

PENGGUNAAN HEC-RAS DAN HIDROGRAF SATUAN SINTETIK UNTUK ANALISIS DEBIT BANJIR

Studi Kasus Sungai Cimanuk Hulu Garut, Jawa Barat

*(THE APPLICATION OF HEC-RAS AND SYNTHETIC HYDROGRAPH UNITS FOR FLOOD DISCHARGE ANALYSIS
Case Study: Cimanuk upstream District Garut, West Java)*

Fadly Ahmad Ernas¹, Dwi Ariyani¹, Fadli Kurnia¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

E-mail: dwi.ariyani@univpancasila.ac.id

Diterima 3 April 2023, Disetujui 12 Mei 2023

ABSTRAK

Sungai Cimanuk yang berada Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu sumber daya air yang sangat bermanfaat untuk masyarakat di sekitar Sungai Cimanuk, terkhususnya yang berada pada daerah DAS cimanuk Hulu yaitu Kota Garut. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui tinggi muka air dengan menggunakan program HEC-RAS dan hidrograf satuan sintetik di Sungai Cimanuk Hulu. Dimana debit banjir rencana merupakan salah satu faktor utama dalam perencanaan bangunan air dan merupakan salah satu indikator kesehatan Daerah Aliran Sungai (DAS). Dengan perhitungan debit banjir rencana dapat membantu pembangunan sarana dan prasarana menjadi efektif dan mengurangi risiko kegagalan konstruksi akibat banjir rencana. Lokasi dalam penelitian ini yaitu sungai cimanuk hulu, Garut, Jawa Barat yang memiliki Panjang sungai yang ditinjau 182,535 km² dengan Catment area 1186,250 km² dengan metode empiris dengan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, Gama 1 dan Snyder dengan mengambil data hujan dengan 10 tahun yang dari Pos curah hujan Bayongbong, Leuwingtiis dan Cikajang dari tahun 2009 sampai 2010 tahun yang bersumber dari Balai Besar Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung dan didukung dari sistem Informasi Geografis 10.3. hasil dari curah hujan terbesar penelitian ini dengan debit banjir rencana Snyder dengan kala ulang 2 tahun 232.981 m³/detik, 5 tahun 265.454 m³/detik, 10 tahun 286.951 m³/detik, 25 tahun 314.122, 50 tahun 334.275 m³/detik, 100 tahun dan 354.280 m³/detik. Dan tinggi muka air paling terbesar dengan kala ulang 2 tahun 26 m, 5 tahun 26.4 m, 10 tahun 26.33 m, 25 Tahun, 50 tahun 26.61 m, dan 100 tahun 26.75 m.

Kata Kunci: Daerah Aliran Sungai, Debit Banjir, HEC-RAS, Penampang sungai

ABSTRACT

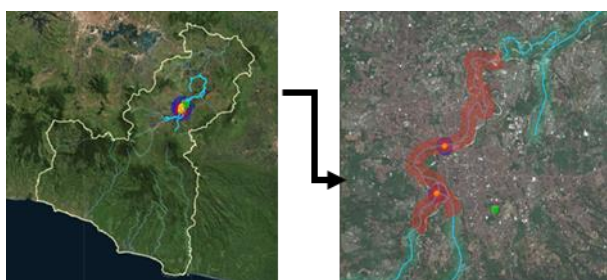
Cimanuk River located in the province of West Java is one of the water resources that is very beneficial to the people around the Cimanuk river, especially those who are in the area of the district of Cimanuk WATERSHED namely Garut City. This study is aimed at knowing the high water face by using HEC-RAS program and synthetic unit Hydrograph in the Cimanuk Hulu River. Where the discharge of flood plan is one of the main factors in water building planning and is one of the health indicators of river basin (DAS). With the calculation of flood discharge plan can help the development of facilities and infrastructure to be effective and reduce the risk of failure of construction due to flood plan. The location in this study is the Sungai Cimanuk Hulu, Garut, West Java which has a length of river that was reviewed 182.535 km² with Catment area 1186.250 km² with empirical method with the hydrograph of synthetic units Nakayasu, Gama 1 and Snyder by taking Rainfall data with 10 years of rainfall post Bayongbong, Leuwingtiis and Cikajang from the year 2009 to 2010 years sourced from the Cimanuk-Cisanggarung River Region Grand Hall and supported from the geographic Information System 10.3. Results from the largest rainfall of this research with a flood discharge Snyder plan with a birthday of 2 years 232,981 m³/second, 5 years 265,454 m³/second, 10 years 286,951 m³/second, 25 year 314,122, 50 years 334,275 m³/second, 100 years and 354,280 m³/sec. And the highest water advance with a birthday of 2 years 26 m, 5 years 26.4 m, 10 years 26.33 m, 25 year, 50 year 26.61 m, and 100 years 26.75 m.

Keywords: Catchment Area, flood discharge, HEC-RAS, River Cross

PENDAHULUAN

Sungai Cimanuk adalah sungai yang berada di bagian timur Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Cimanuk berhulu di Pegunungan Mandalagiri di kabupaten Garut pada ketinggian sekitar 1700 meter di atas permukaan laut (mdpl), mengalir ke arah timur laut sepanjang 180 km dan bermuara di lau Jawa di kabupaten Indramayu.

Sungai Cimanuk mempunyai dua muara, yaitu: Cimanuk Lawas ("Cimanuk lama") dan Cimanuk Anyar ("Cimanuk baru"). Banyak terjadi masalah banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) sungai Cimanuk hulu dan salah satu kejadian banjir bandang akibat luapan sungai Cimanuk di kabupaten Garut yang terjadi pada tanggal 21 September 2016 yang menimpa sedikitnya 7 kecamatan dan menyebabkan banyak kerusakan rumah maupun korban jiwa.



Gambar 1. Peta area terdampak banjir di Garut
 Sumber: <http://www.geospasial.or.id>

Sehingga masalah banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) sungai Cimanuk hulu khususnya wilayah kota Garut, Jawa Barat sangat penting untuk diperhatikan untuk meminimalisir banjir yang terjadi kejadian dalam area Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk hulu tersebut maka perlu di analisis debit banjir rencana yang akan digunakan untuk mengetahui tinggi muka air dengan menggunakan program HEC-RAS di sungai Cimanuk Hulu Garut Jawa barat[2].

Secara umum penelitian ini bermaksud menganalisis debit banjir rencana pada sungai Cimanuk Hulu, Garut, Jawa Barat dengan menggunakan rumus empiris yakni Hidrograf Satuan Sintetik (HSS)[5], yaitu dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama 1, Snyder dan Nakayasu dan tujuan yang ingin dicapai yaitu Untuk mengetahui besarnya debit banjir rancangan dengan rumus empiris metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama 1, Snyder dan Nakayasu, untuk mengetahui debit banjir rancangan yang terbesar dari perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS), yaitu metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama 1, Snyder dan Nakayasu dan untuk mengetahui tinggi muka air di sungai Cimanuk hulu, Garut, Jawa Barat, dengan menggunakan HEC-RAS.

Perhitungan Curah Hujan Wilayah - Metode Polygon Thiessen

Penggunaan cara ini dilakukan apabila pos pengamatan di daerah tersebut tidak tersebar merata dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik

pengamatan. Perhitungan curah hujan daerah dengan metode ini menggunakan formulasi[4]:

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(1)$$

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A} \dots\dots\dots(2)$$

$$R = W_1R_1 + W_2R_2 + \dots + W_nR_n \dots\dots\dots(3)$$

- Dengan:
- R = curah hujan daerah
 - R1, R2, ..., Rn = curah hujan di tiap titik pengamatan dan n adalah jumlah titik pengamatan
 - A1, A2, ..., An = bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan
 - W1, W2, ..., Wn = $\frac{A_1}{A}, \frac{A_2}{A}, \dots, \frac{A_n}{A} \dots\dots\dots(4)$

Perhitungan Curah Hujan Rencana

Dalam perhitungan curah hujan rencana, dikenal tiga metode yang digunakan. Metode tersebut antara lain Metode Gumbel, Normal, Metode Log Normal, dan Metode Log Pearson Type III.

Gumbel

$$X_t = X_r + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} S_x \dots\dots\dots(5)$$

- Dengan:
- Xt = curah hujan kala ulang T tahun (mm)
 - Xr = curah hujan maksimum rata-rata (mm)
 - Yt = reduced varieted
 - Yn = reduced mean
 - Sn = reduced standart deviation
 - Sx = standar deviasi

Normal

$$P(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \dots\dots\dots(6)$$

- Dengan:
- P(x) = Fungsi densitas peluang normal (ordinat kurva normal)
 - X = Variabel acak kontinyu
 - μ = Rata-rata dari nilai X
 - σ = Standar deviasi dari nilai X

Log Normal

$$X_t = X_r + K.S_x \dots\dots\dots(7)$$

- Dengan:
- Xt = besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun
 - Xr = curah hujan rata-rata
 - K = standar variabel untuk periode ulang
 - Sx = standar deviasi

Log Pearson Type III

$$X_t = X_r + K.S_x \dots\dots\dots(8)$$

Dengan:

- Xt = besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun
- Xr = curah hujan rata-rata
- K = standar variabel untuk periode ulang
- Sx = standar deviasi

Perhitungan Kesesuaian distribusi

Pada pembahasan ini, metode perhitungan kesesuaian distribusi yang digunakan adalah Metode Chi Kuadrat dan Metode Smirnov Kolmogorov. Berikut ini penjelasannya.

Metode Chi Kuadrat

$$\chi^2 Cr = \sum_{i=1}^n \frac{(Ef - Of)^2}{Ef} \dots\dots\dots(9)$$

Dengan:

- x2Cr = Parameter Chi Kuadrat terhitung
- Of = Frekuensi hasil observasi
- Ef = Frekuensi yang diharapkan
- n = Jumlah kelas

Metode Smirnov Kolomogrof

$$P = \frac{m}{n + 1} \times 100\% \dots\dots\dots(10)$$

Dengan:

- P = peluang (%)
- m = nomor urut data
- n = jumlah data

Perhitungan Debit Banjir Dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik

Metode hidrograf satuan sintetik yang banyak dikenal antara lain HSS Nakayasu, HSS Synder, HSS SCS, dan HSS Gama I[8], [9], [10]. Berikut ini penjelasannya.

Metode Nakayasu

$$Qp = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A \cdot Re}{0,3Tp + T_{0,3}} \right) \dots\dots\dots(11)$$

Dengan:

- Qp = debit puncak banjir
- A = luas DAS (km2)
- Re = curah hujan efektif
- Tp = waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf banjir (jam)
- T0,3 = waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak banjir (jam)
- tg = waktu konsentrasi (jam)
- Tr = satuan waktu dari curah hujan (jam)
- A = koefisien karakteristik DAS
- L = panjang sungai utama (km)

Metode Gama I[1]

$$Q_i = Q_p \cdot e^{-i/K} \dots\dots\dots(12)$$

Dengan:

- Qt = debit yang diukur pada jam ke t sesudah debit puncak (m3/detik)
- Qp = debit puncak (m3/detik)
- t = waktu yang diukur dari saat terjadinya debit puncak (jam)
- K = koefisien tampungan (jam)

Metode Snyder

Parameter yang dikembangkan dalam metode Hidrograf Satuan Sintetis Snyder terdiri dari empat parameter yaitu waktu kelambatan, aliran puncak, waktu dasar, dan durasi standar dari hujan efektif untuk hidrograf satuan dikaitkan dengan geometri fisik dari DAS dengan hubungan berikut.

$$Tp = Ct (L Lc)0,3 \dots\dots\dots(13)$$

$$Qp = CP A / tp \dots\dots\dots(14)$$

$$T = 3 + (tp / 8) \dots\dots\dots(15)$$

$$TD = tp / 5,5 \dots\dots\dots(16)$$

Dengan:

- tD = Durasi standar dari hujan efektif (jam)
- tr = Durasi hujan efektif (jam)
- tp = Waktu dari titik berat durasi hujan efektif TD ke puncak hidrograf satuan (jam)
- tpR = Waktu dari titik berat durasi hujan tr ke puncak hidrograf satuan (jam)
- T = Waktu dasar hidrograf satuan (hari)
- Qp = debit puncak untuk durasi tD
- QpR = Debit puncak untuk durasi tr
- L = Panjang sungai utama terhadap titik kontrol yang ditinjau (km)
- Lc = Jarak antara titik kontrol ke titik yang terdekat dengan titik berat DAS (km)
- A = luas DAS (km2)
- Ct = koefisien yang tergantung kemiringan DAS, yang bervariasi dari 1,4 sampai 1,7
- Cp = koefisien yang tergantung pada karakteristik DAS, yang bervariasi antara 0,15 sampai 0,19

Dengan menggunakan rumus-rumus tersebut di atas dapat digambarkan hidrograf satuan. Untuk memudahkan penggambaran, berikut ini diberikan beberapa rumus:

$$W_{50} = \frac{0,23 A^{1,08}}{QpR^{1,08}} \dots\dots\dots(17)$$

$$W_{75} = \frac{0,13 A^{1,08}}{QpR^{1,08}} \dots\dots\dots(18)$$

Dengan W50 danW75 adalah lebar unit hidrograf pada debit 50% dan 75% dari debit puncak, yang dinyatakan dalam jam.

Analisis Hidrolika Dengan Menggunakan HEC-RAS

Untuk mengetahui fenomena perilaku hidraulika aliran di dalam saluran/kali, long storage, objek studi, diperlukan suatu simulasi/analisa numerik yang mampu menggambarkan kondisi saluran eksisting maupun rencana. HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's-River*

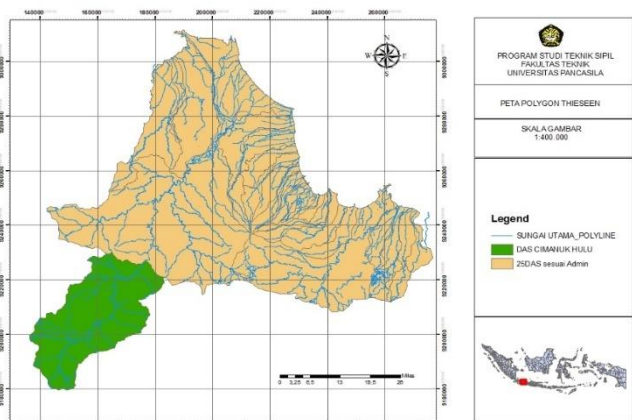
Analysis System) dirancang untuk membuat simulasi aliran satu dimensi[6], [7], [8].

Persamaan Permanen (Steady Flow)

Hitungan hidrolika aliran pada dasarnya adalah mencari kedalaman dan kecepatan aliran di sepanjang alur yang ditimbulkan oleh debit yang masuk ke dalam alur dan kedalaman aliran di batas hilir. Hitungan hidrolika aliran di dalam HEC-RAS dilakukan dengan membagi aliran ke dalam dua kategori, yaitu aliran permanen dan aliran tak permanen. HEC-RAS menggunakan metode hitungan yang berbeda untuk masing-masing kategori aliran tersebut [11], [12].

METODE

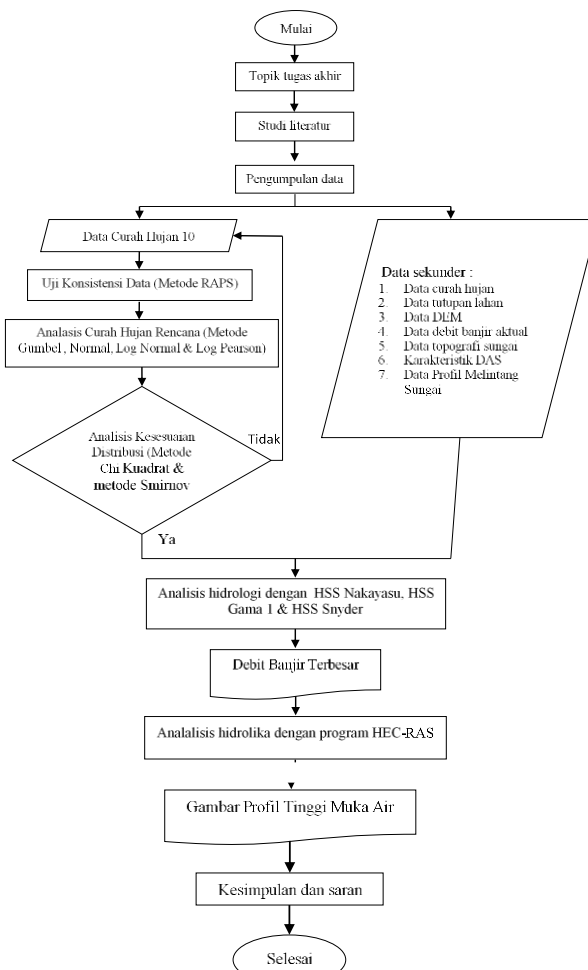
Penelitian ini dilakukan di Sungai Cimanuk yang memiliki panjang sungai utama yaitu 337,67 Km. Dengan Luas DAS Cimanuk 3.584 Km². Cimanuk berhulu di Pegunungan Mandalagiri di Kabupaten Garut pada ketinggian sekitar 1700 meter di atas permukaan laut (mdpl), mengalir ke arah timur laut sepanjang 180 km dan bermuara di Laut Jawa di Kabupaten Indramayu.



Gambar 2. Peta DAS Cimanuk Hulu

Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder sebagai berikut:

1. Peta batas wilayah sungai Cimanuk – Cisanggarung dalam format shapefile (shp).
2. Peta tata guna lahan LHK 2011 dalam format shapefile (shp).
3. Peta Pos Curah Hujan (shp).
4. Data DEM yang meliputi daerah aliran sungai (DAS) Cimanuk didownload di web DEMNAS Badan Informasi Geospasial.
5. Data Curah Hujan 3 tahun dari stasiun Bayongbong, Leuwingtiis dan Cikajang dari tahun 2008 s/d 2018.
6. Diagram Alir



Gambar 3. Diagram alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Uji Konsistensi Data (Metode RAPS) Leuwingtiis

- $Q/n_{0.5} = 0.625$ dengan probabilitas 95% < $Q/n_{0.5} = 1.14$ OK
- $Q/n_{0.5} = 0.625$ dengan probabilitas 95% < $Q/n_{0.5} = 1.28$ OK

Bayongbong

- $Q/n_{0.5} = 0.355$ dengan probabilitas 95% < $Q/n_{0.5} = 1.14$ OK
- $Q/n_{0.5} = 0.765$ dengan probabilitas 95% < $Q/n_{0.5} = 1.28$ OK

Cikajang

- $Q/n_{0.5} = 0.313$ dengan probabilitas 95% < $Q/n_{0.5} = 1.14$ OK
- $Q/n_{0.5} = 1.053$ dengan probabilitas 95% < $Q/n_{0.5} = 1.28$ OK

Hasil Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Tabel 1. Hasil perhitungan Polygon Thiessen

TAHUN	CH MAX dari Sta. leuwingtiis dalam mm (Xi)	CH Max dari Sta. bayongbong dalam mm (X ₂)	CH Max dari Sta. Cikajang dalam mm (X ₃)	Curah Hujan Wilayah (mm)
	A ₁ = 804.298 km ²	A ₂ = 182.616 km ²	A ₃ = 118.558 km ²	
2009	90	106	80	90.788
2010	87	51	88	81.618
2011	66	84	76	70.453
2012	92	106	92	94.158
2013	83	75	113	86.801
2014	78	68	80	76.794
2015	70	98	97	78.848
2016	96	110	99	98.662
2017	68	82	95	74.689
2018	72	76	79	73.791

Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

Tabel 2. Hasil Perhitungan Curah hujan rencana Gumbel Normal

Tr	Rancangan
2	81.372
5	92.714
10	100.223
25	109.712
50	116.751
100	123.738

Tahun	Xt
2	82.6603
5	90.6426
10	94.8238
25	98.9099
50	102.141
100	104.802

Log Normal

Periode ulang T (tahun)	Antilog Xt (mm)
2	80.155
5	88.362
10	94.796
25	104.265
50	112.237
100	121.505

Log Pearson Type III

Periode ulang T (tahun)	Antilog Xt (mm)
2	81.520
5	90.118
10	95.432
25	101.801
50	110.007
100	110.796

Hasil Analisa Kesuaian Distribusi

Metode Chi Kuadrat

Tabel 3. Hasil Hasil perhitungan Distribusi Chi Kuadrat

Distribusi Probabilitas	X ² terhitung	X ² Cr	Keterangan
Gumbel	1.0	5.9910	Diterima
Normal	2.0	5.9910	Diterima
Log Normal	2.0	5.9910	Diterima
Log Pearson Type III	4.0	5.9910	Diterima

Dari hasil diatas perhitungan curah hujan rencana yang dipakai adalah metode Gumbel.

Metode Smirnov Kolomogorof

Hasil Perhitungan Distribusi Smirnov Kolomogorof

Gumbel & Normal

Tabel 4. Hasil perhitungan Chi Kuadrat Gumbel & Normal

Xi	m	P(x)	P(x<)	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
91.5989	1	0.0909	0.9091	0.9587	0.1111	0.8889	0.0202
81.0553	2	0.1818	0.8182	-0.1130	0.2222	0.7778	0.0404
70.1187	3	0.2727	0.7273	-1.2247	0.3333	0.6667	0.0606
94.3543	4	0.3636	0.6364	1.2388	0.4444	0.5556	0.0808
84.93	5	0.4545	0.5455	0.2808	0.5556	0.4444	0.1010
76.5367	6	0.5455	0.4545	-0.5723	0.6667	0.3333	0.1212
77.6563	7	0.6364	0.3636	-0.4585	0.7778	0.2222	0.1414
98.6818	8	0.7273	0.2727	1.6786	0.8889	0.1111	0.1616
73.302	9	0.8182	0.1818	-0.9011	1	0	0.1818
73.4369	10	0.9091	0.0909	-0.8874	1.1111	-0.1111	0.2020

Do kritis 0,202 < 0,41 maka memenuhi Syarat

Log Normal & Log Pearson Type III

Tabel 5. Hasil perhitungan Chi Kuadrat Log Normal & Log Pearson Type III

Log Xi	m	P(x)	P(x<)	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
1.9580	1	0.0909	0.9091	-8.1528	0.1111	0.8889	0.0202
1.9118	2	0.1818	0.8182	-8.1575	0.2222	0.7778	0.0404
1.8479	3	0.2727	0.7273	-8.1640	0.3333	0.6667	0.0606
1.9739	4	0.3636	0.6364	-8.1512	0.4444	0.5556	0.0808
1.9385	5	0.4545	0.5455	-8.1548	0.5556	0.4444	0.1010
1.8853	6	0.5455	0.4545	-8.1602	0.6667	0.3333	0.1212
1.8968	7	0.6364	0.3636	-8.1591	0.7778	0.2222	0.1414
1.9941	8	0.7273	0.2727	-8.1492	0.8889	0.1111	0.1616
1.8733	9	0.8182	0.1818	-8.1614	1	0	0.1818
1.8680	10	0.9091	0.0909	-8.1620	1.1111	-0.1111	0.2020

Do kritis 0,202 < 0,41 maka memenuhi Syarat

Maka dari hasil perhitungan uji konsistensi data curah hujan rencana yang dipakai adalah hasil dari perhitungan curah hujan rencana dengan metode Gumbel.

Analisis Debit Banjir Rencana

HSS Nakayasu

Untuk melakukan analisa debit banjir rencana dengan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, perlu diketahui beberapa parameter sebagai berikut.

$$tg = 0.4 + 0.058 L = 0.4 + 0.058 \times 182.535 = 10.987 \text{ jam}$$

$$Tr = 0.75 \times 10.987 = 8.240 \text{ jam}$$

$$Tp = tg + 0.8 Tr = 10.987 + (0.8 \times 8.240) = 17.579 \text{ jam}$$

$$T0,3 = \alpha tg = 1,775 \times 10.987 = 21.974 \text{ jam}$$

$$Qp = \frac{1}{3.6} \left(\frac{A.Re}{0.3Tp + T0,3} \right) = \frac{1}{3.6} \times \left(\frac{90 \times 1}{(0.3 \times 17.579) + 21.974} \right) = 12.093 \text{ m}^3/\text{det}$$

Setelah menentukan parameternya, dilakukan perhitungan unit hydrograph dengan persamaan-persamaan sebagai berikut.

Pada kurva naik (0 < t < Tp = 17.579)

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

Pada kurva turun ($T_p = 17.579 < t < (T_p + T_{0,3}) = 39.553$)

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

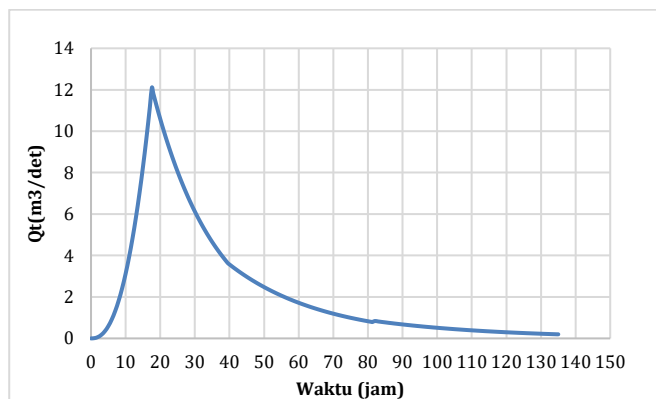
Pada kurva turun ($(T_p + T_{0,3}) = 39.553 < t < (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}) = 81.304$)

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

Pada kurva turun ($t > (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}) = 81.304$)

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

Adapun grafik dari perhitungan Unit Hydrograph dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Grafik Hubungan antara waktu dan Qt dalam HSS Nakayasu

HSS Gama I

Setelah diketahui data yang dibutuhkan dalam perhitungan parameter Hidrograf Satuan Sintetik Gama I, maka dapat dilakukan perhitungan terhadap parameter Hidrograf Satuan Sintetik Gama I. Berikut ini penjelasannya.

Waktu puncak

$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100SF} \right)^3 + 1,0665SIM + 1,2775$$

$$TR = 0,43 \left(\frac{182,535}{100 \times 0,482} \right)^3 + 1,0665 \times 0,898 + 1,2775 = 2,235 \text{ jam}$$

Debit Puncak

$$Q_p = 0,1836A^{0,5886} JN^{0,2381} TR^{-0,4008}$$

$$Q_p = 0,1836 \times 1186,250^{0,5886} \times 49^{0,2381} \times 2,235^{-0,4008}$$

Waktu Dasar

$$TB = 27,4132 \times TR^{0,1457} S^{-0,0986} SN^{0,7344} RUA^{0,2574}$$

$$TB = 27,4132 \times 2,235^{0,1457} \times 0,010^{-0,0986} \times 0,652^{0,7344}$$

$$= 0,299^{0,2574} = 23,030 \text{ jam}$$

Aliran Dasar

$$Q_b = 0,4751 \times A^{0,6444} \times D^{0,9430}$$

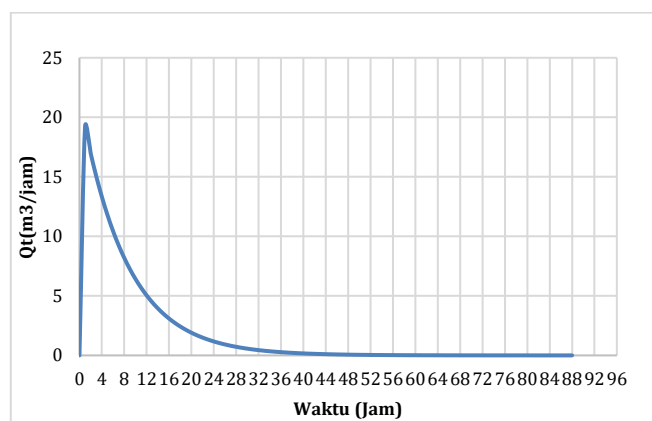
$$Q_b = 0,4751 \times 1186,250^{0,6444} \times 0,319^{0,9430} = 15,481 \text{ m}^3/\text{det}$$

Faktor Tampung

$$K = 0,5617A^{0,1798} S^{-0,1446} SF^{-1,0897} D^{0,0452}$$

$$= 0,5617 \times 1186,250^{0,1798} \times 0,010^{-0,1446} \times 0,482^{-1,0897} \times 0,319^{0,0452} = 8,203$$

Adapun grafik dari perhitungan Unit Hydrograph pada HSS Gama I dibawah ini.



Gambar 5. Grafik Hubungan antara waktu dan Qt dalam HSS gama I

HSS Snyder

Untuk melakukan analisa debit banjir rencana dengan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder, perlu diketahui beberapa data variabel yang dibutuhkan dalam perhitungan parameter HSS Snyder, yang ditampilkan di bawah ini.

Menghitung waktu dari titik berat hujan ke debit puncak
 $T_p = Ct(L \times L_c)0,3 = 16.0625 \text{ jam}$

Lamanya hujam efektif
 $tr' = t_p/5,5 = 1.921 \text{ jam}$

$tr' > tR$harus dikoreksi

$$tp' = t_l + 0,25(tr - Tr) = 15.065 \text{ jam}$$

$$T_p = T_p' + tr/2 = 15.065 \text{ jam}$$

Debit puncak hidrograf satuan

$$q_p = 0,275(C_p/T_p) = 0,035 \text{ m}^3/\text{det}$$

Debit Puncak Hidrograf

$$Q_p = q_p.A/1000 = 19.088 \text{ m}^3/\text{det}$$

Grafik Hidrograf

Fungsi waktu

$$X = t/Tp = 1 \text{ jam}/15.065 \text{ jam} = 0.066 \text{ jam}$$

$$\lambda = (Qp.Tp)/(1000.h.A) = 0.000242$$

$$A = 1.32 \lambda^2 + 0.15 \lambda + 0.045 = 0.045$$

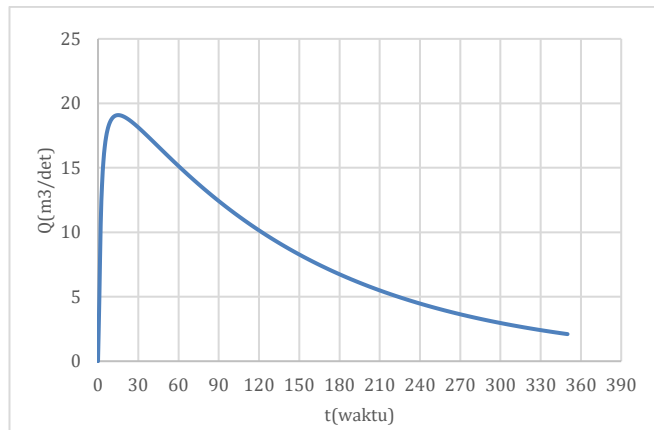
Fungsi debit

$$Y = 10 - a((I-X)^2/X) = 0.265$$

Debit hidrograf satuan

$$Q = Y.Qp = 0.265 \times 19.088 \text{ m}^3/\text{det} = 4.891 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Adapun grafik dari hasil perhitungan unit Hydrograph HSS Snyder berikut di bawah ini.



Gambar 6. Grafik Hubungan antara waktu dan Qt dalam HSS Snyder

Dari hasil perhitungan debit banjir rencana dari metode Hidrograf Satuan Sintetis yaitu HSS Nakayasu, HSS Gama 1 dan HSS Snyder, Adapun hasil rekapitulasi dari debit banjir rencana HSS Nakayasu, HSS Gama 1 dan HSS Snyder dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit Banjir dengan HSS Nakaysu, Gama I dan Snyder

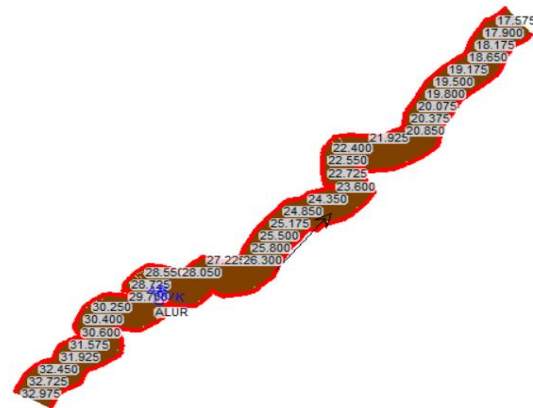
Kala ulang (Tahun)	Debit Banjir Rencana (m ³ /detik)		
	HSS Nakayasu	HSS Gama 1	HSS Snyder
2	147.608	165.276	232.981
5	168.182	188.313	265.454
10	181.802	203.563	286.951
25	211.110	222.838	314.122
50	223.878	237.134	334.275
100	236.552	251.326	354.280

Di dapatkan untuk hasil debit banjir rencana terbesar terdapat pada hasil perhitungan menggunakan HSS Snyder, maka yang digunakan untuk permodelan penampang pada HEC-RAS adalah HSS Snyder dengan kala ulang 2 tahun = 232.981 m³/det, 5 tahun = 265.454 m³/det, 10 tahun = 286.951 m³/det, 25 tahun = 314.122 m³/det, 50 tahun = 334.275 dan 100 tahun = 354.280 m³/det.

Hasil Analisa Hidrolika Sungai Menggunakan permodelan HEC-RAS

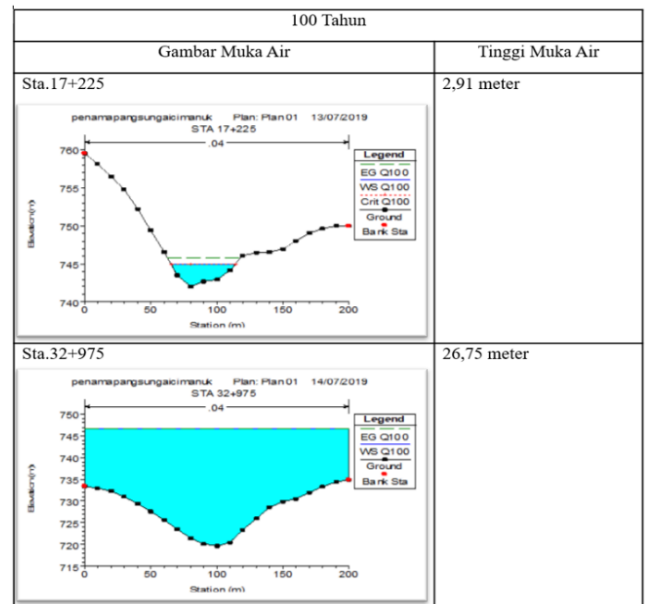
Dari data yang diambil untuk memasukan untuk permodelan HEC-RAS 4.0 yang di lakukan yaitu pada

Sta.17+225 s/d Sta 32+975 yang meliputi beberapa daerah yang di ambil pada daerah yang terdampak banjir pada Kota Garut, Jawa Barat. Adapun daerah yang terdampak banjir yang digunakan dalam Permodelan HEC-RAS sebagai berikut ini.



Gambar 7. Tampilan Input Geometric Data Output HEC-RAS

Dari hasil running tersebut pada toolbar maka didapatkan beberapa hasil simulasi pemodelan pada daerah yang mengalami banjir untuk setiap stasiun. Berikut ini salah satu hasil dari running untuk periode 100 Tahun.



Gambar 8. Profil Muka air hasil running HEC-RAS

KESIMPULAN

Setelah melakukan analisa melalui perhitungan hidrologi dan semulasi hidrolika dengan menggunakan program HEC-RAS 4.0, maka penulis dapat menyimpulkan hasil analisis dari hasil analisis tersebut sebagai berikut:

Berdasarkan hasil analisa hidrologi dengan metode Polygon Thiessen untuk menghitung curah hujan wilayah, dan dengan metode HSS Nakayasu, HSS Gama 1 dan HSS Snyder untuk menentukan besaran debit banjir rencana Sungai Cimanuk Hulu dengan HSS Nakayasu dengan hasil

Q2 = 147.608 m³/det, Q5 = 168.182 m³/det, Q10 = 181.802, Q25 = 211.110 m³/det, Q50 = 223.878 m³/det, dan Q100 = 236.552 m³/det, HSS Gama 1 dengan hasil Q2 = 162.276 m³/det, Q5 = 188.313 m³/det, Q10 = 203.563 m³/det, Q25 = 222,838 m³/det, Q50 = 237.124 m³/det, dan Q100 = 251.326 m³/det, dan HSS Snyder dengan hasil Q2 = 232.981 m³/det, Q5 = 265.454 m³/det, Q10 = 286.951 m³/det, Q25 = 314.122 m³/det, Q50 = 334.275 m³/det, dan Q100 = 354.280 m³/det.

Dari hasil perhitungan dengan rumus empiris yakni Hidrograf Satuan Sintetik (HSS), yaitu metode HSS Nakayasu, Gama 1 dan Snyder yang mempunyai debit banjir rancangan yang terbesar yaitu pada HSS Snyder dengan kala ulang Q2, Q5, Q10, Q20, Q50 dan Q100 untuk digunakan sebagai debit banjir rencana pada penggunaan program HEC-RAS 4.0 untuk hasil permodelan potongan melintang penampang sungai. Berikut hasil perhitungan debit Q_{max} dengan metode HSS Snyder yaitu: Kala ulang 2 tahun Q_{max} = 232.981 m³/det. Kala ulang 5 tahun Q_{max} = 265.454 m³/det. Kala ulang 10 tahun Q_{max} = 286.951 m³/det. Kala ulang 25 tahun Q_{max} = 314.122 m³/det. Kala ulang 50 tahun Q_{max} = 334.275 m³/det. Kala ulang 100 tahun Q_{max} = 354.280 m³/det

Dari hasil untuk tinggi muka air yang terjadi di Cimanuk Hulu, Garut, Jawa Barat dengan menggunakan HEC-RAS 4.0 diambil untuk dibandingkan profil tinggi muka air yang berada di hulu dan hilir yaitu pada Sta.17+225 dan pada Sta.32+975 dengan hasil HEC-RAS 4.0 sebagai berikut: Pada Hulu Sta. 17+225 dengan tinggi muka air dengan kala ulang yaitu: Kala ulang 2 tahun = 2.2 m. Kala ulang 5 tahun = 2.55 m. Kala ulang 10 tahun = 2.64 m. Kala ulang 25 tahun = 2.75 m. Kala ulang 50 tahun = 2.83 m. Kala ulang 100 tahun = 2.91 m. Pada hilir pada Sta. 32+975 dengan tinggi muka air dengan kala ulang yaitu: Kala ulang 2 tahun = 26 m. Kala ulang 5 tahun = 26.24 m. Kala ulang 10 tahun = 26.33 m. Kala ulang 25 tahun = 26.51 m. Kala ulang 50 tahun = 26.61 m.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andiese, Vera Wim. tanpa tahun. Pengujian Metode Hidrograf Satuan Sintetik Gama I dalam Analisis Debit Banjir Rancangan DAS Bangga (dimuat dalam Majalah Ilmiah Mektek). Palu : Universitas Tadulako
- [2] Ariyani, Dewi. Ketelitian Estimasi Banjir berdasarkan Data Curah Hujan DAS Walanae-Cenrana. Makassar : Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. 2014.
- [3] Hadisusanto, Nugroho. Aplikasi Hidrologi. Malang : Jogja Mediautama. 2010.
- [4] Hasibuan, S.H. Analisa Debit Banjir Sungai Bonai Kabupaten Rokan Hulu Menggunakan Pendekatan Hidrograf Satuan Nakayasu. Pekanbaru : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau. 2012.
- [5] Hilman. Analisa Debit Banjir Dengan Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (Studi Kasus Sungai Cihayang Hulu. Jakarta : Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pancasila. 2014.
- [6] Istiarto. Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS, Jenjang

Dasar: Simple Geometry River, UGM, Yogyakarta. 2012.

- [7] Istiarto. Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS, Jenjang Lanjut: Junction And Inline Structures, GM, Yogyakarta. 2014.
- [8] Rapar, Sharon Marthina Esther, Tiny Mananoma, E.M. Wuisan, dan Alex Binilang. Analisis Debit Banjir Sungai Tondano menggunakan Metode HSS Gama I dan HSS Limantara (dimuat dalam Jurnal Sipil Statik Vol. 2 No. 1). Manado : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. 2014.
- [9] Siby, Elza Patricia, L. Kawet, dan F. Halim. Studi Perbandingan Hidrograf Satuan Sintetik pada Daerah Aliran Sungai Ranoyapo (dimuat dalam Jurnal Sipil Statik Vol. 1 No. 4). Manado : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. 2013.
- [10] Sri Harto Br. Hidrograf Satuan Sintetik Gama I. Jakarta : Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum. 1993.
- [11] Utami, Tri. Desain Penampang Sungai Way Besai Melalui Peningkatan Kapasitas Sungai Menggunakan Software HEC-RAS. 2016.
- [12] Saadaturrohmah, Mira. Perhitungan Kapasitas Penampang Sungai Ciasem, Kabupaten Subang Dengan Menggunakan Program HEC-RAS versi 4.1.0. Jawa Barat. 2015.