitu, Kecamatan Murhum mencapai luas genangan maksimum 0.098 km² tersebar di Kelurahan Wajo dan Melai, Kecamatan Batupoaro dengan luas genangan 0.061 Km² berada di Kelurahan Nganganaumala dan Kecamatan Wolio tersebar di Kelurahan Bataraguru, Tomba, Wale dan Bukit wolio indah dengan luas genangan mencapai 0.309 Km² , ketiga kecamatan tersebut memiliki kelas resiko sangat rentan. (Nuzul dkk, 2021)

Sholikha, dkk (2022) melakukan penelitian mengenai Permodelan Sebaran Genangan Banjir Menggunakan HEC-RAS di Sub DAS Cisadane Hilir. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi lokasi, kedalaman, dan sebaran genangan air menggunakan model aliran permanen keluaran HECRAS (1D) pada tanggal 26 Februari 2020 dan untuk debit dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran. Variabel yang dipengaruhi adalah: Debit Banjir, Kapasitas Saluran, Genangan Banjir Metode yang

digunakan yaitu Aplikasi GIS, HEC-RAS, Crystal Ball, Snap. Hasil pemodelan genangan menunjukkan banjir pada 26 Februari 2020 melanda hingga 11 kelurahan. Kedalaman dan luasan wilayah terdampak terbesar terjadi di Desa Kedaung Barat dengan luas genangan 3,41 ha (0,01% dari luas desa). Kedalaman dan luas banjir masing-masing meningkat 0,1-0,2 m dan 20-50 ha seiring dengan bertambahnya periode ulang debit. Keakuratan keluaran model hanya 32%. Ketidakakuratan hasil model disebabkan penggunaan data DEM resolusi rendah sebagai input model.

Yanisiregar (2021) melakukan penelitian mengenai Pemodelan Genangan Banjir di Kecamatan Cisarua Bogor Menggunakan HEC-RAS 2D Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan peta genangan banjir yang kemudian dengan peta genangan ini dapat dilakukan perhitungan kerusakan dan kerugian ekonomi akibat banjir. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran. Variabel yang dipengaruhi adalah Genangan Banjir, Kerusakan dan kerugian ekonomi. Metode yang digunakan yaitu Aplikasi HEC-RAS, dan Arc Map. Hasil genangan banjir maksimum rata – rata yang diperoleh sebesar 3m dengan luasan area yang beragam. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan kerugian ekonomi akibat banjir diperoleh kerugian terhadap hasil perkebunan wilayah Kecamatan Cisarua yaitu teh sebanyak 10,933,833/m² dan kerugian pada permukiman sebesar Rp.104.000/m².

Mawardi (2020) melakukan penelitian mengenai Permodelan Genangan Banjir Sungai Lamasi Kabupaten Luwu Sulawesi Selatan. Tujuan penelitian ini adalah untuk Mengetahui seberapa besar debit banjir yang terjadi di DAS Lamasi pada periode ulang 50 tahun dan 100 tahun. Mengetahui Luas Daerah sebaran Genangan Banjir pada periode ulang 50 tahun dan 100 tahun dengan menggambarkan dalam bentuk pemodelan *Floodplain Mapping*. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran. Variabel dipengaruhi adalah Debit Banjir, Kapasitas Saluran, Genangan Banjir. Metode yang digunakan yaitu Hidrograf HSS Nakayasu, Aplikasi GIS dan HEC-RAS. Hasil dari simulasi ini yang kemudian di overlay dengan GIS Tools (Ras Mapper) sehingga di dapatkan pemodelan Floodplain. Hasil analisa HEC-RAS dengan simulasi periode ulang 50 tahun dan 100 tahun terhadap geometry sungai Lamasi memberikan informasi, Ketinggian rata rata banjir pada periode ulang 50

tahun adalah kurang lebih 1.5 meter dan luas area yang tergenang adalah 521.85 Ha. Sedangkan pada periode ulang 100 tahun adalah kurang lebih 2 meter dan luas area yang tergenang adalah 528.44 Ha, yang meliputi pemukiman penduduk, infrastruktur jalan serta lahan pertanian.

Amin, dkk (2018) melakukan penelitian mengenai Simulasi Karakteristik Genangan Banjir Menggunakan HEC-RAS 5 (Studi Kasus Subsistem Sekanak di Kota Palembang) Tujuan penelitian ini adalah untuk memodelkan dan mensimulasikan banjir menggunakan model hidrodinamika HEC-RAS 5.0, dan untuk memetakan karakteristik genangan banjir. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran. Variabel yang dipengaruhi adalah Debit Banjir, Kapasitas Saluran, Genangan Banjir. Metode yang digunakan yaitu Metode Mononobe, Metode SCS-CN, Aplikasi GIS, dan HEC-RAS. Berdasarkan hasil analisis, pada kondisi muka air minimum, luas genangan di lokasi penelitian adalah 3,124 km² dengan kedalaman banjir 0-3,032 m dan kecepatan aliran 0-1,804 m/s. pada kondisi muka air rata-rata, luas genangan adalah 3,152 km² dengan kedalaman banjir 0-3,034 m dan kecepatan aliran 0-2,204 m/s. pada kondisi muka air maksimum, luas genangan adalah 3,946 km² dengan kedalaman banjir 0-3,241 m dan kecepatan aliran 0-2,418 m/s. semakin muka air di hilir sungai naik, maka luasan genangan semakin bertambah. begitu juga dengan kedalaman genangan dan kecepatan aliran. pada kondisi maksimal, sebagian besar Subsistem Sekanak mengalami genangan dengan persentasi luasan sebesar 40,11%. hasil simulasi memiliki akurasi yang cukup baik dibandingkan terhadap tinjauan lapangan.

Irawan, dkk melakukan penelitian mengenai Analisis Genangan banjir Menggunakan Sistem Aplikasi HEC-RAS 5.0.7 (Studi Kasus Sub-DAS Sungai Dengkeng) Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis genangan banjir yang diakibatkan oleh luapan sungai Dengkeng menggunakan sistem aplikasi HEC-RAS 5.0.7 pada tanggal 28 November sampai dengan 2 Desember 2017. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran. Variabel yang dipengaruhi adalah Debit Banjir, Kapasitas Saluran, Genangan Banjir. Metode yang digunakan yaitu Aplikasi Ras Mapper, HEC-RAS. Hasil analisa di disusun Sarimulyo, Karangjoho,

Karangdowo diperoleh tinggi genangan sebesar 0,034 sampai 3,204 meter dengan kecepatan sebesar 0,115 sampai 1,521 m/d. Di dusun Lembuputih, Karangjoho, Karangdowo tinggi genangan sebesar 0,282 sampai 2,054 meter dengan kecepatan 0,08 sampai 0,612 m/d. Di dusun Sawah, Babadan, Karangdowo tinggi genangan sebesar 0,698 sampai 2,698 meter dengan kecepatan 0,698 sampai 1,153 m/d. Di dusun Satu, Majasto, Tawangsari tinggi genangan sebesar 0,18 sampai 2,539 meter dengan kecepatan 0,07 sampai 0,254 m/d. Hasil Pemetaan genangan banjir untuk luasan genangan banjir di Kecamatan Karangdowo sebesar 124,72 ha dan di Kecamatan Tawangsari sebesar 30,89.

Azizah dkk (2013) melakukan penelitian mengenai Normalisasi Sungai Cibeber HM 21+00 Sampai Dengan HM 36+00 (Panjang 1500 Meter) Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya debit banjir yang mengalir di Sungai Cibeber dan untuk mengetahui apakah Sungai Cibeber ini masih mampu atau tidak untuk menampung kelebihan air dari debit yang direncanakan. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran. Variabel yang dipengaruhi adalah Debit Banjir, Kapasitas Saluran, Genangan Banjir. Metode yang digunakan yaitu Metode Rasional, Metode Der Weduwen, dan Kapasitas Saluran. Hasil analisis data diperoleh distribusi yang cocok yaitu Distribusi Gumbel dengan nilai debit banjir rancangan pada kala ulang 25 tahun adalah 109,41 m³/s dan kala ulang 50 tahun adalah 123,005 m³/s. Kondisi eksisting Sungai Cibeber di 8 titik yang ditinjau saat ini tidak aman terhadap debit yang direncanakan. Analisis dimensi sungai yang terpilih adalah alternatif 3 untuk dapat menyelesaikan banjir dengan dimensi yang berbeda-beda pada setiap titik.

Azhari (2021) melakukan penelitian mengenai Studi Analisis Banjir Menggunakan Metode HSS Nakayasu & Gama I. Tujuan penelitian ini adalah untuk Mengetahui terjadinya banjir di Sungai Ciliwung pada ruas Jembatan Kalibata sampai dengan Jembatan Codet dengan Q100 dengan analisis perhitungan debit rencana HSS Nakayasu dan HSS Gama I. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran. Variabel yang dipengaruhi adalah Debit Banjir, Kapasitas Saluran, Genangan Banjir. Metode yang digunakan yaitu Metode HSS Nakayasu,

Metode GAMA I, Aplikasi HEC-RAS. Hasil analisis data diperoleh besar debit banjir Q100 dengan metode HSS Nakayasu dan Gama I masing-masing sebesar 295,3 m³/s dan 527 m³/s. dengan hasil pada Kondisi Eksisting Sungai Ciliwung pada Sta. 9+300 hingga Sta. 15+800 dengan total 260 cross section mengalami limpasan sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang pada saluran Sungai Ciliwung STA. 9+300 s/d STA. 15+800.

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu yang relevan

	Nama	Judul	Tujuan	Variabel	Metode Penelitian	Hasil
1	Nuzul, dkk (2021)	Analisis Genangan Banjir Akibat Debit Puncak di Das Baubau Menggunakan HEC-RAS dan GIS	Mengetahui wilayah berpotensi banjir pada DAS Baubau dengan periode ulang 5 s/d 100 tahun kedepan.	Variabel bebas: Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran. Variabel terikat: Debit Banjir, Kapasitas Saluran, Genangan Banjir.	Hidrograf HSS Nakayasu, Aplikasi HEC-RAS dan GIS.	Berdasarkan simulasi model <i>HEC-RAS</i> diperoleh nilai debit banjir rancangan maksimum Sungai Baubau periode Q5 tahun sebesar 435.24 m ³ /s, Q20 tahun 498.30 m ³ /s, Q25 tahun 511.76 m ³ /s, Q50 tahun 536.84 m ³ /s dan Q100 tahun 559.06 m ³ /s yang melebihi kapasitas sungai atau memiliki potensi ancaman banjir yang dapat menimbulkan ketinggian banjir mencapai 1 sampai 5 meter dari tinggi muka air normal sungai dengan status kelas resiko tinggi. Dari hasil integrasi pemodelan <i>HEC-RAS</i> dan <i>ArcGIS</i> menghasilkan informasi mengenai zonasi daerah genangan banjir yang terdampak di 3 kecamatan yaitu, Kecamatan Murhum mencapai luas genangan maksimum 0.098 km ² tersebar di Kelurahan Wajo dan Melai, Kecamatan

						Batupoaro dengan luas genangan 0.061 Km ² berada di Kelurahan Nganganaumala dan Kecamatan Wolio tersebar di Kelurahan Bataraguru, Tomba, Wale dan Bukit wolio indah dengan luas genangan mencapai 0.309 Km ² , ketiga kecamatan tersebut memiliki kelas resiko sangat rentan.
2	Sholikha, dkk (2022)	Permodelan Sebaran Genangan Banjir Menggunakan HEC-RAS di Sub DAS Cisadane Hilir	Mengidentifikasi lokasi, kedalaman, dan sebaran genangan air menggunakan model aliran permanen keluaran HECRAS (1D) pada tanggal 26 Februari 2020 dan untuk debit dengan	Variabel bebas: Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran.	Aplikasi GIS, HEC-RAS, Crystal Ball, Snap	Banjir pada 26 Februari 2020 melanda hingga 11 kelurahan. Kedalaman dan luasan wilayah terdampak terbesar terjadi di Desa Kedaung Barat dengan luas genangan 3,41 ha (0,01% dari luas desa). Kedalaman dan luas banjir masing-masing meningkat 0,1-0,2 m dan 20-50 ha seiring dengan bertambahnya periode ulang debit. Keakuratan keluaran model hanya 32%. Ketidakakuratan hasil model disebabkan penggunaan data DEM

			periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun	Variabel terikat: Debit Banjir, Kapasitas Saluran, Genangan Banjir. Variabel terikat: Sebaran genangan banjir		resolusi rendah sebagai input model.
3	Yanisiregar (2021)	Pemodelan Genangan Banjir di Kecamatan Cisarua Bogor Menggunakan HEC-RAS 2D	Menghasilkan peta genangan banjir yang kemudian dengan peta genangan ini dapat dilakukan perhitungan kerusakan dan kerugian ekonomi akibat banjir.	Variabel bebas: Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran.	Aplikasi HEC-RAS, dan Arc Map.	Hasil genangan banjir maksimum rata – rata yang diperoleh sebesar 3m dengan luasan area yang beragam. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan kerugian ekonomi akibat banjir diperoleh kerugian terhadap hasil perkebunan wilayah Kecamatan Cisarua yaitu teh sebanyak 10,933,833/m ² dan kerugian pada permukiman sebesar Rp.104.000/m ² .

				Variabel terikat: Genangan Banjir, Kerusakan dan kerugian ekonomi.		
4	Mawardi (2020)	Permodelan Genangan Banjir Sungai Lamasi Kabupaten Luwu Sulawesi Selatan	Mengetahui seberapa besar debit banjir yang terjadi di DAS Lamasi pada periode ulang 50 tahun dan 100 tahun. Mengetahui Luas Daerah sebaran Genangan Banjir pada periode ulang 50 tahun dan 100 tahun dengan menggambarkan dalam bentuk pemodelan <i>Floodplain Mapping</i> .	Variabel bebas: Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran. Variabel terikat: Debit Banjir, Kapasitas Saluran, Genangan Banjir.	Hidrograf HSS Nakayasu, Aplikasi GIS dan HEC-RAS.	Hasil dari simulasi ini yang kemudian di overlay dengan GIS Tools (Ras Mapper) sehingga di dapatkan pemodelan Floodplain. Hasil analisa HEC-RAS dengan simulasi periode ulang 50 tahun dan 100 tahun terhadap geometry sungai Lamasi memberikan informasi, Ketinggian rata rata banjir pada periode ulang 50 tahun adalah kurang lebih 1.5 meter dan luas area yang tergenang adalah 521.85 Ha. Sedangkan pada periode ulang 100 tahun adalah kurang lebih 2 meter dan luas area yang tergenang adalah 528.44 Ha, yang meliputi pemukiman penduduk, infrastruktur jalan serta lahan pertanian.
5	Amin, dkk	Simulasi	untuk memodelkan	Variabel bebas:	Metode	Berdasarkan hasil analisis, pada kondisi muka air

	(2018)	Karakteristik Genangan Banjir Menggunakan HEC-RAS 5 (Studi Kasus Subsistem Sekanak di Kota Palembang)	dan meng-simulasikan banjir menggunakan model hidrodinamika HEC-RAS 5.0, dan untuk memetakan karakteristik genangan banjir.	Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran. Variabel terikat: Debit Banjir, Kapasitas Saluran, Genangan Banjir.	Mononobe, Metode SCS-CN, Aplikasi GIS, dan HEC-RAS.	minimum, luas genangan di lokasi penelitian adalah 3,124 km ² dengan kedalaman banjir 0-3,032 m dan kecepatan aliran 0-1,804 m/s. pada kondisi muka air rata-rata, luas genangan adalah 3,152km ² dengan kedalaman banjir 0-3,034m dan kecepatan aliran 0-2,204m/s. pada kondisi muka air maksimum, luas genangan adalah 3,946 km ² dengan kedalaman banjir 0-3,241m dan kecepatan aliran 0-2,418 m/s. semakin muka air di hilir sungai naik, maka luasan genangan semakin bertambah. begitu juga dengan kedalaman genangan dan kecepatan aliran. pada kondisi maksimal, sebagian besar Subsistem Sekanak mengalami genangan dengan persentasi luasan sebesar 40,11%. hasil simulasi memiliki akurasi yang cukup baik dibandingkan terhadap tinjauan lapangan.
6	Irawan, dkk	Analisis Genangan	Menganalisis genangan banjir yang	Variabel bebas: Curah hujan,	Aplikasi Ras	Hasil analisa di didusun Sarimulyo, Karangjoho, Karangdowo diperoleh tinggi genangan sebesar

	(2017)	banjir Menggunakan Sistem Aplikasi HEC-RAS 5.0.7 (Studi Kasus Sub-DAS Sungai Dengkeng)	diakibatkan oleh luapan sungai Dengkeng menggunakan sistem aplikasi HEC-RAS 5.0.7 pada tanggal 28 November sampai dengan 2 Desember 2017.	Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran. Variabel terikat: Debit Banjir, Kapasitas Saluran, Genangan Banjir.	Mapper, HEC-RAS	0,034 sampai 3,204 meter dengan kecepatan sebesar 0,115 sampai 1,521 m/d. Di dusun Lembuputih, Karangjoho, Karangdowo tinggi genangan sebesar 0,282 sampai 2,054 meter dengan kecepatan 0,08 sampai 0,612 m/d. Di dusun Sawah, Babadan, Karangdowo tinggi genangan sebesar 0,698 sampai 2,698 meter dengan kecepatan 0,698 sampai 1,153 m/d. Di dusun Satu, Majasto, Tawang Sari tinggi genangan sebesar 0,18 sampai 2,539 meter dengan kecepatan 0,07 sampai 0,254 m/d. Hasil Pemetaan genangan banjir untuk luasan genangan banjir di Kecamatan Karangdowo sebesar 124,72 ha dan di Kecamatan Tawang Sari sebesar 30,89.
7	Azizah dkk (2013)	Normalisasi Sungai Cibeber HM 21+00 Sampai	Mengetahui besarnya debit banjir yang mengalir di Sungai Cibeber dan untuk mengetahui apakah	Variabel bebas: Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan,	Metode Rasional, Metode Der Weduwen,	Hasil analisis data diperoleh distribusi yang cocok yaitu Distribusi Gumbel dengan nilai debit banjir rancangan pada kala ulang 25 tahun adalah 109,41 m ³ /s dan kala ulang 50 tahun adalah 123,005 m ³ /s. Kondisi eksisting Sungai Cibeber

		Dengan HM 36+00 (Panjang 1500 Meter)	Sungai Cibeber ini masih mampu atau tidak untuk menampung kelebihan air dari debit yang direncanakan.	Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran. Variabel terikat: Debit Banjir, Kapasitas Saluran, Genangan Banjir.	dan Kapasitas Saluran.	di 8 titik yang ditinjau saat ini tidak aman terhadap debit yang direncanakan. Analisis dimensi sungai yang terpilih adalah alternatif 3 untuk dapat menyelesaikan banjir dengan dimensi yang berbeda-beda pada setiap titik.
8	Azhari (2021)	Studi Analisis Banjir Menggunakan Metode HSS Nakayasu & Gama I	Mengetahui terjadinya banjir di Sungai Ciliwung pada ruas Jembatan Kalibata sampai dengan Jembatan Codet dengan Q100 dengan analisis perhitungan debit rencana HSS Nakayasu dan HSS	Variabel bebas: Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran.	Metode HSS Nakayasu, Metode GAMA I, Aplikasi HEC-RAS	besar debit banjir Q100 dengan metode HSS Nakayasu dan Gama I masing-masing sebesar 295,3 m ³ /s dan 527 m ³ /s. dengan hasil pada Kondisi Eksisting Sungai Ciliwung pada Sta. 9+300 hingga Sta. 15+800 dengan total 260 cross section mengalami limpasan sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang pada saluran Sungai Ciliwung STA. 9+300 s/d STA. 15+800.

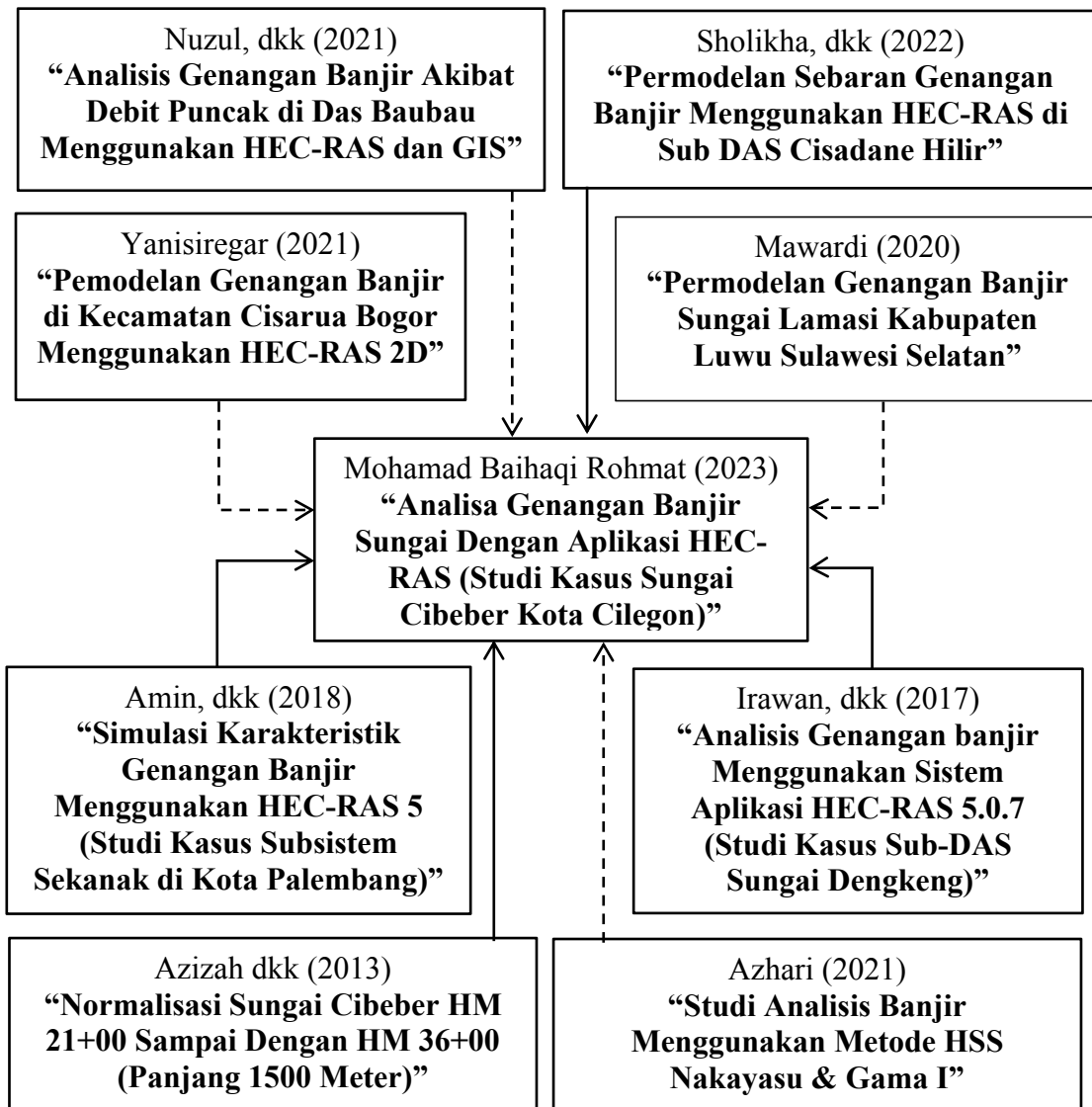
			Gama I	Variabel terikat: Debit Banjir, Kapasitas Saluran, Genangan Banjir.		
9	Mohamad Baihaqi Rohmat (2023)	Analisa Genangan Banjir Sungai Dengan Aplikasi HEC-RAS (Studi Kasus Sungai Cibeber Kota Cilegon)	Menganalisis genangan banjir yang diakibatkan oleh Sungai Cibeber menggunakan aplikasi HEC-RAS	Variabel bebas: Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS, Karakteristik Saluran. Variabel terikat: Debit Banjir, Kapasitas Saluran, Genangan Banjir.	Metode Rasional, Metode Der Weduwen, Metode HSS Nakayasu, Aplikasi GIS dan HEC-RAS.	.a. Debit banjir rencana periode ulang Sungai Cibeber dengan metode Rasional diperoleh sebesar $Q_{10} = 73,41$ mm/jam, $Q_{25} = 81,3531$ m ³ /s, dan $Q_{50} = 86,9532$ m ³ /s. Metode Weduwen sebesar $Q_{10} = 184,9544$ m ³ /s, $Q_{25} = 229,8331$ m ³ /s, $Q_{50} = 258,3922$ m ³ /s. Q_{25} dengan metode HSS Nakayasu memiliki debit puncak sebesar 84,68 m ³ /s. Adapun debit banjir periode ulang 25 Tahun yang digunakan adalah hasil perhitungan dengan metode HSS Nakayasu karena memiliki nilai yang mendekati nilai rata-rata dari ketiga metode yang dipakai. b. Simulasi Unsteady Flow menggunakan Aplikasi HEC-RAS dengan periode ulang 25 tahun menunjukkan bahwa Sungai Cibeber tidak

					<p>mampu untuk menampung debit rencana tersebut. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 5.12 Peta Genangan pada Sungai Cibeber dengan Pemodelan Floodmap Periode Ulang 25 Tahun.</p> <p>c. Titik genangan banjir akibat debit rencana periode ulang 25 Tahun dan periode ulang 2 Tahun terdapat di kelurahan Cibeber, Karangasem, Kalitimbang, Kedaleman, Ketileng, Sukmajaya, dan Panggungrawi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.12, Gambar 5.13, Tabel 5.22, dan Tabel 5.23.</p>
--	--	--	--	--	--

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

2.2 Keterkaitan Penelitian

Berikut di bawah ini ialah *flow chart* yang menghubungkan penelitian terdahulu dengan penelitian yang sekarang akan dilakukan



Gambar 2.1 Bagan alir tinjauan pustaka

(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Keterangan:

- > Penelitian sejenis yang digunakan sebagai referensi
- - - - -> Penelitian yang bersifat mendukung

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Daerah Aliran Sungai

Beberapa pengertian yang berkaitan dengan daerah aliran sungai adalah sebagai berikut:

- a. Daerah Aliran Sungai merupakan suatu kesatuan sungai dan anak-anak sungainya di suatu wilayah daratan, yang berfungsi menyimpan, menampung, dan secara alamiah mengalirkan air hujan ke danau atau ke laut. Topografis merupakan pemisah DAS dan yang bukan, sementara batas di laut adalah daerah perairan yang masih terpengaruh oleh aktivitas daratan. (UU SDA No.17 Tahun 2019)
- b. Wilayah sungai adalah kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan/atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 Km². (UU SDA No.17 Tahun 2019)
- c. Sungai merupakan alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi oleh garis sempadan di setiap sisi. (Peraturan Pemerintah RI No. 38 Tahun 2011 Tentang Sungai)

3.2 Hujan

Presipitasi adalah jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan dapat terjadi dalam bentuk hujan, salju, kabut, embun, hujan es, dan lain-lain. Daerah tropis, termasuk Indonesia, hujan dianggap sebagai curah hujan karena merupakan penyumbang terbesar. Istilah hujan digunakan sebagai pengganti presipitasi. Hujan dihasilkan oleh uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor iklim seperti angin, suhu, dan tekanan. Uap air naik ke atmosfer, mendingin dan mengembun menjadi tetesan air dan kristal es, yang akhirnya jatuh sebagai hujan. (Triatmodjo, 2008).

Hujan merupakan sumber air untuk semua sungai di dalam tampungan baik diatas maupun di bawah permukaan tanah. Jumlah, intensitas dan distribusi hujan mempengaruhi jumlah dan ukuran debit sungai. Apabila data pencatatan debit tidak ada, data pencatatan hujan dapat digunakan untuk memperkirakan debit aliran. (Triatmodjo, 2008)

3.3 Banjir

Banjir adalah peristiwa meluapnya air sungai melebihi palung sungai atau genangan air yang terjadi pada daerah yang rendah dan tidak bisa terdrainasikan (SNI 2415-2016). Banjir adalah peristiwa meluapnya air sungai melebihi palung sungai (Peraturan Pemerintah RI No. 38 Tahun 2011 Tentang Sungai). (Triatmodjo, Hujan yang turun di suatu daerah aliran sungai melebihi kapasitas infiltrasinya dan mengisi cekungan-cekungan di permukaan tanah. Ketika cekungan penuh, air mengalir ke permukaan. Limpasan permukaan, atau air hujan yang mengalir tipis-tipis di atas permukaan bumi, masuk ke dalam selokan dan selokan, bergabung dengan anak-anak sungai, dan akhirnya menjadi sungai. Di daerah pegunungan (di atas daerah aliran sungai), limpasan permukaan dapat dengan cepat masuk ke sungai dan menyebabkan peningkatan debit sungai. Apabila debit suatu sungai melebihi debit sungai maka terjadilah banjir di tepian sungai dan terjadilah banjir. Peningkatan debit banjir dapat terjadi dengan cepat di daerah aliran sungai bagian hulu yang kemiringan sungainya besar atau di daerah aliran sungai yang kecil, sedangkan di sungai besar peningkatan alirannya lambat dan debit puncaknya tercapai (Triatmodjo, 2008).

3.4 Penentuan Hujan Kawasan

Stasiun pengukur hujan hanya menyediakan kedalaman curah hujan di lokasi stasiun sehingga Banyaknya curah hujan di suatu daerah harus diperkirakan dari titik ukur tersebut. Apabila terdapat beberapa stasiun pengukuran dalam satu wilayah sungai, curah hujan yang tercatat di setiap stasiun mungkin tidak sama. Penentuan curah hujan rata-rata di suatu DAS sering kali diperlukan,

yang dapat dilakukan dengan menggunakan tiga metode berikut, yaitu metode rata-rata aljabar, metode Thiessen, dan metode isohies (Triatmodjo, 2008).

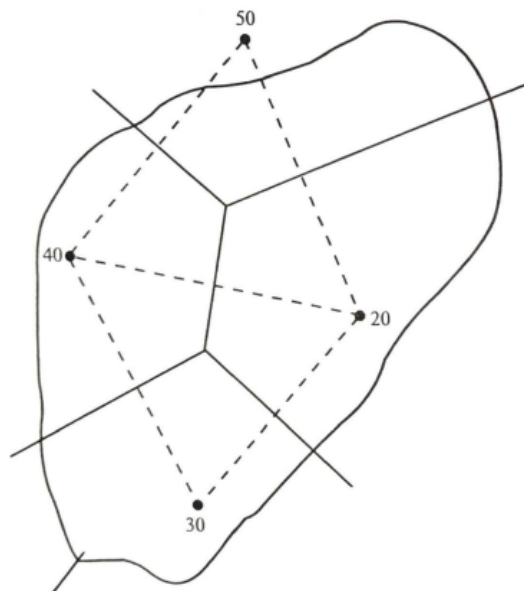
3.4.1 Metode Thiessen

Metode ini dilakukan dengan menghitung bobot masing-masing stasiun yang mewakili wilayah sekitarnya. Pada metode ini, curah hujan pada suatu wilayah cekungan sama dengan curah hujan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga curah hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili wilayah tersebut. Perhitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan mempertimbangkan zona pengaruh masing-masing stasiun (Triatmodjo, 2008).

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + A_3R_3 + \dots + A_NR_N}{A_1 + A_2 + \dots + A_N} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

- \bar{R} = tinggi hujan rata-rata (mm)
- R_1, R_2, \dots, R_N = hujan pada setiap pos (mm)
- A_1, A_2, \dots, A_N = luas daerah yang mewakili stasiun (km²)



Gambar 3.1 Perhitungan Dengan Cara Metode Thiessen

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

3.4.2 Metode Isohiet

Garis isohyet merupakan garis yang menghubungkan titik-titik yang kedalaman curah hujannya sama. Pada metode isohiet, curah hujan antara dua garis isohiet merata dan sama dengan nilai rata-rata kedua garis isohiet tersebut. Garis isohyet dibuat dengan menggunakan prosedur berikut (Triatmodjo, 2008).

- a. Lokasi stasiun hujan dan kedalaman hujan digambarkan pada peta daerah yang ditinjau
- b. Dari nilai kealaman hujan di stasiun yang berdampingan dibuat intepolasi dengan pertambahan nilai yang ditetapkan
- c. Titik-titik interpolasi yang mempunyai kedalaman hujan yang sama dibuat menjadi sebuah kurva. Ketelitian tergantung pada pembuatan garis isohiet dan interbalnya.
- d. Mengukur luas daerah antara dua isohiet yang berurutan dan dikalikan dengan nilai rerata dari nilai kedua garis isohiet. Kemudian, jumlah dari hitungan dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan kedalaman hujan rerata daerah tersebut.

$$\bar{R} = \frac{A_1 \frac{R_1+R_2}{2} + A_2 \frac{R_2+R_3}{2} + \dots + A_N \frac{R_N+R_{N-1}}{2}}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots$$

....(3.2)

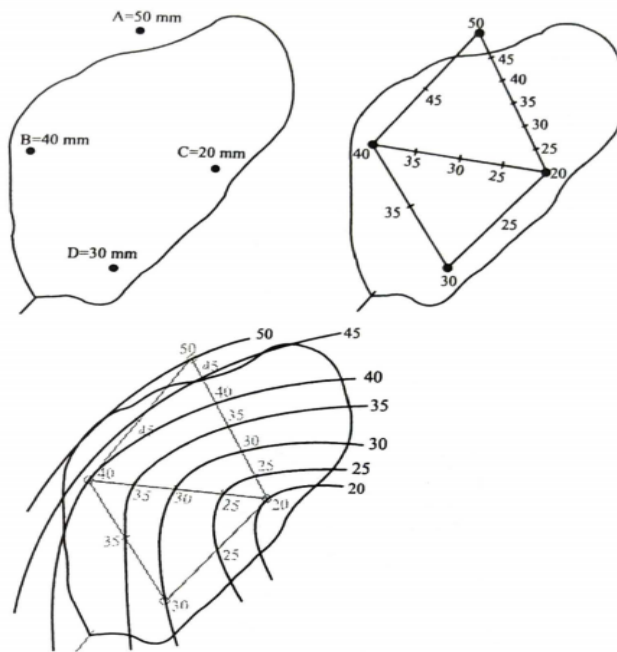
$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{R_1+ R_{i+1}}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan:

\bar{R} = tinggi hujan rata-rata (mm)

R_1, R_2, \dots, R_N = tinggi hujan yang sama pada setiap garis *Isohiet* (mm)

A_1, A_2, \dots, A_N = luas daerah yang dibatasi oleh garis *Isohiet* (km²)



Gambar 3.2 Perhitungan Dengan Cara Metode *Isohiet*

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

3.4.3 Metode Aritmatik Aljabar

Metode ini merupakan cara paling sederhana untuk menghitung rata-rata curah hujan di suatu daerah. Pengukuran dilakukan dengan menjumlahkan jumlah hujan yang terjadi pada waktu yang sama kemudian membaginya dengan jumlah stasiun. Stasiun pengukur curah hujan yang digunakan dalam perhitungan adalah stasiun yang terletak di dalam DAS dan stasiun yang terletak di luar DAS namun masih berdekatan (Triatmodjo, 2008).

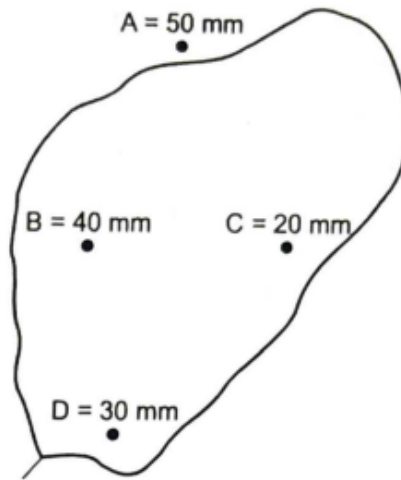
$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N}{N} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan:

\bar{R} = hujan rerata kawasan (mm)

R_1, R_2, \dots, R_N = tinggi hujan pada setiap pos hujan yang diamati (mm)

N = banyaknya pos hujan



Gambar 3.3 Perhitungan Dengan Cara Aljabar

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

3.5 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Dalam analisis frekuensi dapat diterapkan untuk data debit sungai atau data hujan. Data yang digunakan adalah data debit atau hujan maksimum tahunan, yang terukur selama beberapa tahun. (Triatmodjo, 2008)

3.5.1 Parameter Statistik

Dalam analisis data hidrologi diperlukan ukuran-ukuran numerik yang menjadi ciri data tersebut. Rangkaian yang dilakukan dalam perhitungan analisis frekuensi yaitu parameter nilai rata-rata (\bar{x}), deviasi standar (Sd), koefisien variasi (Cv) koefisien kemiringan (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck). (Triatmodjo, 2008)

a. Nilai Rata-Rata

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n X_i \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan:

- \bar{X} = curah hujan harian maksimum rata-rata (mm)
- X_i = curah hujan pada periode tertentu (mm)
- N = jumlah data

b. Simpangan Baku (*Standard Deviation*)

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \dots \dots \dots (3.6)$$

Keterangan:

- S_d = simpangan baku (mm)
- \bar{X} = curah hujan harian maksimum rata-rata (mm)
- X_i = curah hujan pada periode tertentu (mm)
- N = jumlah data

c. Koefisien Varian

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} \dots \dots \dots (3.7)$$

Keterangan:

- C_v = koefisien varian
- S_d = simpangan baku (mm)
- X = curah hujan harian maksimum rata-rata (mm)

d. Koefisien Kemiringan

$$C_s = \frac{N}{(N-1)(N-2)S_d^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \dots \dots \dots (3.8)$$

Keterangan:

- C_s = koefisien kemiringan
- \bar{X} = curah hujan harian maksimum rata-rata (mm)
- X_i = curah hujan pada periode tertentu (mm)
- N = jumlah data
- S_d = simpangan baku (mm)

e. Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{N^2}{(N-1)(N-2)(N-3)S_d^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \dots \dots \dots (3.9)$$

Keterangan:

- C_k = koefisien kurtosis

- \bar{X} = curah hujan harian maksimum rata-rata (mm)
 X_i = curah hujan pada periode tertentu (mm)
 N = jumlah data
 S_d = simpangan baku (mm)

Lima parameter statistik di atas akan menentukan jenis metode yang akan digunakan dalam analisis frekuensi. (Kamiana, 2011)

Tabel 3.1 Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

N o.	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
2	Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$
3	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

(Sumber: Kamiana, 2011)

Di samping dengan menggunakan persyaratan Tabel (3.2), guna mendapatkan hasil yang lebih meyakinkan, atau jika tidak ada yang memenuhi persyaratan, maka penggunaan suatu distribusi probabilitas diuji dengan metode Chi-Kuadrat atau Smirnov Kolmogorov. (Kamiana, 2011)

3.5.2 Distribusi Probabilitas

Dalam melakukan analisis frekuensi, terdapat beberapa distribusi probabilitas yaitu : Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson III. (Kamiana, 2011)

a. Distribusi Gumbel

$$X_T = \bar{X} + S_d x K \dots \dots \dots (3.10)$$

Keterangan:

X_T = hujan rencana atau debit dengan periode ulang T

\bar{X} = nilai rata-rata dari data hujan (X)

S_d = standar deviasi dari data hujan (X)

K = Faktor frekuensi gumbel

$$K = \frac{Y_T - Y_N}{S_N} \dots \dots \dots (3.11)$$

Y_t = Reduced Variate

$$Y_t = -Ln \left[-Ln \frac{T-1}{T} \right] \dots \dots \dots (3.12)$$

S_N = *reduced variate standard deviation*, merupakan koreksi dari penyimpangan, nilainya tergantung dari nilai n

Y_N = *reduced mean*, nilai yang tergantung dari nilai

Tabel 3.2 Nilai *Reduced Standard Deviation* (S_n) dan Nilai *Reduced Mean* (Y_n)

n	S_n	Y_n	n	S_n	Y_n
10	0,9497	0,4952	60	1,1750	0,5521
15	1,0210	0,5128	70	1,1850	0,5548
20	1,0630	0,5236	80	1,1940	0,5567
25	1,0910	0,5390	90	1,2010	0,5586
30	1,1120	0,5362	100	1,2060	0,5600
35	1,1280	0,5403	200	1,2360	0,5672
40	1,1410	0,5436	500	1,2590	0,5724
45	1,1520	0,5463	1000	1,2690	0,5745
50	1,1610	0,5485			

(Sumber: Kamiana, 2010)

b. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T S_d \dots \dots \dots (3.13)$$

Keterangan:

X_T = hujan rencana dengan periode ulang T tahun

\bar{X} = nilai rata-rata dari data hujan (X) mm

S_d = standar deviasi dari data hujan (X) mm

K_T = faktor frekuensi, nilainya bergantung dari T

Tabel 3.3 Nilai Variabel reduksi Gauss

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	k
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,020	2,05
100,000	0,010	2,33
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1000,000	0,001	3,09

(Sumber: Kamiana, 2010)

c. Distribusi Log Normal

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K_T x S_d \text{ Log } X \dots \dots \dots (3.14)$$

Keterangan:

$\text{Log } X_T$ = nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T

$\text{Log } X$ = Nilai rata-rata dari log X

$$\text{Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{N} \dots\dots\dots(3.15)$$

$S_d \log X$ = deviasi standar dari log X

$$S_d \log X = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \bar{\text{Log } X})^2}{N-1} \dots\dots\dots(3.16)$$

K_T = faktor frekuensi, nilainya bergantung dari T

d. Distribusi *Log Pearson Type III*

$$\text{Log } X_T = \bar{\text{Log } X} + K_T \times S_d \text{Log } X \dots\dots\dots(3.17)$$

Keterangan:

$\text{Log } X_T$ = Nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T

$\text{Log } X$ = Nilai rata-rata dari Log X

$$\text{Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{N} \dots\dots\dots(3.18)$$

$S_d \log X$ = Deviasi standar dari log X

$$S_d \text{Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \bar{\text{Log } X})^2}{N-1} \dots\dots\dots(3.19)$$

K_T = variabel standar, besarnya bergantung koefisien kemencengan (Cs)

Tabel 3.4 Faktor frekuensi K_T untuk Distribusi Log Pearson III

Kemencengan (CS)	Periode Ulang (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Peluang (%)					
	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,360	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051

2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-0,255	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891
0,7	-0,166	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824
0,6	0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733

-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,789	0,799
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

(Sumber: Kamiana, 2010)

3.6 Uji Distribusi Probabilitas

Pengujian distribusi probabilitas bertujuan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik dari sampel data yang dianalisis. Ada dua metode untuk menguji distribusi probabilitas: metode Chi-square dan metode Smirnov-Kolmogorof (Kamiana, 2011).

3.6.1 Chi-Kuadrat

Perhitungan menggunakan Metode Uji Chi-Kuadrat adalah sebagai berikut: (Kamiana, 2011)

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \dots\dots\dots(3.20)$$

Keterangan:

- X² = parameter Chi-Kuadrat terhitung
- E_f = frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya
- O_f = frekuensi yang diamati pada kelas yang sama
- N = jumlah sub kelompok

Derajat kepercayaan tertentu yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan (Dk) dihitung dengan rumus: (Kamiana, 2010)

$$Dk = K - (p + 1) \dots \dots \dots (3.21)$$

$$K = 1 + 3,3 \text{ Log } n \dots \dots \dots (3.22)$$

Keterangan:

Dk = Derajat kebebasan

P = Banyaknya parameter, untuk Chi-Kuadrat adalah 2.

K = Jumlah kelas distribusi

n = Banyaknya data

Distribusi probabilitas yang digunakan untuk menentukan curah hujan yang direncanakan adalah distribusi probabilitas yang mempunyai deviasi maksimum terkecil dan lebih kecil dari deviasi kritis

(Kamiana, 2010)

Tabel 3.5 Nilai Simpangan Kritis

dk	α Derajat Kepercayaan					
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,031
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191

18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923
27	11,808	12,879	14,537	16,151	40,113	43,194
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979

(Sumber: Kamiana, 2010)

3.6.2 Smirnov-Kolmogorof

Pengujian distribusi probabilitas dengan Metode Smirnov-Kolmogorof dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut: (Kamiana, 2010)

- Urutkan data (X_i) dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- Tentukan peluang masing-masing data yang sudah diurut tersebut $P(X_i)$.

$$P(X_i) = \frac{n+1}{i} \dots\dots\dots(3.23)$$

- Tentukan peluang teoritis masing-masing data yang sudah diurut tersebut berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang dipilih.
- Hitung selisih antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data yang sudah diurut

$$\Delta P(X_i) = P(X_i) - P'(X_i) \dots\dots\dots(3.24)$$

- Tentukan apakah $\Delta P_i < \Delta P$ kritis. jika “tidak” artinya Distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima, demikian sebaliknya.

Tabel 3.6 Nilai kritis ΔP untuk Uji *Smirnov-Kolmogorov*

N	α			
	0,2	0,1	0,05	0,01

5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23

(Sumber: Kamiana, 2010)

3.7 Intensitas Hujan Rencana

Intensitas hujan rencana adalah ketinggian atau kederasan hujan per satuan waktu. Tinggi intensitas hujan rencana akan semakin besar seiring dengan periode ulang yang makin besar. (Kamiana, 2011)

3.7.1 Intensitas Curah Hujan

Jika yang tersedia adalah hujan harian, dapat ditentukan dengan Rumus Mononobe. Bentuk umum dari rumus mononobe adalah: (Kamiana, 2011)

$$I = \frac{X_{24} \cdot 24^{\frac{2}{3}}}{24 \cdot t} \dots\dots\dots(3.25)$$

dengan:

I = Intensitas hujan rencana (mm/jam)

X_{24} = Tinggi hujan harian maksimum atau hujan rencana (mm/jam)

t = Durasi hujan atau waktu konsentrasi (Jam)

3.7.2 Alternating Block Method (ABM)

Hietograf hujan rencana yang dihasilkan model ini adalah distribusi tinggi hujan rencana dalam n rangkaian interval waktu dengan durasi A_t selama waktu t. (jadi $t = n \times A_t$). Data yang digunakan dalah data intensitas hujan. (Kamiana, 2011)

3.8 Debit Banjir

Data debit banjir diperoleh dari catatan pengukuran dan untuk melakukan analisis frekuensi diperlukan rangkaian data yang panjang. Jika data aliran banjir tidak lengkap tetapi data curah hujan tersedia untuk jangka waktu yang cukup, prakiraan aliran sungai dapat ditentukan berdasarkan konversi curah hujan menjadi aliran sungai. Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk menentukan prediksi debit banjir adalah metode Rasional, Der Weduwen dan HSS Nakayasu (SNI 2415-2016).

3.8.1 Metode Rasional Praktis

Dalam SNI 2415-2016, dijelaskan bahwa Metode Rasional dapat digunakan untuk ukuran daerah pengaliran <5000 hektar. Rumus umum dari metode ini adalah:

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots(3.27)$$

dengan:

- Q = debit puncak limpasan permukaan (m³/s)
- C = koefisien limpasan
- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
- A = Luas daerah pengaliran (km²)

a. Waktu Konsentrasi

Pendekatan estimasi waktu konsentrasi untuk aliran di lahan dapat digunakan seperti persamaan berikut: (SNI 2415-2016)

$$T_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \dots\dots\dots(3.28)$$

dengan:

- T_c = Waktu (menit)
- L = Panjang lereng dalam (m)
- S = Kemiringan lereng (m/m)

b. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) merupakan perbandingan antara limpasan permukaan maksimum dengan intensitas curah hujan. Dalam perhitungan drainase permukaan, penentuan nilai C dilakukan dengan menggunakan metode berdasarkan karakteristik permukaan. Nilai C dihitung menggunakan rumus berikut (Kamiana, 2010).

$$C = C \text{ rata-rata} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(3.29)$$

Dengan

- C = Koefisien Pengaliran
- C_i = Koefisien limpasan sub daerah pengaliran ke i
- A_i = Luas sub daerah pengaliran ke i
- n = Jumlah sub daerah pengaliran

Tabel 3.7 Nilai Koefisien Pengaliran (C) untuk Rumus Rasional

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien Pengaliran (C)		
Bisiness:			
Perkotaan	0,7	-	0,95
Pinggiran	0,5	-	0,7
Perumahan:			
Rumah tinggal	0,3	-	0,5
Multi unit, terpisah	0,4	-	0,6
Multi unit, tergabung	0,6	-	0,75
Perkampungan	0,25	-	0,4
Apartemen	0,5	-	0,7
Perkerasan			
Aspal dan beton	0,7	-	0,95
Batu bata, paving	0,5	-	0,7
Halaman berpasir:			
Datar (2%)	0,05	-	0,1
Curam (7%)	0,15	-	0,2
Halaman tanah:			
Datar (2%)	0,13	-	0,17
Curam (7%)	0,18	-	0,22
Hutan:			
Datar 0-5%	0,1	-	0,4
Bergelombang 5-10%	0,25	-	0,5

Berbukit 10-30%	0,3	-	0,6
-----------------	-----	---	-----

(Sumber: Kamiana, 2010)

3.8.2 Metode Der Weduwen

Metode Der Weduwen umumnya digunakan untuk daerah aliran sungai yang luasnya <5000 hektar. (SNI 2415-2016). Langkah-langkah perhitungan debit maksimum dengan periode ulang I tahun (Qi) dengan menggunakan Metode Weduwen adalah (Kamiana, 2011):

a. Coba harga t (lamanya hujan dalam satuan jam)

$$t = \frac{0,476 \times A^{3/8}}{(\alpha \times \beta \times I)^{1/8} \times (S)^{1/4}} \dots \dots \dots (3.30)$$

b. Hitung harga koefisien reduksi (β)

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \times A}{120+A} \dots \dots \dots (3.31)$$

c. Hitung intensitas hujan maksimum (I)

$$I = \frac{7,74}{t+1,45} \dots \dots \dots (3.32)$$

d. Hitung harga koefisien pengairan (α)

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{I+7} \dots \dots \dots (3.33)$$

e. Hitung curah hujan dengan periode I tahun (R_i)

$$R_i = \frac{m_i}{m_n} \times R_n \dots \dots \dots (3.34)$$

f. Hitung debit rencana (Q)

$$Q = \alpha \times \beta \times I \times A \times \frac{R_i}{240} \dots \dots \dots (3.35)$$

dengan:

Q = debit maksimum (m³/s)

- α = koefisien pengairan
- β = koefisien reduksi
- I = intensitas hujan (mm/jam)
- A = luas daerah pengaliran (Km²)
- R_i = curah hujan dengan periode ulang i tahun
- S = kemiringan dasar sungai rata-rata
- m_i = koefisien perbandingan curah hujan di suatu wilayah dengan periode ulang i tahun (besarnya R_i belum diketahui)
- m_n = koefisien perbandingan curah hujan di suatu wilayah dengan periode ulang n tahun (besarnya R_i sudah diketahui)

3.8.3 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Nakayasu (1950) mempelajari hidrograf satuan di Jepang dan mengusulkan seperangkat persamaan untuk membentuk hidrograf satuan sebagai berikut: (Kamiana, 2010)

a. Waktu kelambatan (*time lag*, T_g)

$$T_g = 0.21 \times L^{0.7} (L < 15 \text{ km}) \dots \dots \dots (3.36)$$

$$T_g = 0.4 + 0.058 (L > 15 \text{ km}) \dots \dots \dots (3.37)$$

b. Waktu puncak

$$T_p = T_g + 0.8 T_r \dots \dots \dots (3.38)$$

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

$$T_{0,3} = a \cdot T_g \dots \dots \dots (3.39)$$

d. Waktu puncak

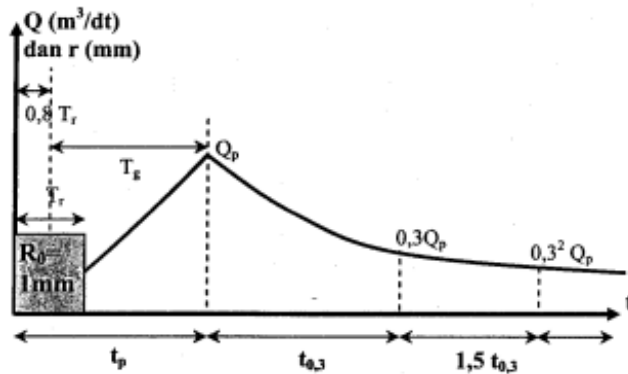
$$T_p = T_g + 0,8 T_r \dots \dots \dots (3.40)$$

e. Debit puncak hidrograf satuan sintetis

$$Q_p = \frac{A \cdot R_o}{3,6 (0,3 t_p + T_{0,3})} \dots \dots \dots (3.41)$$

dengan:

- T_p = Waktu kelambatan (jam)
- I = Panjang sungai (Km)
- $T_{0,3}$ = Waktu saat debit 0,3 kali debit puncak (jam)
- $1,5 T_{0,3}$ = Waktu puncak saat debit $0,3^2$ kali debit puncak (jam)
- α = Koefisien, nilainya antara 1,5 - 3,0
- T_p = Waktu puncak (Jam)
- Q_p = Debit puncak (m^2/det)
- A = Luas DAS (Km^2)
- T_r = Durasi hujan (Jam)
- R_0 = Satuan kedalaman hujan (mm)



Gambar 3.4 HSS Nakayasu

(Sumber: Kamiana, 2010)

f. Bagian lengkung naik ($0 < t < t_p$)

$$Q = Q_p \left(\frac{t}{t_p} \right)^{2,4} \dots\dots\dots(3.42)$$

dengan :

- Q = Debit sebelum mencapai debit puncak (m^2/det)
- t = Waktu (Jam)

g. Bagian lengkung turun

jika $t_p < t < t_{0,3}$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p}{T_{0,3}}} \dots\dots\dots(3.43)$$

jika $t_{0,3} < t < 1,5 t_{0,3}$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p+0,5 t_{0,3}}{1,5 t_{0,3}}} \dots\dots\dots(3.44)$$

jika $t > 1,5 t_{0,3}$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p+1,5 t_{0,3}}{2 t_{0,3}}} \dots\dots\dots(3.45)$$

3.9 Model HEC-RAS

HEC-RAS adalah program aplikasi untuk membuat pemodelan aliran di sungai, atau *River Analysis System* (RAS). Yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources* (IWR), di bawah *US Army Corps of Engineers* (USACE). HEC-RAS adalah model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one-dimensional flow model*), terdapat empat komponen model satu dimensi di aplikasi HEC-RAS. (Azhari, 2021)

- a. Hitungan profil muka air aliran permanen.
- b. Simulasi aliran tak permanen.
- c. Hitungan Transport sedimen.
- d. Hitungan Kualitas Air.

Melalui *graphical interface* dimungkinkan untuk melakukan hal-hal berikut ini:

- a. Manajemen file.
- b. Menginputkan data serta mengeditnya.
- c. Melakukan analisis hidraulik.
- d. Menampilkan data masukan maupun hasil analisis dalam bentuk tabel dan grafik.
- e. Penyusunan laporan.
- f. Mengakses *on-line help*.

Komponen analisa permodelan sungai pada perangkat lunak HEC-RAS meliputi *unsteady flow water surface profile* dan *steady flow water surface profile*, yang dimana keduanya memiliki kemampuan seperti sebagai berikut: (Azhari, 2021)

a. Steady flow water surface profile

Komponen ini berguna untuk menghitung profil permukaan air pada aliran yang berubah secara stabil dan seragam. Sistem ini mampu menangkap sungai, anak sungai atau sungai tunggal. Regime aliran dapat dimodelkan sebagai subkritis, superkritis, atau campuran keduanya

Komponen aliran tetap HEC-RAS dapat memperhitungkan pengaruh berbagai hambatan aliran, seperti jembatan, gorong-gorong, bendungan atau hambatan di tepi sungai. Komponen aliran tetap dirancang untuk digunakan dalam pengelolaan tepian sungai dan masalah penentuan asuransi risiko banjir yang berkaitan dengan identifikasi tepian sungai dan dataran banjir.

Komponen aliran tunak juga dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan ketinggian air akibat perbaikan saluran atau pembangunan tanggul. Fitur khusus komponen aliran tunak HEC-RAS meliputi analisis bidang ganda, perhitungan penampang ganda, analisis saluran ganda atau gerbang terbuka, optimalisasi pemisahan aliran serta desain dan analisis saluran stabil

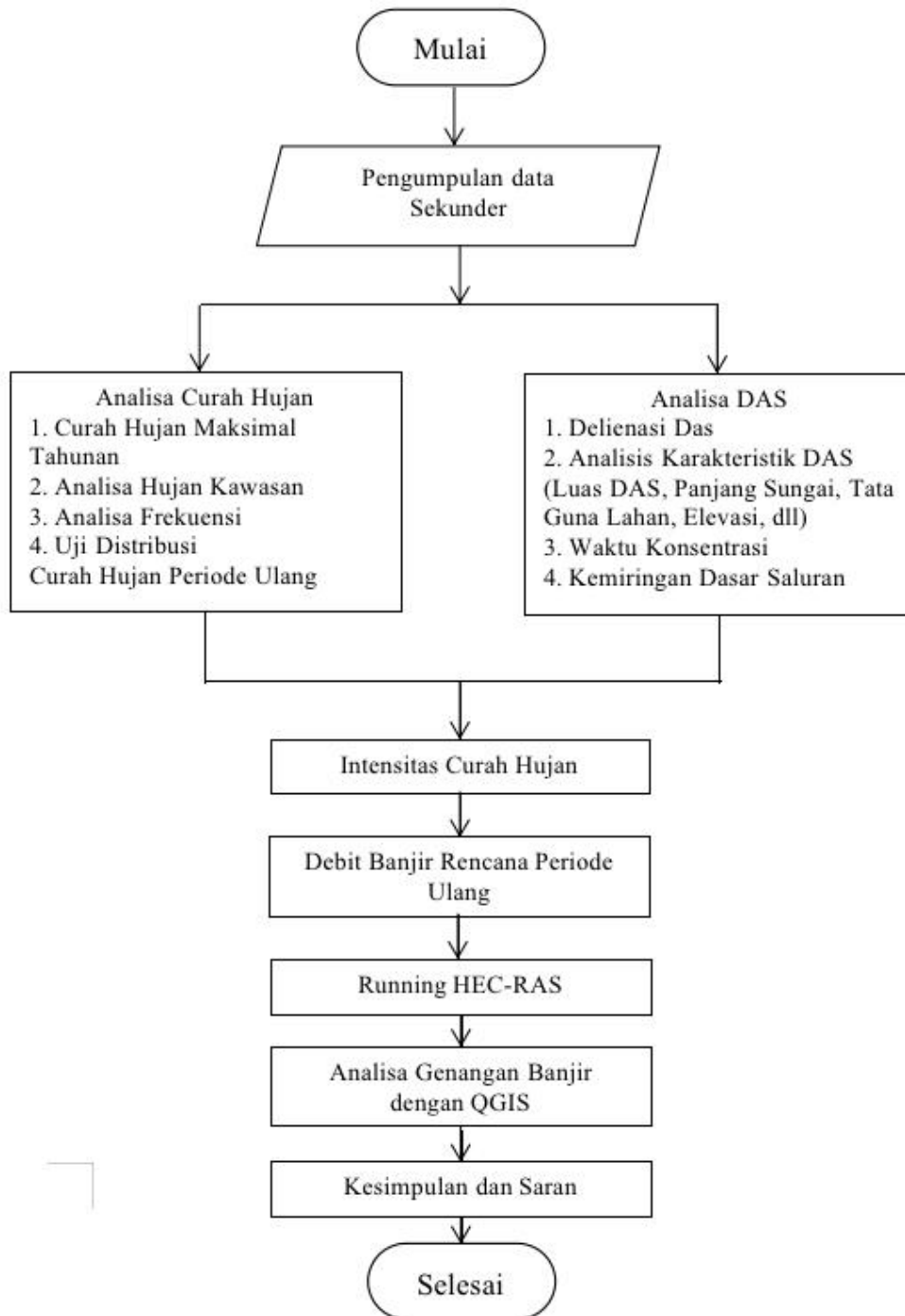
b. Unsteady flow water surface profile

Komponen ini mampu mensimulasikan aliran unsteady searah pada sungai dengan saluran yang kompleks. Awalnya komponen aliran unsteady HEC-RAS hanya bisa diterapkan pada aliran subkritis, namun sejak dirilisnya versi 3.1, komponen aliran unsteady HEC-RAS juga dapat mensimulasikan aliran *mixed flow (subcritical-supercritical, jump water, and drain-down)*.

BAB 4 METODE PENELITIAN

4.1 Prosedur Penelitian

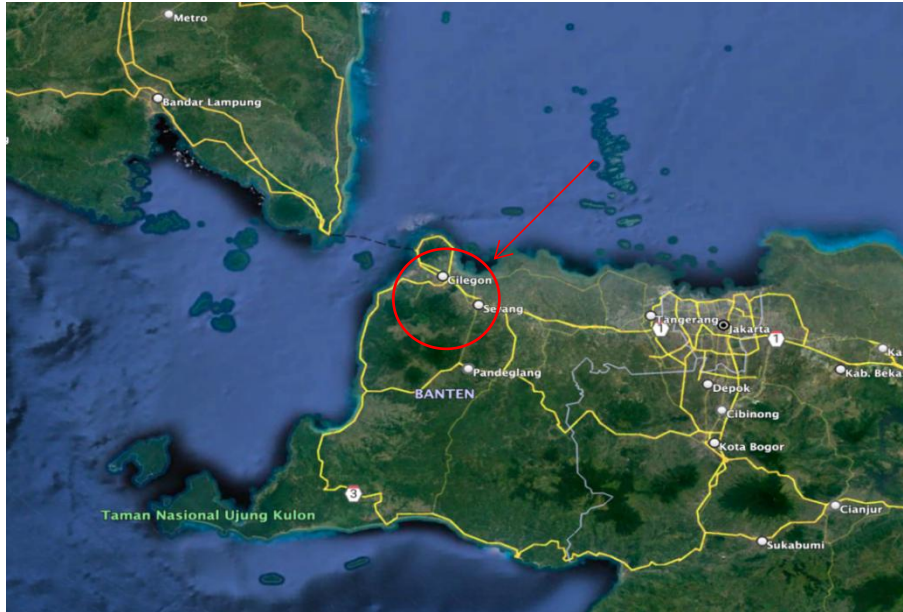
Secara garis besar, berikut ini langkah-langkah penelitian (*flowchart* penelitian)



Gambar 4.1 *Flowchart* Penelitian

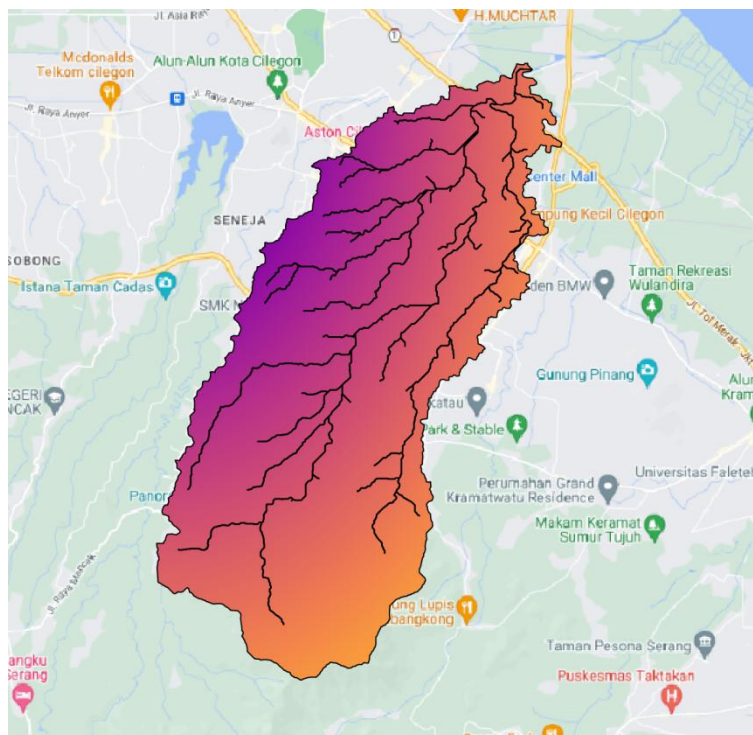
4.2 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini meninjau sepanjang Sungai Cibeber di wilayah Kota Cilegon dari Jl. Lingkar Selatan sampai dengan Jl. Tol Merak-Jakarta. Luas DAS Cibeber adalah 21,3 km² dengan panjang sungai utama 14,9 km.



Gambar 4.2 Lokasi Penelitian

(Sumber: *Google Earth Pro*, 2023)



Gambar 4.3 Daerah Aliran Sungai Cibeber Kota Cilegon

(Sumber: Analisa Penulis, 2023)

4.3 Data

Data dalam penelitian ini berupa data sekunder yang terdiri dari data curah hujan, topografi, koefisien aliran permukaan, dan karakteristik DAS.

4.4 Alat

Pada saat dilaksanakannya penelitian, diperlukan beberapa alat yang menunjang jalannya penelitian. Alat pada penelitian ini terdiri dari:

- a. Laptop
- b. *Website* BMKG dan BBWS C3, untuk mendapatkan data curah hujan selama 10 tahun terakhir dari lokasi terdekat dengan lokasi penelitian
- c. *Website* DEMNAS Indonesia, untuk mendapatkan data DEM lokasi penelitian
- d. Aplikasi *Google Earth Pro*, untuk mendapat data DAS Cibeber dan mengukur panjang aliran sungai.
- e. Aplikasi QGIS, digunakan untuk membuat delienasi DAS
- f. Aplikasi HEC-RAS, digunakan untuk menganalisis genangan yang terjadi.
- g. Aplikasi Excel, digunakan untuk mengolah data curah hujan dan menghitung debit banjir rencana.

4.5 Variabel Penelitian

Varibel bebas adalah varibel yang mempengaruhi penelitian, sedangkan varibel terikat merupakan varibel yang mendapat pengaruh dari varibel bebas. Pada penelitian ini, variabel bebasnya adalah Curah hujan, Topografi, Koefisien Aliran Permukaan, Karakteristik DAS. Sedangkan untuk variabel terikatnya yang diteliti yaitu Debit Banjir, Kapasitas Saluran, dan Genangan Banjir.

4.6 Analisis Data

Metode yang digunakan dalam menganalisa debit banjir rencana menggunakan Metode Rasional, Metode Der Weduwen, dan Metode HSS Nakayasu. Analisa banjir menggunakan *software* HEC-RAS.

4.7 Jadwal Penyusunan Skripsi

Penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang telah dibuat oleh penulis sebagai berikut:

Tabel 4.1 Jadwal Penelitian

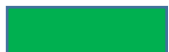
No	Tahapan	Agustus				September				Oktober				November				Desember				Januari				Februari				Maret				April						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Penyusunan Skripsi																																								
1	Pengajuan Judul	█																																						
2	Penyusunan Proposal	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█																									
3	Seminar Proposal				█																																			
4	Revisi Seminar Proposal					█	█																																	
5	Pelaksanaan penelitian							█	█	█	█	█																												
6	Penyusunan Hasil Penelitian dan Pembahasan												█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█			
7	Penyusunan Kesimpulan dan Saran																																							
8	Seminar Hasil Skripsi																																							
9	Sidang Akhir																																							
10	Revisi / Finalisasi Naskah Skripsi																																							
Bimbingan Skripsi																																								

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

Keterangan :



Rencana



Realisasi

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Hujan Kawasan DAS

Penentuan hujan kawasan Sungai Cibeber menggunakan data curah hujan dari 2 stasiun pencatat hujan yang dekat dengan lokasi, yaitu stasiun pencatat hujan Cilegon dan Cinangka.

5.1.1. Data Maksimum Tahunan (*Annual Maximum Series*)

Penentuan Hujan Maksimum dilakukan dengan mengukur hujan yang terjadi pada waktu yang bersamaan. Metode ini digunakan karena terdapat lebih dari 10 tahun data yang berurutan. Data yang diambil adalah data hujan maksimum pada tahun 2012-2022.

Tabel 5.1 Data Curah Hujan Stasiun Cilegon dan Stasiun Cinangka

No	Tahun	Curah Hujan Cilegon	Curah Hujan Cinangka
1	2012	60,00	100
2	2013	126,30	117
3	2014	58,70	184
4	2015	69,50	138
5	2016	80,10	146
6	2017	155,10	105
7	2018	103,20	180
8	2019	101,60	188
9	2020	52,07	163
10	2021	77,80	166
11	2022	92,96	281

(Sumber: BBWS C3)

5.1.2. Penentuan Hujan Kawasan

Dari pengambilan data hujan maksimum di atas, langkah selanjutnya adalah menentukan hujan kawasan (DAS). Untuk mencari hujan kawasan digunakan metode Aljabar atau Aritmatik, karena hanya menggunakan 2 stasiun pencatat hujan.

Tabel 5.2 Penentuan Hujan Kawasan Das Cibeber

No	Tahun	Curah Hujan Cilegon	Curah Hujan Cinangka	Hujan DAS
1	2012	60,00	100	80,00
2	2013	126,30	117	121,65

3	2014	58,70	184	121,35
4	2015	69,50	138	103,75
5	2016	80,10	146	113,05
6	2017	155,10	105	130,05
7	2018	103,20	180	141,60
8	2019	101,60	188	144,80
9	2020	52,07	163	107,54
10	2021	77,80	166	121,90
11	2022	92,96	281	186,98

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

5.2. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi dilakukan secara bertahap dan sesuai dengan urutan kerja yang telah ada karena hasil dari masing-masing perhitungan tergantung dan saling mempengaruhi terhadap hasil perhitungan sebelumnya.

5.2.1. Parameter Statistik Distribusi Gumbel dan Normal

Tabel 5.3 Perhitungan Parameter Statistik

No	x	X-Xr	(X-Xr) ²	(X-Xr) ³	(X-Xr) ⁴
1	80,00	-44,79	2.005,96	-89.842,61	4.023.862,69
2	121,65	-3,14	9,85	-30,90	96,95
3	121,35	-3,44	11,82	-40,63	139,69
4	103,75	-21,04	442,59	-9.311,24	195.889,11
5	113,05	-11,74	137,78	-1.617,23	18.982,92
6	130,05	5,26	27,69	145,71	766,71
7	141,60	16,81	282,65	4.751,88	79.888,99
8	144,80	20,01	400,48	8.014,52	160.387,26
9	107,54	-17,25	297,66	-5.135,55	88.603,19
10	121,90	-2,89	8,34	-24,09	69,56
11	186,98	62,19	3.868,10	240.573,27	14.962.235,86
∑	1.372,67	0,00	7.492,92	147.483,12	19.530.922,92

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

a. Nilai Rata-Rata (\bar{X}):

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1.372,67}{11} = 124,78 \text{ mm}$$

b. Simpangan Baku (Sd)

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

$$= \sqrt{\frac{(7.492)^2}{11-1}} = 27,37$$

c. Koefisien Varian (Cv)

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} = \frac{27,37}{124,78} = 0,21$$

d. Koefisien Kemiringan (Cs)

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

$$= \frac{11}{(11-1)(11-2)27,37^3} \times 147483 = 0,87$$

e. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$C_k = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$$

$$= \frac{11}{(11-1)(11-2)(11-3)27,37^4} \times 19530922 = 2,21$$

5.2.2. Parameter Statistik Distribusi Log Normal dan Log Pearson III

Tabel 5.4 Perhitungan Parameter Statistik

No	X	Ln X	(Ln X) ²	Ln X-Ln Xr	(Ln X-Ln Xr) ²	(Ln X-Ln Xr) ³	(Ln X-Ln Xr) ⁴
1	80,00	4,3820	19,2022	-0,4234	0,17929	-0,075916	0,032145
2	121,65	4,8011	23,0510	-0,0043	0,00002	0,0000000797	0,0000000003
3	121,35	4,7987	23,0273	-0,0068	0,00005	0,0000003108	0,0000000021
4	103,75	4,6420	21,5480	-0,1635	0,02672	-0,004368	0,000714
5	113,05	4,7278	22,3524	-0,0776	0,00603	-0,000468	0,000036
6	130,05	4,8679	23,6966	0,0625	0,00390	0,000244	0,000015
7	141,60	4,9530	24,5323	0,1476	0,02177	0,003213	0,000474
8	144,80	4,9754	24,7541	0,1699	0,02887	0,004904	0,000833
9	107,54	4,6778	21,8820	-0,1276	0,01629	-0,002079	0,000265
10	121,90	4,8032	23,0707	-0,0023	0,00001	0,000000	0,000000
11	186,98	5,2310	27,3635	0,4256	0,18110	0,077069	0,032798
	1372,67	52,860 0	254,4801	0,00000 0000000 00089	0,46404	0,002599	0,067281

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

a. Nilai Rata-Rata (\bar{X}):

$$\text{Ln } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{52,8600}{11} = 4,8055 \text{ mm}$$

b. Simpangan Baku (Sd)

$$\begin{aligned} S_d \text{Log } X &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\text{Ln } X_i - \text{Ln } \bar{X})^2} \\ &= \sqrt{\frac{(0,4640)^2}{11-1}} = 0,2154 \end{aligned}$$

c. Koefisien Varian (Cv)

$$C_v \text{Log } X = \frac{S_d \text{Log } X}{\text{Ln } \bar{X}} = \frac{0,2154}{4,8055} = 0,0448$$

d. Koefisien Kemiringan (Cs)

$$\begin{aligned} C_s \text{Log } X &= \frac{n}{(n-1)(n-2)S_d \text{Log } X^3} \sum_{i=1}^n (\text{Ln } X_i - \text{Ln } \bar{X})^3 \\ &= \frac{11}{(11-1)(11-2)0,2154^3} \times 0,0025 = 0,0318 \end{aligned}$$

e. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$\begin{aligned} C_k \text{Log } X &= \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \\ &= \frac{11}{(11-1)(11-2)(11-3)0,2154^4} \times 0,0672 = 1,5616 \end{aligned}$$

5.3. Penentuan Jenis Distribusi

Penentuan jenis distribusi ini dilakukan dengan cara pengujian distribusi probabilitas yang dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang terpilih dapat mewakili distribusi statistik sampel yang dianalisis. Terdapat 2 metode pengujian yang digunakan yaitu, pengujian Chi-Kuadrat (χ^2) dan Smirnov-Kolmogorof.

5.4.1. Metode Uji Chi-Kuadrat

Prosedur perhitungan dengan menggunakan Metode Uji Chi-Kuadrat adalah sebagai berikut:

a. Mengurutkan Data Hujan dari Data Terbesar hingga yang Terkecil

Tabel 5.5 Pengurutan Data dari Besar ke Kecil

Hujan Kawasan (Metode Aljabar)	Urutan Max-Min
80,00	186,982
121,65	144,8
121,35	141,6
103,75	130,05

113,05	121,9
130,05	121,65
141,60	121,35
144,80	113,05
107,54	107,535
121,90	103,75
186,98	80

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

b. Perhitungan Jumlah Kelas

$$\begin{aligned} \text{Jumlah data (n)} &= 11 \\ \text{Kelas distribusi (K)} &= 1 + 3.3 \log n \\ &= 1 + 3,3 \times \log 11 \\ &= 4,437 \approx 5 \text{ kelas} \end{aligned}$$

c. Perhitungan Derajat Kebebasan (DK) dan X^2_{cr}

$$\begin{aligned} \text{Parameter (p)} &= 2 \\ \text{Derajat kebebasan (DK)} &= K - (p + 1) \\ &= 5 - (2 + 1) \\ &= 2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } X^2_{cr} = 5,991 \text{ (lihat **Lampiran 3**)}$$

d. Menghitung Kelas Distribusi

$$\text{Kelas distribusi} = \frac{1}{5} \times 100\% = 20\%$$

Interval distribusi adalah: 20%, 40%, 60% dan 80%

$$P_x = 20\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,02} = 5 \text{ tahun}$$

$$P_x = 40\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,04} = 2,5 \text{ tahun}$$

$$P_x = 60\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,06} = 1,67 \text{ tahun}$$

$$P_x = 80\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,08} = 1,25 \text{ tahun}$$

e. Menghitung Interval Kelas

1. Distribusi Gumbel

Dengan jumlah data $n = 11$, maka didapat:

$$Y_n = 0,4987 \text{ (lihat **Lampiran 3**)}$$

$$S_n = 0,9640 \text{ (lihat **Lampiran 3**)}$$

$$Y_t = -\ln - \ln \frac{T-1}{T}$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

Sehingga:

T = 5 tahun	Y _t = 1,4999	K = 1,04
T = 2,5 tahun	Y _t = 0,6717	K = 0,1794
T = 1,67 tahun	Y _t = 0,0874	K = -0,4266
T = 1,25 tahun	Y _t = -0,476	K = -1,0110

Nilai $\bar{X} = 124,7879$

Nilai S = 27,3732

Maka interval kelas: $X_T = \bar{X} + K \times S$

Sehingga:

X ₅	= 153,2192 mm
X _{2,5}	= 129,7007 mm
X _{1,67}	= 113,1084 mm
X _{1,25}	= 97,1124 mm

2. Distribusi Normal

Nilai K_T berdasarkan nilai T (lihat **Lampiran 3**), didapat:

T = 5 tahun	maka K _T = 0,84
T = 2,5 tahun	maka K _T = 0,25
T = 1,67 tahun	maka K _T = -0,25
T = 1,25 tahun	maka K _T = -0,84

Nilai $\bar{X} = 124,7879$

Nilai S = 27,3732

Maka interval kelas: $X_T = \bar{X} + K \times S$

Sehingga:

X ₅	= 147,78 mm
X _{2,5}	= 131,63 mm
X _{1,67}	= 117,94 mm
X _{1,25}	= 101,79 mm

3. Distribusi Log Normal

Nilai K_T berdasarkan nilai T (lihat **Lampiran 3**), didapat:

$T = 5$ tahun maka $K_T = 0,84$

$T = 2,5$ tahun maka $K_T = 0,25$

$T = 1,67$ tahun maka $K_T = -0,25$

$T = 1,25$ tahun maka $K_T = -0,84$

Nilai $\text{Log } \bar{X} = 4,80$

Nilai $S_d \text{ Log } X = 0,21$

Maka interval kelas: $\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K \times S_d \text{ Log } X$

Sehingga:

$\text{Log } X_5 = 4,52$ $X_5 = 146,40 \text{ mm}$

$\text{Log } X_{2,5} = 4,34$ $X_{2,5} = 128,93 \text{ mm}$

$\text{Log } X_{1,67} = 4,18$ $X_{1,67} = 115,76 \text{ mm}$

$\text{Log } X_{1,25} = 4,00$ $X_{1,25} = 101,95 \text{ mm}$

4. Distribusi Log Pearson III

Nilai K_T dihitung berdasarkan nilai C_s atau $G = 0,29$ dan nilai T untuk berbagai periode ulang (lihat **Lampiran 3**) adalah:

$T = 5$ tahun maka $K_T = 0,8401$

$T = 2,5$ tahun maka $K_T = 0,2764$

$T = 1,67$ tahun maka $K_T = -0,3778$

$T = 1,25$ tahun maka $K_T = -0,8433$

Nilai $\text{Log } \bar{X} = 4,80$

Nilai $S_d \text{ Log } X = 0,21$

Maka interval kelas: $\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K \times S_d \text{ Log } X$

Sehingga:

$\text{Log } X_5 = 4,51$ $X_5 = 146,41 \text{ mm}$

$\text{Log } X_{2,5} = 4,29$ $X_{2,5} = 129,67 \text{ mm}$

$\text{Log } X_{1,67} = 4,14$ $X_{1,67} = 112,62 \text{ mm}$

$\text{Log } X_{1,25} = 4,00$ $X_{1,25} = 101,88 \text{ mm}$

f. Penentuan X^2

1. Distribusi Gumbel

Tabel 5.6 Penentuan Chi Kuadrat Terhadap Distribusi Gumbel

Kelas	Interval		Ef	Of	Of-Ef	(Of - Ef) ² /Ef
1		> 153,2191693	2,2	1	-1,2	0,654545455
2	129,7007223	- 153,2191693	2,2	3	0,8	0,290909091
3	113,1084253	- 129,7007223	2,2	3	0,8	0,290909091
4	97,11242457	- 113,1084253	2,2	3	0,8	0,290909091
5		< 97,11242457	2,2	1	-1,2	0,654545455
			11	11		2,181818182

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

2. Distribusi Normal

Tabel 5.7 Penentuan Chi Kuadrat Terhadap Distribusi Normal

Kelas	Interval		Ef	Of	Of-Ef	(Of - Ef) ² /Ef
1		> 147,7813993	2,2	1	-1,2	0,654545455
2	131,6312098	- 147,7813993	2,2	2	-0,2	0,018181818
3	117,9446084	- 131,6312098	2,2	4	1,8	1,472727273
4	101,7944189	- 117,9446084	2,2	3	0,8	0,290909091
5		< 101,7944189	2,2	1	-1,2	0,654545455
			11	11		3,090909091

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

3. Distribusi Log Normal

Tabel 5.8 Penentuan Chi Kuadrat Terhadap Distribusi Log Normal

Kelas	Interval		Ef	Of	Of-Ef	(Of - Ef) ² /Ef
1		> 146,4086215	2,2	1	-1,2	0,654545455
2	128,9347286	- 146,4086215	2,2	3	0,8	0,290909091
3	115,7691945	- 128,9347286	2,2	3	0,8	0,290909091
4	101,9521222	- 115,7691945	2,2	3	0,8	0,290909091
5		< 101,9521222	2,2	1	-1,2	0,654545455
			11	11		2,181818182

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

4. Distribusi Log Pearson III

Tabel 5.9 Penentuan Chi Kuadrat Terhadap Distribusi Log Pearson III

Kelas	Interval		Ef	Of	Of-Ef	(Of - Ef) ² /Ef
1		> 146,4115681	2,2	1	-1,2	0,654545455
2	129,6712385	- 146,4115681	2,2	3	0,8	0,290909091
3	112,6258128	- 129,6712385	2,2	4	1,8	1,472727273
4	101,8803085	- 112,6258128	2,2	2	-0,2	0,018181818
5		< 101,8803085	2,2	1	-1,2	0,654545455
			11	11		3,090909091

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

- g. Rekapitulasi nilai X^2 dan X^2_{cr} untuk 4 distribusi probabilitas di atas.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Nilai Chi Kuadrat

JENIS DISTRIBUSI	X^2	X^2_{cr}	KETERANGAN
Gumbel	2,1818	5,991	DITERIMA
Normal	3,0909	5,991	DITERIMA
Log Normal	2,1818	5,991	DITERIMA
Log Pearson III	3,0909	5,991	DITERIMA

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Berdasarkan Tabel, semua distribusi probabilitas memiliki nilai $X^2 < X^2_{cr}$ maka dapat disimpulkan bahwa semua distribusi tersebut dapat diterima dalam menentukan curah hujan.

5.4.2. Metode Smirnov-Kolmogorof

Langkah-langkah perhitungan pada pengujian distribusi probabilitas dengan Metode Smirnov-Kolmogorof dilakukan dengan cara yang telah dijelaskan pada BAB III. Berikut ini adalah hasil perhitungan Metode Smirnov-Kolmogorof beberapa distribusi.

- a. Distribusi Gumbel

Tabel 5.11 Uji Smirnov Kolmogorov Terhadap Distribusi Gumbel

No	X_i	$P(X_i)$	$f(t)$	$P'(X_i)$	ΔP
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	186,982	8,333	2,27	0,0621	-0,021
2	144,8	16,667	0,73	0,2372	0,071
3	141,6	25,000	0,61	0,2553	0,005
4	130,05	33,333	0,19	0,3521	0,019
5	121,9	41,667	-0,11	0,4806	0,064
6	121,65	50,000	-0,11	0,4860	-0,014
7	121,35	58,333	-0,13	0,4927	-0,091
8	113,05	66,667	-0,43	0,5978	-0,069
9	107,535	75,000	-0,63	0,6713	-0,079
10	103,75	83,333	-0,77	0,7156	-0,118
11	80	91,667	-1,64	0,9458	0,029

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Keterangan Tabel 5.10 :

Kolom (1) = nomor urut data.

Kolom (2) = data hujan diurut dari besar ke kecil (mm).

Kolom (3) = peluang empiris (dihitung dengan persamaan Weibull).

$$P(X_i) = \frac{i}{n + 1}$$

Contoh kolom (3) baris (1):

$$P(X_i) = \frac{1}{11 + 1} = 8,333$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (4) = peluang teoritis berdasarkan Distribusi Probabilitas Gumbel.

$$X_T = \bar{X} + S_d \times K; \text{ sehingga } K = \frac{X_T - \bar{X}}{S_d}$$

dimana $K = f(t)$

Contoh untuk kolom (4) baris (1):

$$\text{Nilai } \bar{X} = 124,7879 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } S_d = 27,3732$$

$$f(t) = \frac{186,982 - 124,3732}{27,3732} = 2,27$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (5) = ditentukan berdasarkan nilai Y_n , S_n dan K atau $f(t)$ dengan menggunakan persamaan 3. 11 dan 3. 12 berikut:

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \text{ dengan } Y_t = -\text{Ln} [-\text{Ln} \frac{T - 1}{T}]$$

Contoh untuk kolom (5) baris (1):

Untuk nilai $f(t) = 2,27$; $Y_n = 0,4987$; $S_n = 0,9640$, maka menggunakan persamaan (11) didapat nilai $Y_t = 2,69$.

Kemudian berdasarkan persamaan (12) untuk $Y_t = 2,69$ dapat dihitung $T = 16,09$ tahun, sehingga dapat dihitung selanjutnya peluang teoritis $P'(X_i) = 1/T = 0,0621$. Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (6) = $(\Delta P_i) = \text{kolom (5)} - \text{kolom (3)}$.

Contoh untuk kolom (6) baris (1):

$$\begin{aligned} \Delta P_i &= 0,0621 - (8,3333/100) \\ &= -0,021 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 5.10, maka simpangan maksimum ($\Delta P_{\text{maksimum}}$) adalah -0,118

b. Distribusi Normal

Tabel 5.12 Uji Smirnov Kolmogorov Terhadap Distribusi Normal

No	Xi	P(Xi)	f(t)	P'(Xi)	ΔP
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	186,982	8,333	2,27	0,0116	-0,072
2	144,8	16,667	0,73	0,2327	0,066
3	141,6	25,000	0,61	0,2709	0,021
4	130,05	33,333	0,19	0,4247	0,091
5	121,9	41,667	-0,11	0,5438	0,127
6	121,65	50,000	-0,11	0,5438	0,044
7	121,35	58,333	-0,13	0,5517	-0,032
8	113,05	66,667	-0,43	0,6664	0,000
9	107,535	75,000	-0,63	0,7357	-0,014
10	103,75	83,333	-0,77	0,7794	-0,054
11	80	91,667	-1,64	0,9495	0,033

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Keterangan Tabel 5.11 :

Kolom (1) = nomor urut data.

Kolom (2) = data hujan diurut dari besar ke kecil (mm).

Kolom (3) = peluang empiris (dihitung dengan persamaan Weibull).

$$P(X_i) = \frac{i}{n + 1}$$

Contoh kolom (3) baris (1):

$$P(X_i) = \frac{1}{11 + 1} = 8,333$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (4) = untuk Distribusi Probabilitas Normal.

$$X_T = \bar{X} + K_T \times S_d; \text{ sehingga } K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S_d}$$

dimana $K_T = f(t)$

Contoh untuk kolom (4) baris (1):

Nilai $\bar{X} = 124,7879$ mm

Nilai $S_d = 27,3732$

$$f(t) = \frac{118,5 - 124,7879}{27,3732} = 2,27$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (5) = 1 – luas di bawah kurva normal sesuai dengan nilai $f(t)$, yang ditentukan dengan tabel (lihat **Lampiran 3**).

Contoh untuk kolom (5) baris (1):

Untuk nilai $f(t) = 2,27$ maka luas wilayah di bawah kurva normal adalah 0,9884.

Sehingga nilai $P'(X_i) = 1 - 0,9884 = 0,0116$.

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (6) = $(\Delta P_i) = \text{kolom (5)} - \text{kolom (3)}$.

Contoh untuk kolom (6) baris (1):

$$\begin{aligned} \Delta P_i &= 0,0116 - (8,333/100) \\ &= -0,072 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 5.11, maka simpangan maksimum ($\Delta P_{\text{maksimum}}$) adalah 0.127

c. Distribusi Log Normal

Tabel 5.13 Uji Smirnov Kolmogorov Terhadap Distribusi Log Normal

No (1)	Log Xi (2)	P(Xi) (3)	f(t) (4)	P'(Xi) (5)	ΔP (6)
1	5,2310	8,333	1,98	0,0239	-0,059
2	4,9754	16,667	0,79	0,2148	0,048
3	4,9530	25,000	0,68	0,2483	-0,002
4	4,8679	33,333	0,29	0,3859	0,053
5	4,8032	41,667	-0,01	0,5040	0,087
6	4,8011	50,000	-0,02	0,5080	0,008
7	4,7987	58,333	-0,03	0,5120	-0,071
8	4,7278	66,667	-0,36	0,6406	-0,026
9	4,6778	75,000	-0,59	0,7224	-0,028
10	4,6420	83,333	-0,76	0,7764	-0,057
11	4,3820	91,667	-1,97	0,9756	0,059

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Keterangan Tabel 5.12:

Kolom (1) = nomor urut data.

Kolom (2) = nilai Ln data hujan (mm).

Kolom (3) = peluang empiris (dihitung dengan persamaan Weibull).

$$P(X_i) = \frac{i}{n + 1}$$

Contoh kolom (4) baris (1):

$$P(X_i) = \frac{1}{11 + 1} = 8,3333$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (4) = untuk Distribusi Probabilitas Log Normal.

$$\text{Ln } X_T = \text{Ln } \bar{X} + K_T \times S_d; \text{ sehingga } K_T = \frac{\text{Ln } X_T - \text{Ln } \bar{X}}{S_d \text{ Ln } \bar{X}}$$

dimana $K_T = f(t)$

Contoh untuk kolom (6) baris (1):

$$\text{Nilai Ln } \bar{X} = 4,80 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } S_d \text{ Ln } X = 0,2154$$

$$f(t) = \frac{5,23 - 4,21}{0,2154} = -1,98$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (5) = $1 -$ luas di bawah kurva normal sesuai dengan nilai $f(t)$, yang ditentukan dengan tabel (lihat **Lampiran 3**).

Contoh untuk kolom (6) baris (1):

Untuk nilai $f(t) = 1,98$ maka luas wilayah di bawah kurva normal adalah 0,9761.

$$\text{Sehingga nilai } P'(X_i) = 1 - 0,9761 = 0,0239.$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (6) = $(\Delta P_i) =$ kolom (5) – kolom (3).

Contoh untuk kolom (7) baris (1):

$$\Delta P_i = 0,0239 - (8,3333/100)$$

$$= -0,059$$

Berdasarkan Tabel 22, maka simpangan maksimum ($\Delta P_{\text{maksimum}}$) adalah 0,087.

d. Distribusi Log Pearson III

Tabel 5.14 Uji Smirnov Kolmogorov Terhadap Distribusi Log Pearson III

No	Log Xi	P(Xi)	f(t)	P'(Xi)	ΔP
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	5,2310	8,333	1,98	0,0262	-0,0572
2	4,9754	16,667	0,79	0,2182	0,0516
3	4,9530	25,000	0,68	0,2550	0,0050

4	4,8679	33,333	0,29	0,3952	0,0619
5	4,8032	41,667	-0,01	0,5018	0,0851
6	4,8011	50,000	-0,02	0,5052	0,0052
7	4,7987	58,333	-0,03	0,5092	-0,0741
8	4,7278	66,667	-0,36	0,6271	-0,0396
9	4,6778	75,000	-0,59	0,7102	-0,0398
10	4,6420	83,333	-0,76	0,7698	-0,0636
11	4,3820	91,667	-1,97	0,9461	0,0295

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Keterangan Tabel 5.13:

Kolom (1) = nomor urut data.

Kolom (2) = nilai Ln data hujan (mm).

Kolom (3) = peluang empiris (dihitung dengan persamaan Weibull).

$$P(X_i) = \frac{i}{n + 1}$$

Contoh kolom (4) baris (1):

$$P(X_i) = \frac{1}{11 + 1} = 0,083333$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (4) = untuk Distribusi Probabilitas Log Pearson Tipe III.

$$\ln X_T = \ln \bar{X} + K_T \times S_d; \text{ sehingga } K_T = \frac{\ln X_T - \ln \bar{X}}{S_d \ln X}$$

dimana $K_T = f(t)$

Contoh untuk kolom (6) baris (1):

$$\text{Nilai } \ln \bar{X} = 4,80 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } S_d \ln X = 0,2154$$

$$f(t) = \frac{5,23 - 4,80}{0,2154} = 1,98$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (5) = ditentukan berdasarkan nilai C_s dan nilai K_T atau $f(t)$. Tabel Nilai C_s dan K_t dapat dilihat pada **Lampiran 3**

Contoh untuk kolom (6) baris (1):

Untuk nilai $f(t) = 1,98$ dan $C_s = 0,03$ didapat nilai $P'(X_i) = 0,0262$ dari hasil interpolasi.

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

Kolom (6) = $(\Delta P_i) = \text{kolom (5)} - \text{kolom (3)}$.

Contoh untuk kolom (6) baris (1):

$$\begin{aligned} \Delta P_i &= 0,0262 - (8,333/100) \\ &= -0,0572 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 5.13 , maka simpangan maksimum ($\Delta P_{\text{maksimum}}$) adalah 0,0295

e. Rekapitulasi Nilai Δ_{maks}

Dengan jumlah data $n = 11$ dan $\alpha = 5\%$ maka dari hasil interpolasi (lihat **Lampiran 3**) didapat $\Delta_{\text{kritis}} = 0,369$.

Tabel 5.15 Rekapitulasi Hasil Uji Smirnov-Kolmogorof

JENIS DISTRIBUSI	Δ	Δ_{kritis}	KETERANGAN
Gumbel	0,1177	0,396	MEMENUHI
Normal	0,1271	0,396	MEMENUHI
Log Normal	0,0873	0,396	MEMENUHI
Log Pearson III	0,0295	0,396	MEMENUHI

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Berdasarkan Tabel 5.15 hasil pengujian Smirnov-Kolmogorof dapat disimpulkan bahwa semua distribusi yang digunakan dapat diterima, karena nilai $\Delta_{\text{maks}} < \Delta_{\text{kritis}}$ dan harus mempertimbangkan hasil uji Chi-Kuadrat. Berdasarkan Tabel 5.10 semua distribusi memenuhi uji Chi-Kuadrat. Berdasarkan kedua uji tersebut maka distribusi yang dipilih adalah Distribusi Log Pearson III karena menghasilkan nilai simpangan terkecil dari distribusi lainnya, yaitu: 0,0295 dan lolos uji Chi-Kuadrat.

5.4. Analisis Hujan Rencana

Berdasarkan hasil pengujian Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorof, distribusi yang digunakan adalah Distribusi Log Pearson III. Langkah perhitungan hujan rencana distribusi Log Pearson III ini adalah:

Berdasarkan Tabel 5.13 didapat nilai parameter statistik sebagai berikut:

Jumlah data (n)	= 11
Nilai $\text{Ln } \bar{X}$	= 4,80 mm
Nilai $S_d \text{ Log } X$	= 0,2154
Nilai CS 25 Tahun	= 0,03

Nilai K_T 25 Tahun = 1,762

Contoh untuk perhitungan hujan rencana periode ulang 25 tahun ($T = 25$ tahun):

$$\begin{aligned} \text{Log } X_T &= \text{Ln } \bar{X} + K_T \times S_d \\ &= 5,2310 + 1,762 \times 0,3254 \end{aligned}$$

$$\text{Log } X_T = 5,1850$$

$$X_T = 178,5685 \text{ mm}$$

Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Hujan Rencana

Periode Ulang (Tahun)	YT	Log XT	XT (mm)
10	1,285	5,0823	161,1442
25	1,762	5,1850	178,5685
50	2,071	5,2515	190,8607
100	2,350	5,3116	202,6691
200	2,606	5,3668	214,1758
1000	3,136	5,4810	240,0895

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Hujan rencana yang digunakan adalah hujan dengan periode ulang 25 tahun, berdasarkan tabel di atas dengan hujan rencana 178,5685.

5.5. Distribusi Hujan Jam-Jaman

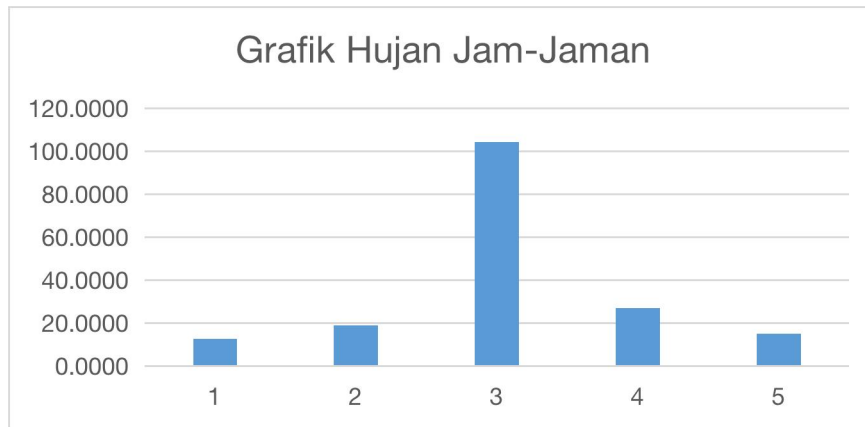
Analisa distribusi hujan jam-jaman dibutuhkan untuk menghitung debit banjir rencana dengan metode HSS Nakayasu. Analisa hujan rencana pada kala ulang 25 tahun diperoleh hasil $X_{25} = 178,5685$ mm. dengan metode *Alternating Block Method* berikut hasil perhitungan distribusi hujan jam-jaman:

Tabel 5.17 Hasil Perhitungan Hujan Jam-Jaman

Durasi t (Jam)	At (Jam)	I (mm/jam)	X=I x t (mm)	AX (mm)	AX (%)	Hietograf	
						%	mm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0~1	61,9062	61,9062	61,9062	58,48%	7,17%	12,8002
2	1~2	38,9985	77,9970	16,0907	15,20%	10,66%	19,0401
3	2~3	29,7614	89,2843	11,2873	10,66%	58,48%	104,4275
4	3~4	24,5675	98,2700	8,9858	8,49%	15,20%	27,1429

5	4~5	21,1716	105,8582	7,5882	7,17%	8,49%	15,1578
JUMLAH				105,8582	100,00%	100,00%	178,5685

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

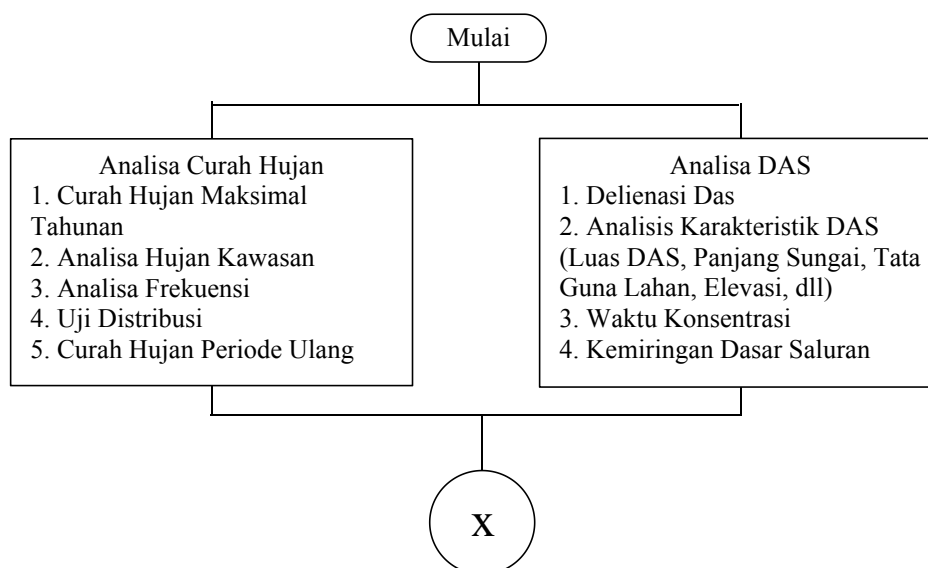


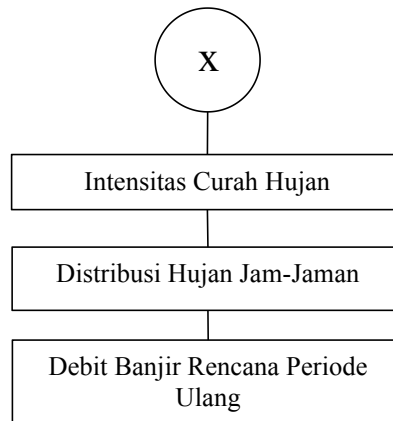
Gambar 5.1 Grafik Hujan Jam-Jaman

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

5.6. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Menentukan debit banjir rencana dilakukan dengan beberapa macam metode perhitungan diantaranya adalah metode rasional, Weduwen, dan HSS Nakayasu yang dipakai dalam penelitian ini. berikut adalah *flowchart* cara mencari debit banjir rencana periode ulang tertentu.





Gambar 5.2 *Flowchart* Cara mendapatkan Debit Banjir Rencana
(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

5.6.1. Debit Banjir Metode Rasional

Langkah-langkah perhitungan debit banjir rencana metode rasional adalah:

a. Intensitas Hujan

$$I_T = \frac{R_T}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

Lamanya curah hujan yang dipakai adalah (T_c)

$$\begin{aligned} T_c &= 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \\ &= 0,0195 \times 12840^{0,77} \times 0,0140^{-0,385} \\ &= 147,018 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$T_c = 2,4503 \text{ Jam}$$

Contoh nilai intensitas hujan untuk periode ulang 25 tahun adalah:

$$\begin{aligned} I_{25} &= \frac{R_{25}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \\ &= \frac{178,56}{24} \left(\frac{24}{2,4503} \right)^{2/3} \\ &= 34,0696 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

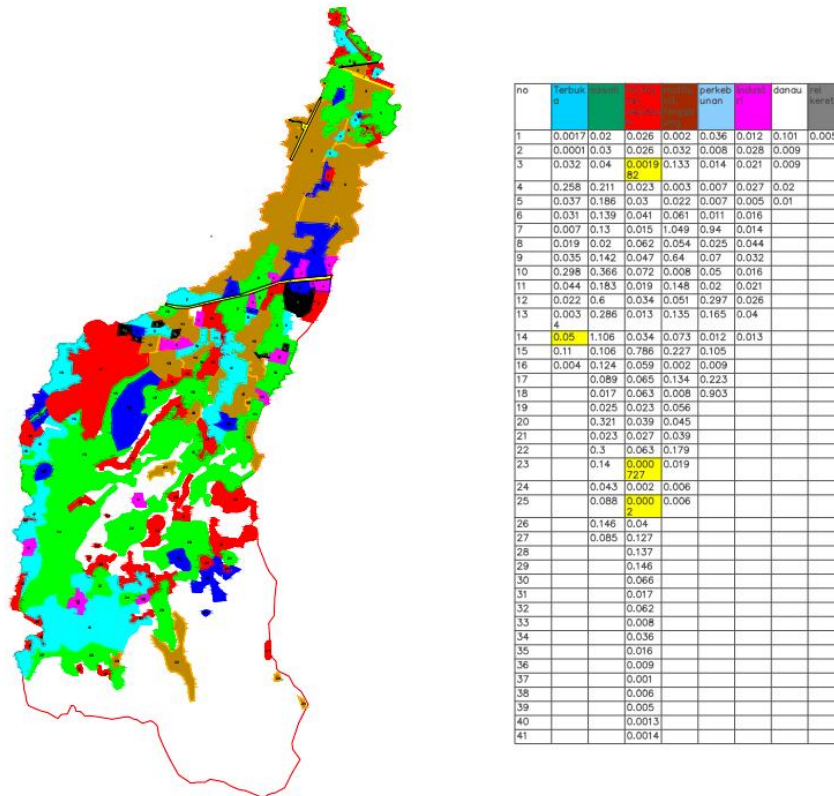
Tabel 5.18 Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Periode Ulang (Tahun)	Intensitas Curh Hujan mm/jam
10	30,7452
25	34,0696
50	36,4149

(Sumber: Hasil Perhitungan)

b. Koefisien Pengaliran

Nilai C yang semakin besar menunjukkan sebagian air hujan menjadi limpasan, maka ancaman banjir akan semakin besar. Besaran nilai C akan berbeda-beda tergantung Penutup lahan pada masing-masing Sub DAS. Berikut ini peta tutupan lahan DAS Cibeber.



Gambar 5.3 Tata Guna lahan DAS Cibeber
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Berikut ini adalah hasil perhitungan nilai koefisien limpasan berdasarkan penutup lahan dilokasi penelitian .

Tabel 5.19 Hasil Perhitungan Koefisien Pengaliran Berdasarkan Tata Guna Lahan

Tipe Daerah Aliran	Luas Sub DAS (Ai) (km ²)	Luas Sub Das (%)	Koef Runoff (Ci)	Ai x Ci
Ladang Garapan	0,9522	4,47%	0,5	0,4761
sawah	4,966	23,31%	0,15	0,7449
multiunit, terpisah	0,224982	1,06%	0,6	0,134982
multiunit, tergabung	2,004	9,41%	0,75	1,503
Perkampungan	2,025627	9,51%	0,4	0,8102508
Perkampungan	1,128	5,30%	0,4	0,4512

perkebunan	4,435191	20,82%	0,4	1,7740764
industri	0,315	1,48%	0,8	0,252
Perairan	0,149	0,70%	0,05	0,00745
Hutan	5,1	23,94%	0,4	2,04

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Berdasarkan Tabel dan Gambar diatas, didapatkan nilai C_{Total} Sebesar:

$$\begin{aligned}
 C_{Total} &= \frac{C_i \times A_i}{A_i} \\
 &= \frac{8,1939}{21,3} \\
 &= 0,3847
 \end{aligned}$$

c. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana dihitung dengan rumus Metode Rasional, yaitu:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Dengan data:

$$C = 0,3847$$

$$I_{25} = 35,7137 \text{ mm/jam}$$

$$A = 21,3 \text{ km}^2$$

Contoh perhitungan debit untuk periode ulang 25 tahun

$$\begin{aligned}
 Q_{maks} &= 0,278 \times 0,3847 \times 35,7137 \times 21,3 \\
 &= 81,3531 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.20 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

PERIODE ULANG (TAHUN)	DEBIT RENCANA (m ³ /s)
10	70,0352
25	77,6080
50	82,9503

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

5.6.2. Debit Banjir Metode Weduwen

Data yang diketahui adalah luas daerah pengaliran (A) = 21,3 km², kemiringan dasar sungai (S) = 0,024, data hujan harian maksimum (R_n) = 162,30 mm, m_n adalah 0,715 untuk periode pengamatan 11 tahun (lihat **Lampiran 3**).

Langkah-langkah perhitungan debit rencana dengan Metode Weduwen adalah:

a. Hitung Q_{maks}

$$Q_{maks} = \alpha \times \beta \times I \times A$$

Berikut langkah-langkah perhitungan dalam mencari Q_{maks} :

1. Coba Harga t (lamanya hujan)

Dicoba untuk $t = 2,7$ jam

2. Hitung Harga β berdasarkan persamaan 3.31

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \times A}{120+A} \\ &= \frac{120 + \frac{2,7+1}{2,7+9} \times 21,3}{120 + 21,3} \\ \beta &= 0,8969\end{aligned}$$

3. Hitung I Berdasarkan Persamaan 3.32

$$\begin{aligned}I &= \frac{67,65}{t + 1,45} \\ &= \frac{67,65}{2,7 + 1,45} \\ I &= 16,3012 \text{ mm/jam}\end{aligned}$$

4. Cek Harga t Hitung dengan t Coba

$$\begin{aligned}t &= \frac{0,476 \times A^{3/8}}{(\alpha \times \beta \times I)^{1/8} \times (S)^{1/4}} \\ t &= \frac{0,476 \times 21,185^{3/8}}{(0,9040 \times 0,8969 \times 16,3012)^{1/8} \times (0,025)^{1/4}} \\ t &= 1,73 \text{ (} t_i \approx t \text{)}\end{aligned}$$

5. Hitung Q_{maks}

$$\begin{aligned}Q_{maks} &= \alpha \times \beta \times I \times A \\ &= 0,9040 \times 0,8969 \times 16,3012 \times 21,3 \\ &= 281,5341 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

b. Hitung Curah Hujan Periode Ulang 15, 25, dan 50 Tahun

$$R_i = \frac{m_i}{m_n} \times R_n$$

Dari grafik diperoleh untuk hujan periode ulang 10 tahun $m_{10} = 0,68$ (lihat Lampiran 3) sehingga:

$$\begin{aligned}R_{10} &= \frac{m_{10}}{m_{11}} \times R_{11} \\ R_{10} &= \frac{0,68}{0,7} \times 162,3058 \\ R_{10} &= 157,6685 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dari grafik diperoleh untuk hujan periode ulang 25 tahun $m_{25} = 0,845$ (lihat Lampiran 3) sehingga:

$$R_{25} = \frac{m_{25}}{m_{11}} \times R_{11}$$

$$R_{25} = \frac{0,845}{0,7} \times 162,3058$$

$$R_{25} = 195,9263 \text{ mm/jam}$$

Dari grafik diperoleh untuk hujan periode ulang 50 tahun $m_{50} = 0,95$ (lihat Lampiran 3) sehingga:

$$R_{50} = \frac{m_{50}}{m_{11}} \times R_{11}$$

$$R_{50} = \frac{0,95}{0,7} \times 162,3058$$

$$R_{50} = 258,8331 \text{ mm/jam}$$

c. Hitung debit maksimum dengan periode ulang 25 tahun

$$Q_{25} = Q_{\text{maks}} \times \frac{R_{25}}{240}$$

$$= 281,5341 \times \frac{195,9263}{240}$$

$$= 229,3441 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.6.3. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Langkah-langkah perhitungan HSS Nakayasu adalah sebagai berikut:

a. Menghitung Waktu Kelambatan (*Time Lag*, T_g)

$$T_g = 0.21 \times L^{0,7} (L < 15 \text{ km})$$

$$= 0,21 \times 14,9^{0,7}$$

$$= 1,39 \text{ Jam}$$

b. Menghitung Waktu Puncak dan Debit Puncak Hidrograf Satuan Sintetis

$$T_p = T_g + 0.8 T_r$$

$$T_r = (0,5-1) \times T_g$$

$$= 0,7 \times 1,39$$

$$= 0,97 \text{ Jam}$$

$$T_p = 1,39 + 0,8 \times 0,97$$

$$= 2,17 \text{ Jam}$$

c. Menghitung Waktu saat Debit sama dengan 0,3 kali Debit Puncak

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g$$

$$= 2 \times 1,39$$

$$= 2,78 \text{ Jam}$$

d. Menghitung Waktu Puncak

$$\begin{aligned}
 T_p &= T_g + 0,8T_r \\
 &= 1,39 + 0,8 \times 0,97 \\
 &= 2,17
 \end{aligned}$$

e. Menghitung Debit Puncak Hidrograf Satuan Sintetis

$$\begin{aligned}
 Q_p &= \frac{A \cdot R_o}{3,6 (0,3 t_p + T_{0,3})} \times C \\
 &= \frac{21,3 \cdot 1}{3,6 (0,3 \times 2,17 + 2,78)} \times 0,3847 = 0,66 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.21 Hidrograf Sintetis Nakayasu

No	t (jam)	Hidrogra f Satuan	Hidrograf (m3/det) Akibat Hujan					Total (m3/ja m)
		m3/det/m m	12,800 2	19,040 1	104,42 75	27,142 9	15,157 8	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	0,00	0,00	0,00					0,00
2	1,00	0,10	1,32	0,00				1,32
3	2,00	0,54	8,48	1,96	0,00			10,45
4	2,17	0,66	5,93	12,62	10,78	0,00		29,32
5	3,00	0,46	3,84	8,81	69,22	2,80	0,00	84,68
6	4,00	0,30	2,49	5,72	48,35	17,99	1,56	76,11
7	5,00	0,19	1,88	3,71	31,37	12,57	10,05	59,57
8	6,00	0,15	1,41	2,80	20,35	8,15	7,02	39,73
9	7,00	0,11	1,06	2,10	15,35	5,29	4,55	28,35
10	8,00	0,08	0,79	1,57	11,51	3,99	2,95	20,82
11	9,00	0,06	0,63	1,18	8,62	2,99	2,23	15,65
12	10,00	0,05	0,51	0,94	6,46	2,24	1,67	11,82
13	11,00	0,04	0,00	0,76	5,16	1,68	1,25	8,85
14	12,00			0,00	4,15	1,34	0,94	6,43
15	13,00				0,00	1,08	0,75	1,83
16	14,00					0,00	0,60	0,60
17	15,00						0,00	0,00
MA X			8,48	12,62	69,22	17,99	10,05	84,68

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

f. Menghitung Bagian Lengkung Naik

Contoh Perhitungan untuk t=1 jam

$$\begin{aligned}
 Q &= Q_p \left(\frac{t}{t_p} \right)^{2,4} \\
 &= 0,66 \left(\frac{1}{2,17} \right)^{2,4} = 0,10
 \end{aligned}$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya sampai mencapai waktu puncak (T_p) cara perhitungannya adalah sama.

g. Menghitung Bagian Lengkung Turun

1. Untuk $t_p < t < t_{0,3}$

Contoh perhitungan untuk $t = 3$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p}{t_{0,3}}}$$

$$= 0,66 \times 0,3^{\frac{3-2,17}{2,78}} = 0,46$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya sampai $t_{0,3}$ cara perhitungannya adalah sama.

2. Untuk $t_{0,3} < t < 1,5 t_{0,3}$

Contoh perhitungan untuk $t = 6$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p+0,5 t_{0,3}}{1,5 t_{0,3}}}$$

$$= 0,66 \times 0,3^{\frac{6-2,17+0,5 \times 2,78}{1,5 \times 2,78}} = 0,15$$

Demikian seterusnya untuk baris berikutnya sampai $1,5 t_{0,3}$ cara perhitungannya adalah sama

3. Untuk $t > 1,5$

Contoh perhitungan untuk $t = 10$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p+1,5 t_{0,3}}{2 t_{0,3}}}$$

$$= 0,66 \times 0,3^{\frac{10-2,17+1,5 \times 2,78}{2 \times 2,78}} = 0,05$$

Demikian seterusnya untuk nilai t berikutnya cara perhitungannya adalah sama.

h. Hidrograf akibat hujan

1. Contoh perhitungan untuk $t=1$

$$\text{Kolom (4)} = 12,8002 \times 1 = 1,32 \text{ m}^3/\text{det}$$

2. Contoh perhitungan untuk $t=2$

$$\text{Kolom (5)} = 19,0401 \times 2 = 12,62 \text{ m}^3/\text{det}, \text{ kemudian diturunkan 1 baris}$$

3. Contoh perhitungan untuk $t=3$

$$\text{Kolom (6)} = 104,4275 \times 3 = 69,22 \text{ m}^3/\text{det}, \text{ kemudian diturunkan 2 baris.}$$

4. Contoh perhitungan untuk $t=4$

Kolom (7) = $27,1429 \times 4 = 17,99 \text{ m}^3/\text{det}$, kemudian diturunkan 3 baris.

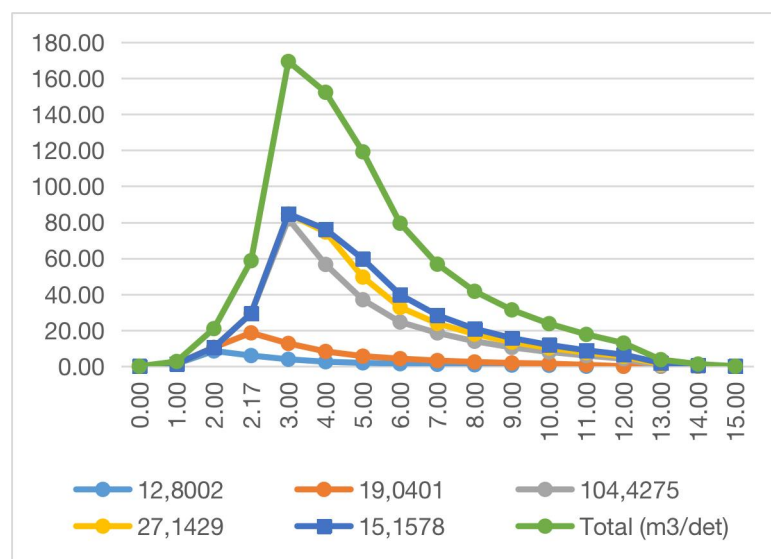
5. Contoh Perhitungan untuk $t=5$

Kolom (8) = $15,1578 \times 5 = 10,05 \text{ m}^3/\text{det}$, kemudian diturunkan 4 baris

i. Total Hidrograf Langsung

Contoh Perhitungan untuk $t=3$

Kolom (9) = Kolom (4) + Kolom (5) + Kolom (6) + Kolom (7) + Kolom (8)
 $= 3,84 + 8,81 + 69,22 + 2,80 + 0 = 84,68 \text{ m}^3/\text{det}$.



Gambar 5.4 Grafik Satuan Sintetis Nakayasu

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Berikut debit banjir rencana dengan kala ulang 25 tahun.

- Metode Rasional sebesar $77.60 \text{ m}^3/\text{det}$.
- Metode Weduwen sebesar $229,23 \text{ m}^3/\text{det}$.
- HSS Nakayasu sebesar $84,68 \text{ m}^3/\text{det}$.

Rata-rata debit banjir rencana Metode Rasional, Weduwen, dan HSS Nakayasu adalah $130,50 \text{ m}^3/\text{det}$. Debit yang digunakan adalah debit rencana HSS Nakayasu karena jumlah debit maksimumnya mendekati nilai debit banjir rencana rata-rata.

5.7. Pemodelan HEC-RAS

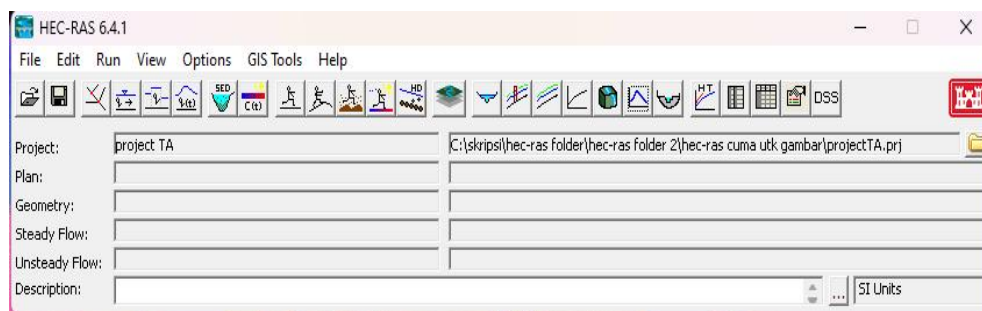
HEC-RAS merupakan program aplikasi pemodelan aliran sungai. penelitian ini menggunakan program HEC-RAS sebagai alat bantu untuk menganalisis kapasitas saluran sungai dalam menampung debit yang dihasilkan dari analisa debit banjir rencana. Penelitian ini menggunakan data *Digital Elevation Model* (DEM) untuk menganalisa bentuk DAS, karakteristik DAS, elevasi, dan kemiringan dasar saluran.

5.7.1 Analisis Pemodelan HEC-RAS

Berikut adalah cara untuk analisis pemodelan banjir dengan menggunakan HEC-RAS

a. Membuat project baru di HEC-RAS

Pemodelan yang dilakukan di HEC-RAS dibutuhkan ketelitian yang cukup dikarenakan *software* ini dikembangkan oleh *US Army Corps* (USAC) sehingga terdapat perbedaan yang harus dilakukan terutama di bagian satuan dari *Us Customary Units*, menjadi *SI Units*.

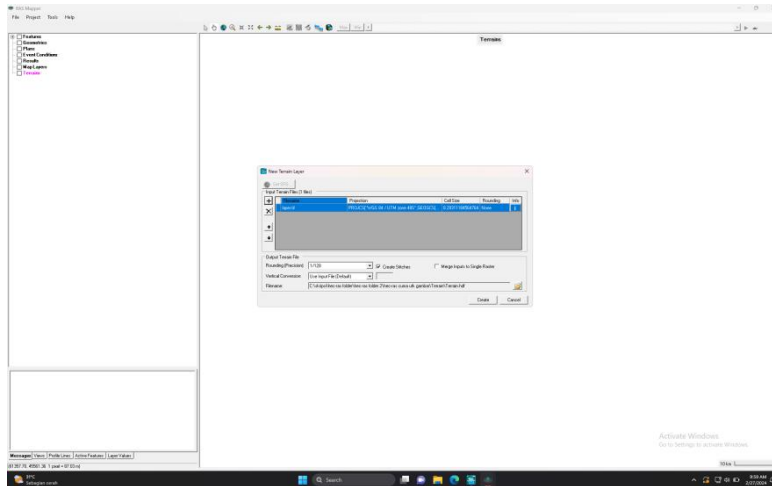


Gambar 5.5 Project Baru di HEC-RAS

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

b. Membuat *Terrain* di *RAS Mapper*

Salah satu cara memasukkan data *Terrain* ke lembar pengerjaan di *Ras Mapper* adalah dengan klik kanan di layer *Terrain* lalu klik *Create a new RAS terrain*, setelah itu pilih *terrain* yang digunakan untuk menganalisis.

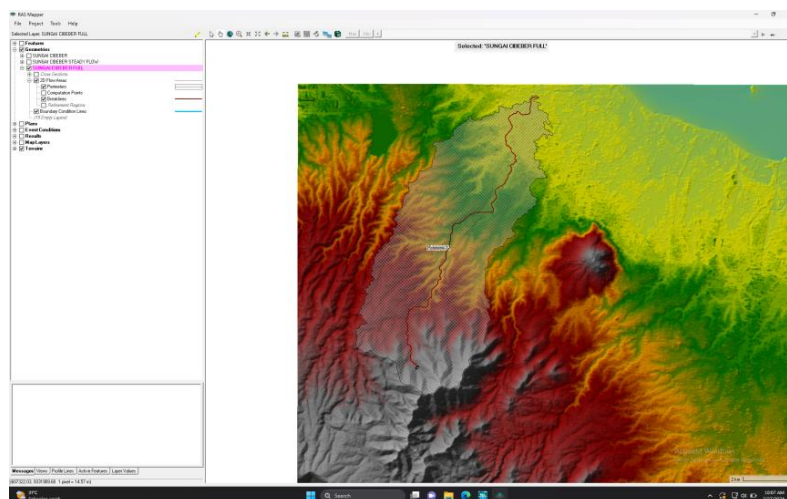


Gambar 5.6 Input *New Terrain* di *Ras Mapper*

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

c. Membuat Bentuk Sungai

Pembuatan bentuk sungai dibutuhkan koordinat sungai yang akan ditinjau. Data bentuk sungai didapatkan dari hasil analisis menggunakan aplikasi QGIS. Salah satu cara memasukan data bentuk sungai adalah dengan klik kanan di layer *Geometry*, lalu klik *Create a New Geometry*. Pembuatan bentuk DAS berada di *layer 2D Flow Area* lalu tambahkan *parameter* sebagai bentuk DAS, dan *Breakline* sebagai garis sungai.

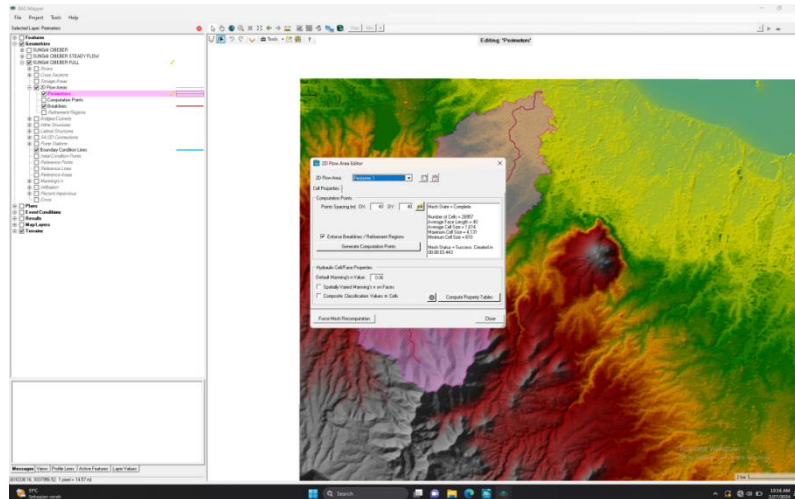


Gambar 5.7 Data *Geometry*

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

d. *Generate All Meshes*

Setelah perimeter selesai digambar, maka dilaukan *Generate all meshes* dimana proses ini akan menghasilkan grid pada semua area yang telah **ditandai**.

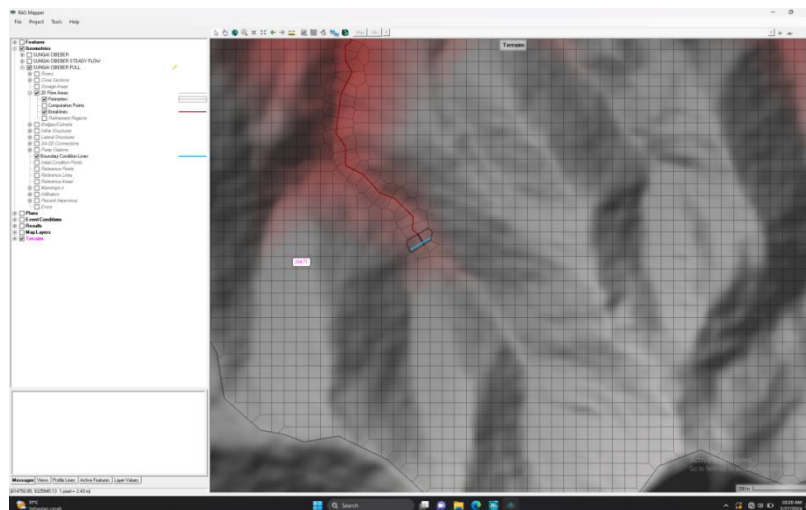


Gambar 5.8 *Generate All Meshes*

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

e. *Boundary Condition*

Pembuatan *Boundary Condition* dilakukan dengan menambahkan *Boundary Condition Line* di *layer Geometry* lalu buat garis sepanjang *mesh* yang ada di hulu sungai.

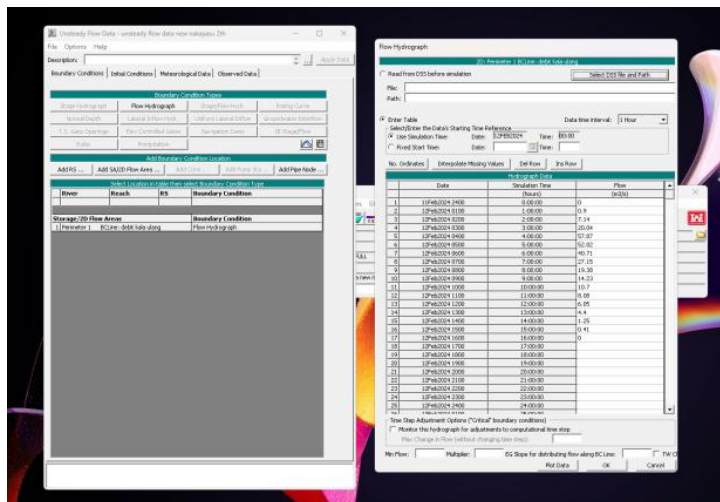


Gambar 5.9 *Input Boundary Condition*

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

f. *Input Unsteady Flow Data*

Selanjutnya beralih dari *Ras Mapper* dan membuka *Unsteady Flow Data*. Pada bagian ini akan muncul kolom *BC Line* yang telah dibuat sebelumnya. *BC Line* diisi dengan data debit hujan kala ulang 25 Tahun.

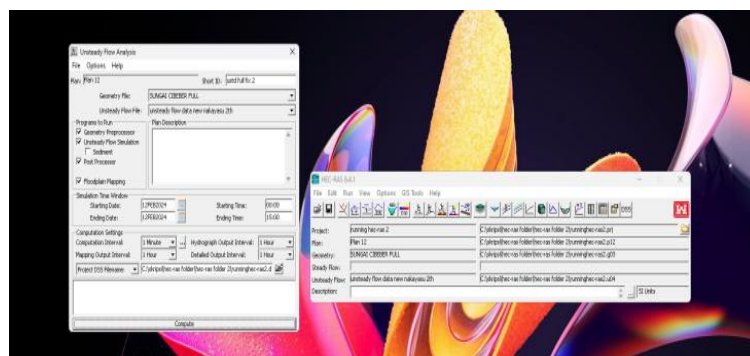


Gambar 5.10 Input *Unsteady Flow Data*

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

g. *Running Hec-Ras*

Langkah terakhir adalah membuka *Unsteady Flow Simulation*. Pada bagian ini akan ditentukan tanggal kejadian hujan dan berapa lama waktu komputasi yang diperlukan. Komputasi akan berjalan baik jika pada *Ras Mapper* tidak ditemukan kesalahan apapun, terutama yang berkaitan dengan *Geometry* sungai.



Gambar 5.11 *Running HEC-RAS*

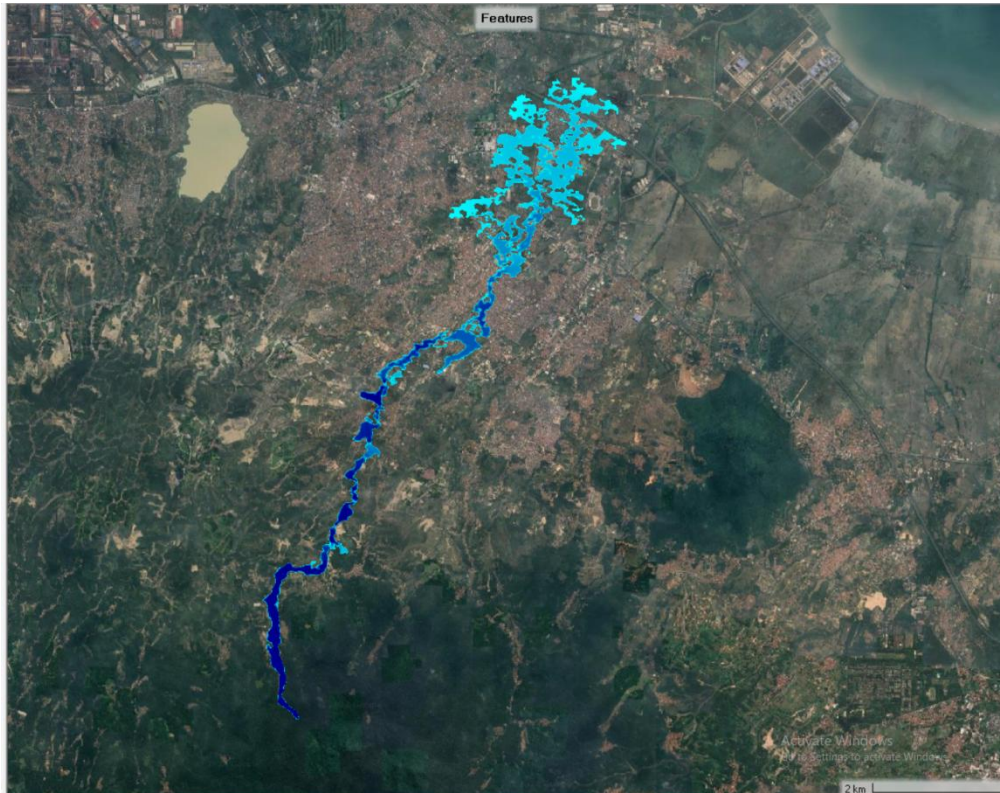
(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

5.7.2 Model Genangan Banjir

Analisa banjir dengan menggunakan Hec-Ras dan *Floodmapping* guna mendapatkan luas genangan dan tinggi genangan. Hasil pemodelan genangan banjir menggunakan debit rencana periode ulang 25 Tahun dan periode ulang 2 Tahun.



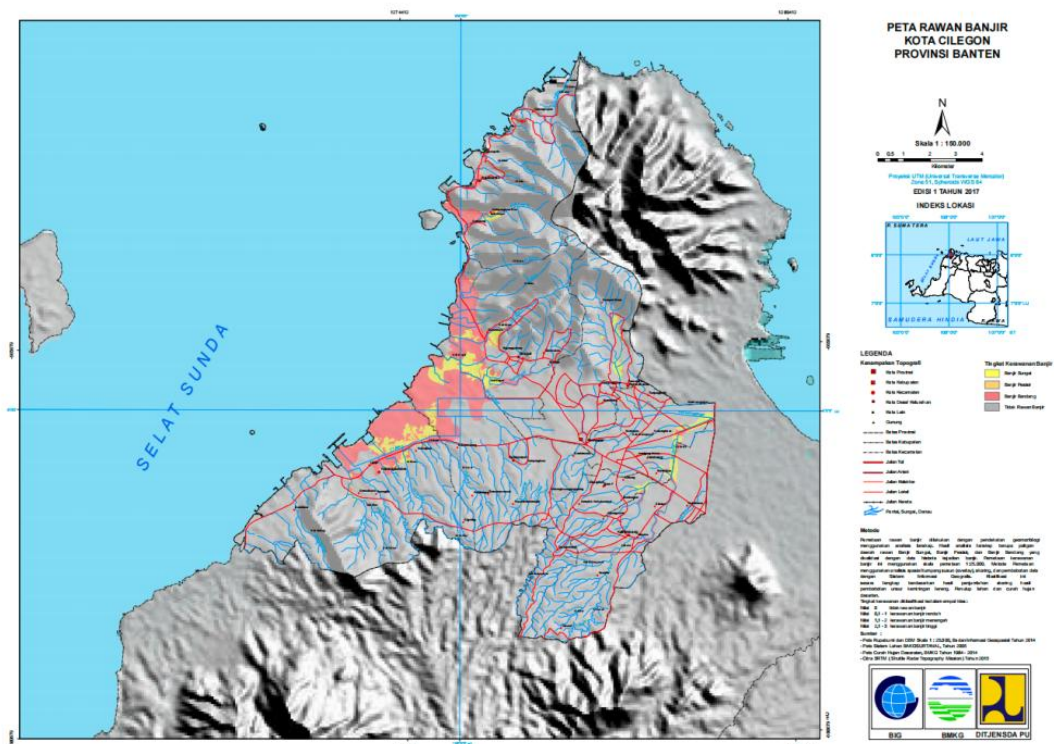
Gambar 5.12 Peta Genangan pada Sungai Cibeber dengan Pemodelan *Floodmap* Periode Ulang 25 Tahun (Sumber: Hasil Analisis, 2024)



Gambar 5.13 Peta Genangan pada Sungai Cibeber dengan Pemodelan *Floodmap* Periode Ulang 2 Tahun (Sumber: Hasil Analisis, 2024)

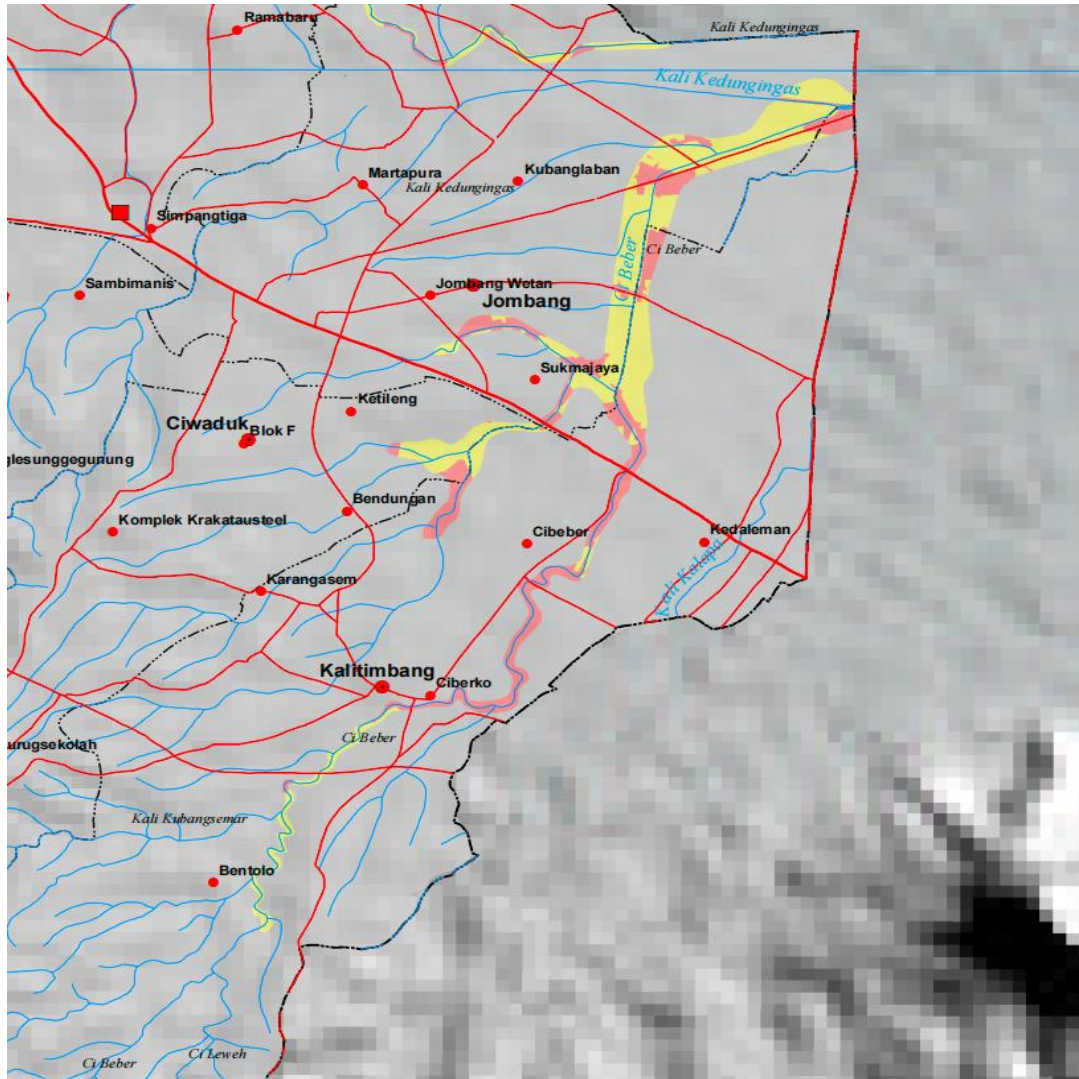
Berdasarkan Gambar 5.13, menunjukkan bahwa kapasitas Sungai Cibeber tidak mampu menampung debit banjir periode ulang 2 Tahun dan periode ulang 25 tahun. Hal ini dibuktikan dengan terdapatnya genangan di DAS Cibeber dari mulai resiko bahaya rendah (tinggi genangan <0,75) sampai resiko bahaya tinggi (tinggi genangan >1,5m).

Hasil Pemodelan divalidasi dengan membandingkan hasil *Running Hec-Ras* dengan peta rawan banjir kota cilegon pada tahun 2017.



Gambar 5.14 Peta Banjir Kota Cilegon Tahun 2017

(Sumber: Kajian Resiko Bencana, 2017)



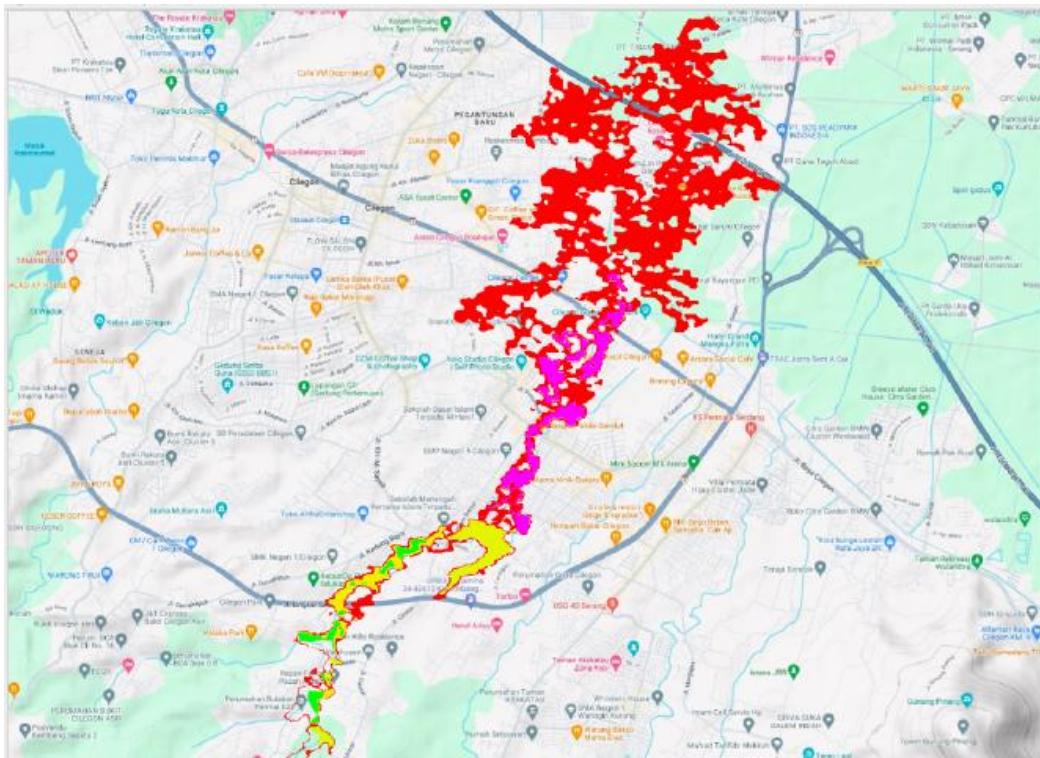
Gambar 5.15 Peta Banjir Sungai Cibeber Tahun 2017

(Sumber: Kajian Resiko Bencana, 2017)

Data tersebut menunjukkan bahwa titik genangan banjir yang ada di peta rawan banjir mirip dengan peta hasil *running* hec-ras. Detail lokasi banjir dapat dilihat pada **Lampiran 5**

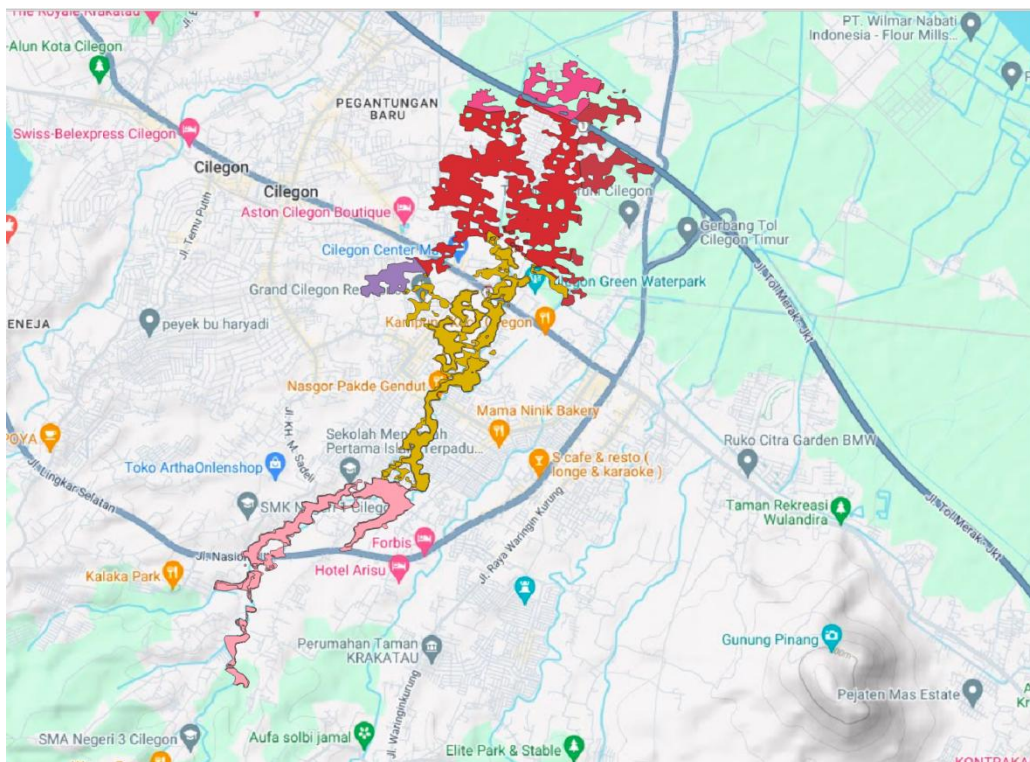
5.7.3 Luas Genangan Banjir

Setiap genangan yang terbentuk dari pemodelan memiliki kedalaman maksimum dan luasan area genangan masing-masing. Guna mengetahui kedalaman banjir dilakukan analisis menggunakan aplikasi QGIS untuk memisahkan luas dan tinggi genangan, lalu dilakukan pengukuran secara manual. Detail pengukuran dapat dilihat pada **Lampiran 4**.



Gambar 5.16 Genangan Banjir Debit Rencana 25 Tahun

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)



Gambar 5.17 Genangan Banjir Debit Rencana 2 Tahun

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Berdasarkan Gambar 5.12, Gambar 5.13, Gambar 5.16, dan Gambar 5.17, diperoleh luas genangan dan tinggi genangan banjir pada DAS Cibeber di Kota Cilegon. Berdasarkan hasil analisa, diperoleh luas genangan dan tinggi genangan banjir Sungai Cibeber dengan pemodelan *floodmap* ditunjukkan pada Tabel 5.22 dan Tabel 5.23.

Tabel 5.22 Luas Genangan Berdasarkan Tinggi Genangan untuk Debit Rencana 25 Tahun

No	Kelurahan	Luas Genangan (Ha)			Total (Ha)
		<0,75 (m)	0,75-1,5 (m)	>1,5 (m)	
1	Cibeber	194,44	26,6	1,2	222,24
2	Karangasem	0,64			0,64
3	Kalitimbang	60,82	26,2	7,2	94,22
4	Kedaleman	34,85			34,85
5	Ketileng	11,38			11,38
6	Sukmajaya	119,70			119,70
7	Panggungrawi	51,86			51,86

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Tabel 5.23 Luas Genangan Berdasarkan Tinggi Genangan untuk Debit Rencana 2 Tahun

No	Kelurahan	Luas Genangan (Ha)			Total (Ha)
		<0,75 (m)	0,75-1,5 (m)	>1,5 (m)	
1	Cibeber	54,65	11,6		66,25
2	Karangasem	0			
3	Kalitimbang	16,96	24,9	1,9	43,76
4	Kedaleman	26,11			26,11
5	Ketileng	9,65			9,65
6	Sukmajaya	104,36			104,36
7	Panggungrawi	20,02			20,02

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Berdasarkan Tabel 5.22 dan 5.23, menunjukkan bahwa luas genangan dan tinggi banjir akibat debit banjir rencana 2 tahun lebih kecil dibandingkan dengan debit banjir rencana 25 tahun. Adapun contoh untuk Kelurahan Cibeber dengan luas genangan 194.44 Ha (tinggi genangan < 0,75m), 26.6 Ha (tinggi genangan 0,75-1,5), dan 1.2 Ha (tinggi genangan >1,5) untuk periode ulang 25 tahun. Sedangkan luas genangan

dengan periode ulang 2 tahun adalah 54,65 Ha (tinggi genangan <0,75), 11,6 (tinggi genangan 0,75-1,5), dan tidak ada genangan dengan tinggi genangan >1,5 m.

Debit banjir rencana periode ulang 25 tahun di Kelurahan Karangasem terdapat genangan seluas 0,64 Ha (tinggi genangan <0,75m), dan tidak ada genangan setinggi >0,75 m. Sedangkan debit banjir rencana periode ulang 2 tahun tidak menyebabkan genangan di kelurahan tersebut.

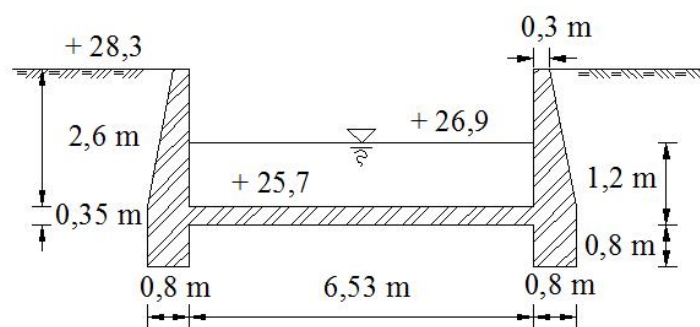
Selanjutnya data dibandingkan dengan kondisi di lapangan. Berikut ini adalah perbandingan antara debit saluran yang eksisting (Q_s) di lapangan dengan debit rencana berdasarkan curah hujan yang terjadi di daerah sekitar Sungai Cibeber (Q_T).

Tabel 5.24 Hasil Perbandingan Q_s dengan Q_T di Eksisting

Profil	Debit (m^3/s)		Keterangan
	Eksisting	Rencana	
1	45.424	84.677	TIDAK AMAN!!!
2	17.214	84.677	TIDAK AMAN!!!
3	30.198	84.677	TIDAK AMAN!!!
4	13.017	84.677	TIDAK AMAN!!!
5	38.638	84.677	TIDAK AMAN!!!
6	16.496	84.677	TIDAK AMAN!!!
7	18.339	84.677	TIDAK AMAN!!!
8	35.396	84.677	TIDAK AMAN!!!

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Contoh perhitungan profil 1 (HM 1+00)



Gambar 5.18 Kondisi Eksisting di Lapangan

(Sumber: Observasi Lapangan, 2024)

Luas saluran (A)

$$A = B \times H = 6,53 \times 1,2 = 7,836 \text{ m}^2$$

Keliling basah saluran (P)

$$P = B + 2H = 6,53 + (2 \times 1,2) = 8,93 \text{ m}$$

Jari – jari hidraulis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{7,836}{8,93} = 0,8775 \text{ m}$$

Kecepatan aliran (V)

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,025} \times 0,8775^{2/3} \times 0,025^{1/2} \\ &= 5,79 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Debit aliran (Qs)

$$Q_s = A \times V = 7,836 \times 3,713 = 45,42 \text{ m}^3/\text{s}$$

Berdasarkan Tabel 5.24 dapat disimpulkan bahwa dimensi Sungai Cibeber saat ini tidak mampu menampung debit banjir rencana periode ulang 25 Tahun. Detail kondisi Eksisting dapat dilihat pada **Lampiran 6**.

BAB VI KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Dari uraian pada pembahasan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Debit banjir rencana periode ulang 10, 25, dan 50 tahun Sungai Cibeber dengan metode Rasional masing-masing sebesar 73,4148 m³/s, 81,3531 m³/s, dan 86,9532 m³/s. Debit banjir kala ulang 10, 25, dan 50 tahun dengan metode Weduwen masing-masing sebesar 184,9544 m³/s, 229,8331 m³/s, 258,3922 m³/s. Debit banjir kala ulang 25 tahun dengan metode HSS Nakayasu memiliki debit puncak sebesar 84,68 m³/s. Adapun debit banjir periode ulang 25 Tahun yang digunakan adalah hasil perhitungan dengan metode HSS Nakayasu karena memiliki nilai yang mendekati nilai rata-rata dari ketiga metode yang dipakai.
- b. Simulasi *Unsteady Flow* menggunakan Aplikasi HEC-RAS dengan periode ulang 25 tahun menunjukkan bahwa Sungai Cibeber tidak mampu untuk menampung debit rencana tersebut. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 5.12 Peta Genangan pada Sungai Cibeber dengan Pemodelan *Floodmap* Periode Ulang 25 Tahun.
- c. Titik genangan banjir akibat debit rencana periode ulang 25 Tahun dan periode ulang 2 Tahun terdapat di kelurahan Cibeber, Karangasem, Kalitimbang, Kedaleman, Ketileng, Sukmajaya, dan Panggungrawi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.12, Gambar 5.13, Tabel 5.22, dan Tabel 5.23.

6.2 Saran

Agar penelitian selanjutnya mendapatkan hasil yang lebih baik, maka penulis menyarankan hal-hal sebagai berikut:

- a. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan memperhitungkan analisa solusi banjir yang terjadi di dalam Sungai Cibeber ini seperti pembuatan kolam retensi, kolam polder, normalisasi sungai, dll.
- b. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan data yang memiliki format *Digital Terrain Model (DTM)*.
- c. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa Sungai Cibeber terjadi genangan banjir yang cukup luas walaupun dengan debit periode ulang 2 Tahun. Terdapat beberapa titik banjir dengan resiko bahaya tinggi (tinggi genangan >1,5m) dengan

debit banjir rencana periode ulang 25 tahun. Hal ini dapat menjadi prioritas Pemerintah Daerah Kota Cilegon dalam mitigasi banjir.