

Perbandingan Hasil Analisa Debit Banjir dengan Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayashu dan Gama 1 di DAS Ciherang Hulu

1st Dwi Ariyani
Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Pancasila
Jakarta, Indonesia
dwi.ariyani@univpancasila.ac.id

2nd Hilman Riadhi
Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Pancasila
Jakarta, Indonesia
Harihilman28@gmail.com

Abstrak— Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya debit banjir yang ada di sungai Ciherang Hulu dengan metode satuan sintetik. Menggunakan dua metode hidrograf satuan sintetik, yaitu hidrograf satuan sintetik Nakayasu dan hidrograf satuan sintetik Gama I. Lokasi penelitian berada di Sungai Ciherang Hulu dengan menggunakan data curah hujan dari tiga stasiun hujan, yaitu Stasiun Hujan Wanayasa, Stasiun Hujan Ciracas, dan Stasiun Hujan Pondok salam selama 10 tahun. Setelah semua data diuji konsistensinya dengan metode RAPS, dilakukan perhitungan curah hujan wilayah dengan metode Thiessen dan perhitungan curah hujan rencana dengan metode Gumbel dan metode Log Normal. Setelah didapatkan curah hujan rencana, dilakukan uji kesesuaian distribusi dengan metode Chi Kuadrat dan metode Smirnov Kolmogorov. Dari hasil perhitungan debit banjir, hasil perhitungan debit banjir maksimum dengan metode hidrograf satuan sintetik Nakayasu adalah 93.559 m³/detik pada kala ulang 2 tahun, 119.727 m³/detik pada kala ulang 5 tahun, 137.051 m³/detik pada kala ulang 10 tahun, 146.801 m³/detik pada kala ulang 20 tahun, 159.866 m³/detik pada kala ulang 50 tahun, dan 169.942 m³/detik pada kala ulang 100 tahun. Sementara itu, hasil perhitungan debit banjir maksimum dengan metode hidrograf satuan sintetik Gama I adalah 52.588 m³/detik pada kala ulang 2 tahun, 65.491 m³/detik pada kala ulang 5 tahun, 71.902 m³/detik pada kala ulang 10 tahun, 76.231 m³/detik pada kala ulang 20 tahun, 81.067 m³/detik pada kala ulang 50 tahun, dan 86.507 m³/detik pada kala ulang 100 tahun. Setelah dibandingkan hasil perhitungan antara kedua metode maka diambil hasil debit banjir rencana dengan metode Nakayashu dalam perencanaan bangunan air, baik itu bendung, bendungan, atau bangunan air lainnya.

Kata kunci: Debit Banjir, Metode Thiessen, Metode Gumbel, Metode Log Normal, Metode Nakayasu, Metode Gama I

I. PENDAHULUAN

Kehadiran air bagi makhluk hidup, terutama manusia sangat diperlukan dalam kehidupan sehari-hari, misalnya untuk minum, memasak, mandi, mencuci, dan sebagainya. Baik dari segi kualitas maupun segi kuantitas, air yang digunakan harus memenuhi persyaratan agar dapat memenuhi kebutuhan manusia. Akan tetapi, kadangkala pengelolaan air tidak dilakukan dengan baik sehingga menimbulkan bencana. Pada musim penghujan, air yang berlebihan di suatu tempat mengakibatkan terjadinya banjir dan genangan. Pada musim kemarau, kekurangan air di suatu tempat mengakibatkan kekeringan [1].

Banjir adalah suatu keadaan sungai dimana aliran airnya tidak tertampung oleh palung sungai [2]. Terdapat tiga belas

penyebab terjadinya banjir di sebuah kawasan, baik yang dikarenakan faktor alam maupun faktor manusia. Salah satunya adalah curah hujan. Di musim penghujan, curah hujan yang tinggi mengakibatkan debit air sungai menjadi lebih besar. Karena debit air sungai yang besar tidak mampu dialirkan oleh alur sungai, maka terjadi banjir di sungai dan bila melebihi tebing sungai, akan timbul banjir atau genangan, termasuk rusaknya tanggul [3]. Banjir termasuk fenomena alam yang banyak menimbulkan kerugian bagi kehidupan manusia. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa terhadap debit banjir di suatu sungai.

Perhitungan debit banjir diperlukan dalam perencanaan bangunan air. Dalam perhitungan debit banjir, dikenal beberapa macam metode perhitungan debit banjir. Salah satunya metode hidrograf satuan sintetik. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa perbedaan besar debit banjir pada Sungai Ciherang Hulu yang dihasilkan dari perhitungan dengan metode hidrograf satuan sintetik, yaitu metode HSS Gama I dan HSS Nakayasu yang digunakan dalam perencanaan bangunan air, seperti bendung, bendungan, dan pengendalian banjir.

Hidrograf satuan sintetik (HSS) adalah hidrograf satuan yang diturunkan berdasarkan data sungai pada DAS yang sama atau DAS yang tidak sama tetapi memiliki karakteristik yang sama. Hidrograf satuan sintetik dapat digunakan jika data hujan dan data debit yang tersedia tidak mencukupi sehingga dilakukan penurunan hidrograf satuan DAS secara sintesis [4]. Selain itu hidrograf satuan sintetik juga dapat dibuat apabila pada daerah aliran sungai (DAS) yang diteliti tidak ada data pencatatan tinggi muka air otomatis (AWLR).

Terdapat tiga jenis hidrograf satuan sintetik. Pertama, hidrograf satuan sintetik yang mengkaitkan karakteristik hidrograf dengan karakteristik DAS (contohnya HSS Snyder dan HSS Gray). Kedua, hidrograf satuan sintetik berdasarkan hidrograf satuan tak berdimensi (contohnya HSS SCS). Ketiga, hidrograf satuan sintetik berdasarkan model simpanan DAS (contohnya HSS Clark) [5].

Ada banyak cara dalam menghitung hidrograf satuan sintetik. Model prediksi banjir hidrologi dapat dikategorikan ke dalam model fisik dan model matematika. Model matematis menggambarkan perilaku sistem dalam hal persamaan matematis yang mewakili hubungan antara status sistem, input dan keluaran [6], [7], [8]. Pengalihfungsian lahan juga mempengaruhi jumlah debit banjir dan ketersediaan air di suatu daerah aliran sungai [9], [10], [11].

II. DATA YANG DIGUNAKAN

A. Lokasi Penelitian

Ciherang Hulu. Peta lokasi dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3



Gambar 1. Lokasi Sungai Ciherang



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian berasal dari tiga stasiun hujan, yaitu Stasiun Hujan Pondoksalam, Stasiun Hujan Wanayasa, dan Stasiun Hujan Ciracas. Peta lokasi stasiun hujan yang dipilih dalam penelitian dapat dilihat dalam gambar berikut ini.



Gambar 3. Peta lokasi stasiun hujan yang dipilih

B. Data yang Digunakan dalam penelitian

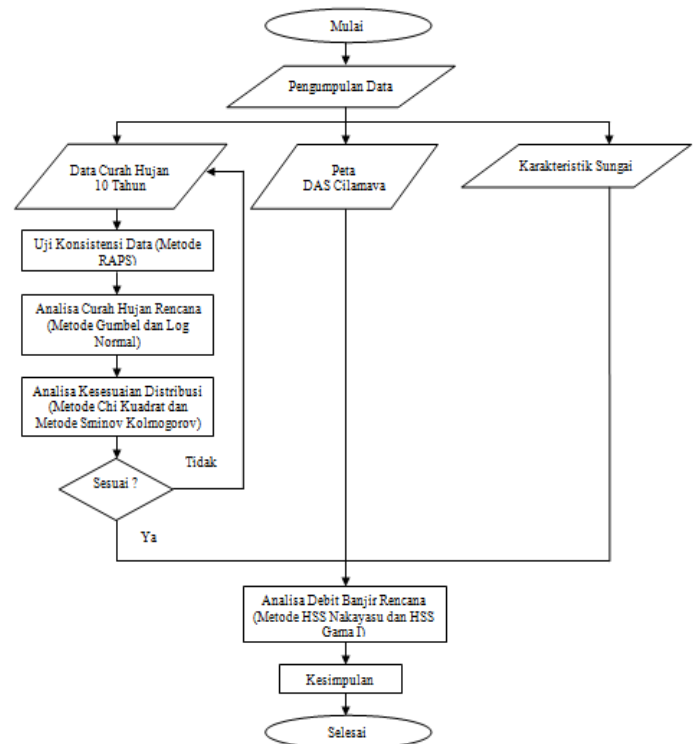
Data curah hujan yang tersedia kemudian diolah menjadi data curah hujan maksimum tahunan. Data tersebut ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Data Curah Hujan Maksimum Tahunan

Tahun	Curah Hujan Maksimum Tahunan Sta. Pondoksalam (mm)	Curah Hujan Maksimum Tahunan Sta. Wanayasa (mm)	Curah Hujan Maksimum Tahunan Sta. Ciracas (mm)
2007	207	121	220
2008	130	160	138
2009	103	158	165
2010	159	165	236
2011	227	138	156
2012	134	102	118
2013	137	124	179
2014	175	170	187
2015	82	129	117
2016	125	154	133

C. Diagram Alur Penelitian

Adapun diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



III. METODOLOGI

A. Uji Konsistensi Data

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah melakukan pengujian konsistensi data dengan menggunakan metode RAPS. Dalam pengujian ini, sebuah data dianggap memenuhi persyaratan konsistensi data apabila hasil perhitungan $Q/n^{0.5}$ lebih kecil dari nilai $Q/n^{0.5}$ persyaratan pada tabel serta hasil perhitungan $R/n^{0.5}$ lebih kecil dari nilai $R/n^{0.5}$ persyaratan pada tabel.

B. Curah Hujan Wilayah dan Curah Hujan Rencana

Langkah kedua dalam penelitian ini adalah melakukan perhitungan curah hujan wilayah dengan metode Thiessen dan perhitungan curah hujan rencana dengan metode Gumbel dan metode Log Normal.

Persamaan metode Thiessen dapat dilihat di bawah ini.

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A} \dots\dots\dots(1)$$

- Dengan,
- R = Curah hujan wilayah (mm)
- A1, A2, An = Luas daerah pengaruh stasiun hujan (km2)
- R1, R2, Rn = Curah hujan maksimum tahunan stasiun hujan (mm)
- A = Luas total daerah pengaliran air (km2)

Persamaan metode Gumbel dapat dilihat di bawah ini.

$$X_t = X_r + \frac{Y_T - Y_n}{S_n} S_x \dots\dots\dots(2)$$

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

Persamaan metode Log Normal dapat dilihat di bawah ini.

$$R_t = X_r + K.S_x \dots\dots\dots(3)$$

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

C. Debit Banjir

perhitungan debit banjir rencana dengan metode HSS Gama I dan HSS Nakayasu.

Adapun persamaan yang terdapat dalam perhitungan HSS Nakayasu antara lain sebagai berikut.

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A.Re}{0,3T_p + T_{0,3}} \right) \dots\dots\dots(4)$$

- Tp = tg + 0,8 Tr.....(5)
- tg = 0,4 + 0,058 L (untuk L > 15 km).....(6)
- tg = 0,21 + L0,27.....(7)
- T0,3 = α tg.....(8)
- Tr = 0,5 tg sampai tg.....(9)

- 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)
- α = koefisien karakteristik DAS
- L = panjang sungai utama (km)

Adapun persamaan yang terdapat dalam perhitungan HSS Gama I antara lain sebagai berikut.

$$Q_t = Q_p e^{-t/K} \dots\dots\dots(10)$$

- 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)

$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100SF} \right)^3 + 1,0665xSIM + 1,2775 \dots\dots\dots(11)$$

- Dengan,
- TR = waktu naik (jam)
- L = panjang sungai (km)
- S = faktor sumber
- SIM = faktor simetri

$$Q_p = 0,1836A^{0,5886} J_N^{0,2381} T_R^{-0,4008} \dots\dots\dots(12)$$

- Dengan,
- Qp = debit puncak (m3/detik)
- JN = jumlah pertemuan sungai (2.9)
- TR = waktu naik (jam)

$$TB = 27,4132xTR^{0,1457} S^{-0,0986} S_N^{0,7344} RUA^{0,2574} \dots\dots\dots(13)$$

- Dengan,
- TB = waktu dasar (jam)
- TR = waktu naik (jam)
- S = landai sungai rata-rata
- SN = frekuensi sumber
- RUA = luas DAS sebelah hulu

$$K = 0,5617A^{0,1798} S^{-0,1446} S_F^{-1,0897} D^{0,0452} \dots\dots\dots(14)$$

- Di mana,
- K = koefisien tampungan (jam)
- A = luas DAS (km2)
- S = landai sungai rata-rata
- SF = faktor sumber
- D = kerapatan jaringan kuras (km/km2)

IV. HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perhitungan Konsistensi Data

Hasil pengujian konsistensi data dengan metode RAPS dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian konsistensi data metode RAPS dengan jumlah data 10 buah dan probabilitas 95 %

Sta. Hujan	Q/n0.5		R/n0.5		Hasil
	A	B	A	B	
Pondoksalam	0.588	1.14	1.077	1.28	OK
Wanayasa	0.412	1.14	1.004	1.28	OK
Ciracas	0.579	1.14	0.969	1.28	OK

Keterangan :

A = Nilai hasil perhitungan

B = Nilai persyaratan pada tabel

Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa semua data curah hujan maksimum tahunan yang ada memenuhi syarat uji konsistensi data dengan metode RAPS sehingga dapat digunakan dalam perhitungan curah hujan wilayah dan curah hujan rencana.

B. Hasil Perhitungan Curah Hujan Wilayah dan Curah Hujan Rencana



Gambar 5. Luasan daerah pengaruh stasiun hujan dengan Poligon Thiessen

Hasil perhitungan curah hujan wilayah dengan metode Thiessen dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil perhitungan curah hujan wilayah dengan metode Thiessen

Tahun	Curah Hujan Wilayah (mm)
2007	192.714
2008	136.780
2009	122.214
2010	171.163
2011	200.111
2012	125.698
2013	140.579
2014	175.781
2015	95.842
2016	131.592

Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan metode Gumbel dan Log Normal dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan metode Gumbel

Periode Ulang T (Tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
2	144.653
5	185.110
10	211.892
20	226.971
50	247.177
100	262.752

Tabel 5. Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan metode Log Normal

Periode Ulang T (Tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
2	141.790
5	170.940
10	191.956
20	213.310
50	242.461
100	266.188

Tabel 7. Penentuan jenis sebaran

Jenis Sebaran	Syarat	Hasil	Kesimpulan
Gumbel	$Cs < 1.1396$ $Ck < 5.4002$	$Cs = 0.002$ $Ck = 3.020$	Memenuhi
Log Normal	$Cs \approx 3 Cv + Cv^3 \approx 0.623$	$Cs = 0.002$	Tidak Memenuhi

Dari hasil di atas, dapat disimpulkan bahwa jenis sebaran Gumbel memenuhi syarat untuk digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana.

C. Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana dengan HSS Nakayashu dan HSS Gama 1

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

$$t_g = 0,4 + 0,058 L = 0,4 + 0,058 \times 33 = 2,314 \text{ jam}$$

$$T_r = 0,75 \times 2,314 = 1,736 \text{ jam}$$

$$T_p = t_g + 0,8 T_r = 2,314 + (0,8 \times 1,736) = 3,702 \text{ jam}$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g = 1,775 \times 2,314 = 4,107 \text{ jam}$$

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A \cdot R_e}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right) = \frac{1}{3,6} \times \left(\frac{90 \times 1}{(0,3 \times 3,702) + 4,107} \right)$$

$$= 4,791 \text{ m}^3/\text{det}$$

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

a) Pada kurva naik ($0 < t < T_p = 3,702$)

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

b) Pada kurva turun ($T_p = 3,702 < t < (T_p + T_{0,3}) = 7,810$)

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

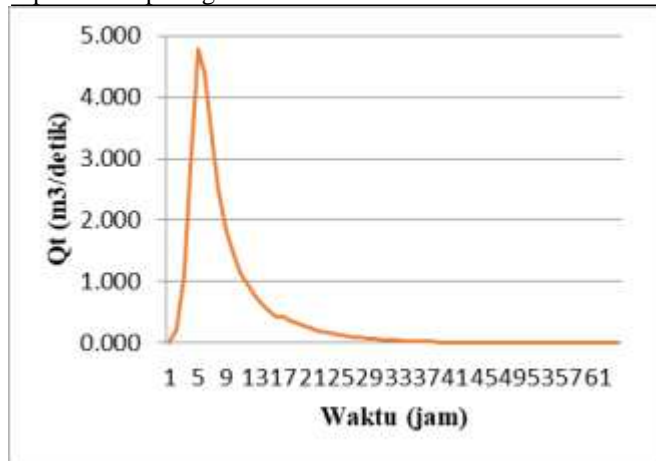
c) Pada kurva turun ($(T_p + T_{0,3}) = 7,810 < t < (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}) = 13,971$)

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

d) Pada kurva turun ($t > (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}) = 13,971$)

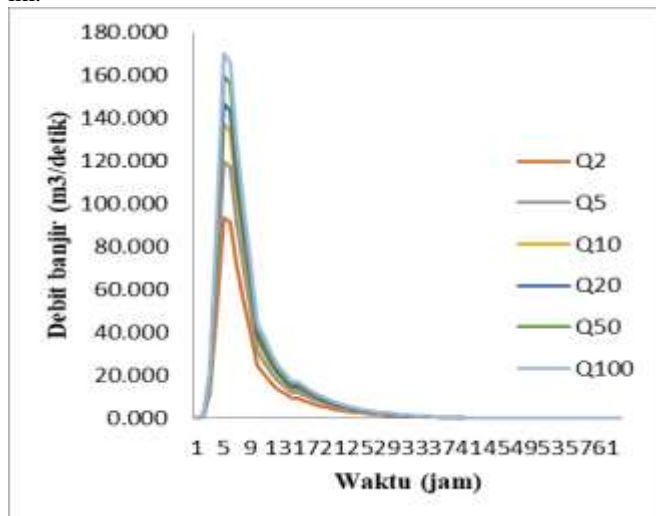
$$Q_t = Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5T_{0,3}))/2T_{0,3}}$$

Hasil perhitungan unit hydrograph pada HSS Nakayasu dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 6. Grafik unit hydrograph pada HSS Nakayasu

Setelah melakukan perhitungan unit hydrograph, dilakukan perhitungan debit banjir jam-jaman dengan besar koefisien pengaliran pada tempat tersebut adalah 0,15 dan diasumsikan bahwa hujan terjadi selama 6 jam setiap hari. Selanjutnya, dengan menggunakan data debit banjir jam-jaman, dilakukan perhitungan debit banjir rencana. Rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir rencana dan grafik debit banjir rencana dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 7. Grafik debit banjir rencana dengan HSS Nakayasu

Tabel 9. Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana Maksimum dengan HSS Nakayasu

Kala Ulang (Tahun)	Debit Banjir Rencana (m3/detik)
2	93.559
5	119.727
10	137.051
20	146.801
50	159.866
100	169.942

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

Tabel 10. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan parameter HSS Gama I

No.	Parameter	Nilai
1	Jumlah pangsa sungai tingkat 1	3 buah
2	Jumlah pangsa sungai semua tingkat	5 buah
3	Panjang pangsa sungai tingkat 1	33 km
4	Panjang pangsa sungai semua tingkat	97 km
5	Panjang sungai utama (L)	33 km
6	0.25 L	8,25 km
7	0.75 L	24,75 km
8	Jumlah pertemuan sungai (JN)	3 buah
9	Luas daerah DTA (A)	90 km ²
10	Luas DTA hulu (AU)	16,9 km ²
11	Lebar DTA pada 0.25 L	4,98 km
12	Lebar DTA pada 0.75 L	4,59 km
13	Kemiringan sungai rata-rata (S)	0,010
14	Faktor sumber (SF) (3/4)	0,340
15	Frekuensi sumber (SN) (1/2)	0,60
16	Kerapatan jaringan kuras (D) (4/9)	1,078 km/km ²
17	Faktor lebar (WF) (12/11)	0,922
18	Perbandingan AU dan A (RUA) (10/9)	0,187
19	RUA x WF = SIM (18 x 17)	0,172

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.

1. Waktu puncak

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

$$TR = 0,43 \left(\frac{33}{100 \times 0,340} \right)^3 + 1,0665 \times 0,172 + 1,2775 = 1,492 \text{ jam}$$

2. Debit puncak

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

$$Q_p = 0,1836 \times 90^{0,5886} \times 3^{0,2381} \times 1,492^{-0,4008} = 2,871 \text{ m}^3/\text{det}$$

3. Waktu dasar

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

$$TB = 27,4132 \times 1,492^{0,1457} 0,010^{-0,0986} 0,60^{0,7344}$$

$$\times 0,187^{0,2574} = 20,431 \text{ jam}$$

4. Aliran dasar

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

$$Qb = 0,4751 \times 90^{0,6444} \times 1,078^{0,9430} = 8,914 \text{ m}^3/\text{det}$$

5. Faktor tampungan

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

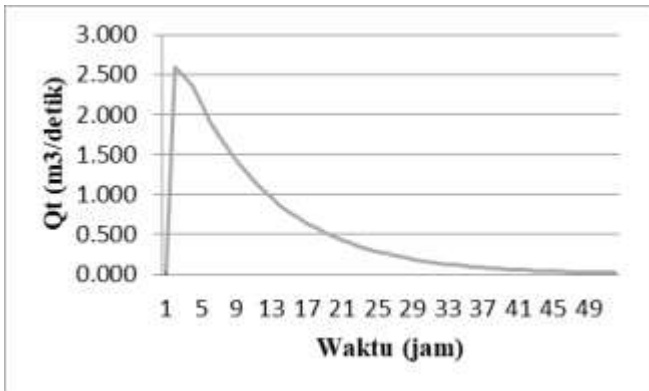
$$K = 0,5617 \times 90^{0,1798} \times 0,340^{-0,1446} \times 0,173^{-1,0897}$$

$$\times 1,078^{0,0452} = 10,009$$

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

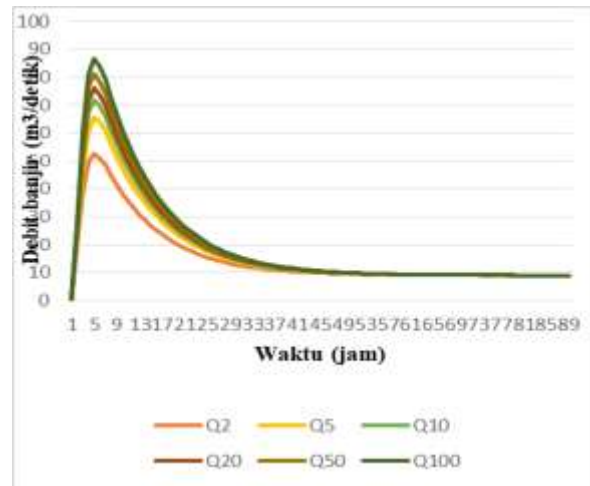
$$Q_t = Q_p e^{-t/K}$$

Hasil perhitungan unit hydrograph pada HSS Gama I dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 8. Grafik unit hydrograph pada HSS Gama I

Setelah melakukan perhitungan unit hydrograph, dilakukan perhitungan debit banjir jam-jaman dengan besar koefisien pengaliran pada tempat tersebut adalah 0,15 dan diasumsikan bahwa hujan terjadi selama 6 jam setiap hari. Selanjutnya, dengan menggunakan data debit banjir jam-jaman, dilakukan perhitungan debit banjir rencana. Rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir rencana dan grafik debit banjir rencana dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 9. Grafik debit banjir rencana dengan HSS Gama I

Tabel 11. Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencan Maksimum dengan HSS Gama I

Kala Ulang (Tahun)	Debit Banjir Rencana (m3/detik)
2	52.588
5	65.491
10	71.902
20	76.231
50	81.067
100	86.507

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut. yaitu, dapat ditentukan debit banjir maksimum pada setiap kala ulang untuk digunakan dalam perencanaan bangunan air, seperti bendung, bendungan, pengendali banjir, drainase, dan sebagainya di daerah Sungai Ciherang Hulu. Hasil perhitungan debit banjir rencana dengan HSS Nakayasu lebih besar daripada hasil perhitungan debit banjir dengan HSS Gama I. Dari hasil perhitungan debit banjir tersebut, terdapat perbedaan pada waktu puncak yang dihasilkan, yaitu pada jam ke-3,702 dalam Metode HSS Nakayasu dan pada jam ke-1,492 dalam Metode HSS Gama I.

Untuk penelitian ke depan, sebaiknya menggunakan data curah hujan dari lebih dari tiga stasiun hujan agar hasilnya lebih maksimal, dan dibandingkan hasilnya dengan data debit dari stasiun AWLR di Sungai Ciherang Hulu. Selain itu, sebaiknya mencoba menggunakan metode HSS SCS dan HSS Snyder sebagai bentuk pembandingan.

REFERENCES

- [1] Kodoatie, Robert J. dan Sugiyanto (2002). Banjir : Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan. Pustaka Pelajar, Yogyakarta
- [2] Triatmodjo, Bambang (2009). Hidrologi Terapan. Beta Offset, Yogyakarta
- [3] Kodoatie, Robert J. dan Roestam Sjarief (2005). Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Penerbit Andi, Yogyakarta
- [4] Kamiana, I Made (2011). Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Graha Ilmu, Yogyakarta
- [5] Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Penerbit Andi, Yogyakarta

- [6] Bilewu, O. and Ayanshola, A. M. (2009) 'Journal of American Science', 5(4), pp. 23–32.
- [7] Kawet, L. and Halim, F. (2013) 'Studi perbandingan hidrograf satuan sintetik pada daerah aliran sungai ranoyapo', 1(4).
- [8] Roy, A. and Thomas, R. (2016) 'A Comparative Study On The Derivation Of Unit Hydrograph For Bharathapuzha River Basin', *Procedia Technology*. Elsevier B.V., 24, pp. 62–69. doi: 10.1016/j.protcy.2016.05.010.
- [9] 'Dampak variabilitas hujan dan konversi lahan terhadap sensitifitas debit aliran sungai citarum' (no date), pp. 11–22.
- [10] Fisheries, I. and Errc, I. (2014) 'Building Stakeholder Engagement For Informed River Restoration and Catchment Management', (October).
- [11] Manfaat, T. (2001) 'Optimasi Ketersediaan Air Di Daerah Irigasi Golek Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang', pp. 15–23.