

BANDINGAN HSS SNYDER - ALEXEYEV, NAKAYASU DAN GAMMA 1 PADA ANALISIS BANJIR SUB DAS CILIUNG UNTUK PERENCANAAN BANGUNAN AIR

Pengki Irawan¹, Novia Komala Sari², Asep Kurnia Hidayat³, Rosi Nursani⁴, Hendra⁵

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Siliwangi
e-mail: irawan@unsil.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan pangan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya penduduk. Kegiatan pertanian perlu ditingkatkan agar kebutuhan masyarakat dapat terpenuhi. Kegiatan pertanian memerlukan sarana prasarana yang andal. Selain keandalan debit yang tersedia, aspek lain adalah ketahanan bangunan terhadap banjir yang terjadi. DAS Ciliung merupakan Sub DAS Cimuntur. DAS Cimuntur merupakan Sub DAS Citanduy. Analisa debit puncak diperlukan untuk mengamankan bangunan air. Analisa debit dilakukan dengan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS). Pada penelitian ini HSS yang digunakan adalah HSS Nakayasu, Snyder – Alexeyev dan HSS Gamma 1. Hasil simulasi menunjukkan bahwa debit maksimum yang paling besar adalah metode HSS Gamma 1. Durasi banjir paling panjang adalah metode HSS Snyder. Kurva HSS Gamma 1 dan HSS Nakayasu didapatkan mempunyai bentuk yang hampir sama dengan waktu puncak yang hampir sama. Durasi banjir antara HSS Gamma 1 dan Nakayasu juga memiliki kesamaan. Untuk keamanan bangunan air terhadap banjir, sebaiknya menggunakan HSS Gamma 1.

Kata Kunci : Hidrograf Satuan Sintetis, Snyder, Nakayasu, Gamma 1, Banjir, Daerah Aliran Sungai

Abstract

Food needs have increased along with population growth. Agricultural activities need to be increased so that people's needs can be met. Agricultural activities require reliable infrastructure advice. In addition to the reliability of available debits, another aspect is the building's resistance to flooding. Ciliung watershed is Cimuntur watershed. Cimuntur watershed is Citanduy subwatershed. Peak discharge analysis is needed to secure the building water. Discharge analysis is performed using Synthetic Unit Hydrographs (HSS). In this research, HSS used are HSS Nakayasu, Snyder - Alexeyev and HSS Gamma 1. The simulation results show that the highest maximum discharge is the Gamma HSS method 1. The longest flood duration is the Snyder HSS method. The Gamma 1 HSS and Nakayasu HSS curves were found to have almost the same shape with almost the same peak time. The duration of the flood between HSS Gamma 1 and Nakayasu also has similarities. For the safety of water structures against flooding, it is better to use HSS Gamma 1.

Keywords: *Synthetic Unit Hydrograph, Snyder, Nakayasu, Gamma 1, Flood, Watershed*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan pangan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya penduduk. Kegiatan pertanian perlu ditingkatkan agar kebutuhan masyarakat dapat terpenuhi. Kegiatan pertanian memerlukan sarana prasarana yang andal [1; 3]. Selain keandalan debit yang tersedia, aspek lain adalah ketahanan bangunan terhadap banjir yang terjadi. DAS Ciliung merupakan Sub DAS Cimuntur. DAS Cimuntur merupakan Sub DAS Citanduy.

Analisis banjir rencana sangat penting untuk perencanaan bangunan air, misalnya bendung, bangunan pengaman banjir, jembatan dll [12]. Analisis banjir dilakukan berbagai metode, diantaranya adalah dengan analisis frekuensi dari

data debit maksimum [7; 8; 9; 10;]. Kondisi tersebut dilakukan jika data debit tersedia di bangunan ukur yang ada di sungai. Jika data debit tidak tersedia, analisis dapat dilakukan dengan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) [2; 4; 5; 6] .

Metode HSS sudah sangat banyak diaplikasikan di DAS di Indonesia, terutama DAS yang tidak mempunyai data debit. HSS berasumsikan bahwa hujan terjadi merata di seluruh DAS [11]. Metode HSS sangat cocok digunakan untuk DAS yang kecil dan kurang cocok untuk DAS yang besar [12; 13; 14; 15; 17; 18; 19]

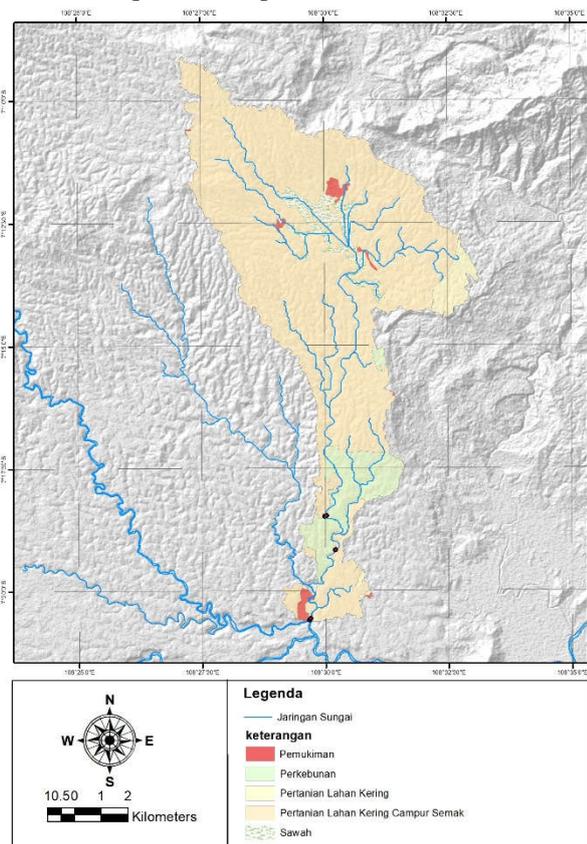
DAS Ciliung mempunyai luas 91.73 km², seluruh DAS berada di Kabupaten Ciamis. Sungai Ciliung mengalir ke Sungai Cimuntur dan kemudian masuk ke Sungai Citanduy. Berdasarkan kategori luas

DAS, dapat dikategorikan ke DAS kecil sehingga metode HSS dapat diterapkan di DAS Ciliung. Metode HSS yang akan dipakai adalah HSS Snyder, Nakayasu dan Gamma 1, kemudian dilakukan perbandingan untuk melihat tingkat keamanan bangunan air yang dapat di rencanakan di Sungai Ciliung.

II. METODOLOGI

Lokasi Studi

Sungai Ciliung termasuk anak sungai Cimuntur bermuara pada Sungai Cimuntur. Panjang sungai sekitar 14,88 km dan luas DAS Ciliung 91,7304 km². Perencanaan debit banjir sangat penting untuk bangunan air, misalnya bendung, bangunan pengendali banjir maupun jembatan [16]. DAS Ciliung (Gambar 1) memiliki bentuk yang memanjang dengan geometri seperti bulu burung. DAS yang memanjang dan seperti bulu burung akan mempunyai karakteristik banjir dengan potensi yang kecil dan relatif lama [16; 19; 23].



Gambar 1 DAS dan Tata Guna Lahan Ciliung

Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperlukan pada penelitian ini antara lain :

1. Digital Elevation Model (DEM) dari Demnas
2. Data CH dari BWS Citanduy
3. Data Tata Guna Lahan dari BWS Citanduy

Analisis Data

Analisis Perbaikan dan Uji Konsistensi Data

Pengukuran curah hujan sering mengalami masalah. Seperti tidak tercatatnya data hujan karena rusaknya alat atau kesalahan pengamatan, maupun karena adanya perubahan kondisi di lokasi pencatatan selama suatu periode pencatatan. Data hujan yang hilang di suatu stasiun dapat diisi dengan nilai perkiraan berdasar data dari stasiun-stasiun di sekitarnya.

Perbaikan data curah hujan antara lain dengan metode : perbandingan normal dan *Reciprocal method* [19; 20]. Sedangkan uji konsistensi data dilakukan untuk melihat tingkat kesalahan data yang tercatat pada stasiun penakar [19; 20]. Beberapa metode yang digunakan untuk uji konsistensi data antara lain adalah metode masa kurva ganda dan *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) [19; 26]

Hujan Kawasan

Hujan kawasan merupakan hujan rencana yang akan dianalisis dari data Pos Curah Hujan (PCH) yang ada di sekitar DAS [1; 19; 20; 23]. Hujan kawasan pada DAS dapat dianalisis dengan beberapa metode, diantaranya adalah rerata aritmatika, Poligon Thiessen, isohyet dan hujan titik. Pemilihan metode sangat tergantung pada karakteristik luas DAS, topografi DAS dan ketersediaan data yang ada [19; 20]. Berikut metode yang digunakan untuk hujan rencana dalam kawasan DAS [19; 20; 23]:

1. Metode Rerata Aritmatik (Aljabar)

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n}$$

2. Metode Thiessen

$$\bar{p} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + A_3 P_3 + \dots + A_n P_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

3. Metode Isohyet

$$p = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + A_3 \frac{I_3 + I_4}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi merupakan prakiraan dalam arti memperoleh probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk debit/curah hujan rencana yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untuk antisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi [21; 22; 24]

Perhitungan curah hujan rencana akan dilakukan terhadap data curah hujan maksimum tahunan dan akan dihitung dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 dan 1000 tahun. Metode yang digunakan untuk melakukan analisis distribusi frekuensi curah hujan harian terhadap nilai rata-rata tahunannya dalam

periode ulang tertentu menggunakan distribusi Normal, distribusi Log Normal, distribusi Gumbel dan distribusi Log Pearson III [19; 20].

Tidak semua variat dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya. Besarnya derajat dari sebaran variat di sekitar nilai rata-ratanya disebut dengan variasi atau dispersi. Cara mengukur besarnya variasi atau dispersi disebut dengan pengukuran variabilitas atau pengukuran dispersi. Beberapa macam cara dalam pengukuran dispersi diantaranya adalah

1. Rata-rata
2. Simpangan Baku
3. Koefisien Variasi
4. Koefisien Skewnes
5. Koefisien kurtosis

Uji Sebaran Distribusi

Menentukan kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Metode yang digunakan antara lain adalah Uji Chi Kuadrat dan Metode Smirnov Kolmogrov.

Intensitas Hujan

Perhitungan debit banjir rencana, perlu didapatkan harga suatu intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan tersebut dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau [14].

Durasi adalah lamanya suatu kejadian hujan. Intensitas hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak luas. Hujan yang meliputi daerah yang luas jarang sekali memiliki intensitas yang tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi yang cukup panjang. Kombinasi dari intensitas curah hujan yang tinggi dengan durasi yang panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit [27].

Analisis hubungan dua parameter hujan yang penting berupa intensitas curah hujan dan durasinya dapat dihubungkan secara statistik dengan suatu frekuensi kejadiannya. Penyajian secara grafik hubungan ini adalah berupa kurva Intensity Duration Frequency (IDF) [14]

HSS Nakayasu

HSS Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang [20]. Bentuk HSS Nakayasu memberikan parameter debit puncak, luas DAS, hujan efektif, waktu dari permulaan menuju puncak, waktu konsentrasi, waktu satuan dari curah

hujan dan panjang sungai utama [27]. Parameter tsb antara lain sbb:

Waktu keterlambatan (*time lag, t_g* [23]):

$$t_g = 0,4 + 0,058 \times L \text{ untuk } L > 15 \text{ km}$$

$$t_g = 0,21 \times L^{0,7} \text{ untuk } L < 15 \text{ km}$$

Waktu puncak dan debit puncak hidrograf satuan sintetis dirumuskan sebagai berikut :

$$t_p = t_g + 0,8 T r$$

Waktu saat debit sama dengan 0,3 kali debit puncak:

$$t_{0,3} = \alpha \times t_g$$

Waktu puncak

$$t_p = t_g + 0,8 T r$$

Debit puncak hidrograf satuan sintetis dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \times A \times R_o \times \left(\frac{1}{0,3 \times t_p + t_{0,3}} \right)$$

Bagian lengkung naik:

$$0 < t < t_p$$

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

Bagian lengkung turun:

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

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

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

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

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

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

HSS Snyder

Pada awal tahun 1938, F.F. Snyder dari Amerika Serikat mengembangkan rumus empiris dengan koefisien-koefisien empiris yang menghubungkan unsur-unsur hidrograf satuan dengan karakteristik daerah pengairan [23]. Unsur-unsur hidrograf tersebut dihubungkan dengan luas daerah pengairan (km^2), panjang aliran utama (km) dan jarak antara titik berat daerah pengairan dengan pelepasan (outlet) yang diukur sepanjang aliran utama. Parameter tersebut antara lain:

Waktu dari titik berat durasi hujan efektif t_D ke puncak hidrograf satuan (t_p) [18; 23]:

$$t_p = C_t (LL_c)^{0,3}$$

Debit puncak untuk durasi t_D (Q_p):

$$Q_p = \frac{C_p A}{t_p}$$

Waktu dasar hidrograf satuan (T):

$$T=3+\frac{t_p}{8}$$

Durasi standar dari hujan efektif (t_D):

$$t_D = \frac{t_p}{5,5}$$

Apabila durasi hujan efektif t_r tidak sama dengan durasi standar t_D , maka:

Waktu dari titik berat durasi hujan t_r ke puncak hidrograf satuan (t_{pR}):

$$t_{pR} = t_p + 0,25(t_r - t_D)$$

Debit puncak untuk durasi t_r (Q_{pR}):

$$Q_{pR} = Q_p \frac{t_p}{t_{pR}}$$

Lebar unit hidrograf pada debit 50% dari debit puncak:

$$W_{50} = \frac{0.23A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}}$$

Lebar unit hidrograf pada debit 75% dari debit puncak:

$$W_{75} = \frac{0.13A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}}$$

HSS Gamma 1

HSS Gamma 1 dikembangkan berdasarkan perilaku 30 DAS di Pulau Jawa. Meskipun demikian, HSS Gamma 1 juga berfungsi untuk berbagai daerah lain di Indonesia [23]. HSS Gamma 1 terdiri dari 3 (tiga) bagian pokok yaitu sisi naik, puncak, dan sisi turun [23].

Waktu puncak HSS Gamma I (TR)

$$TR = 0.43 \left(\frac{L}{100SF} \right)^3 + 1.0665SIM + 1.2775$$

Debit puncak banjir (Qp)

$$Q_p = 0.1836A^{0.5886} TR^{-0.4008} JN^{0.2381}$$

Waktu dasar (TB)

$$TB = 27.4132TR^{0.1457} S^{-0.0986} SN^{0.7344} RUA^{0.2574}$$

Koefisien resesi (K)

$$K = 0.5617A^{0.1798} S^{-0.1446} SF^{-1.0897} D^{0.0452}$$

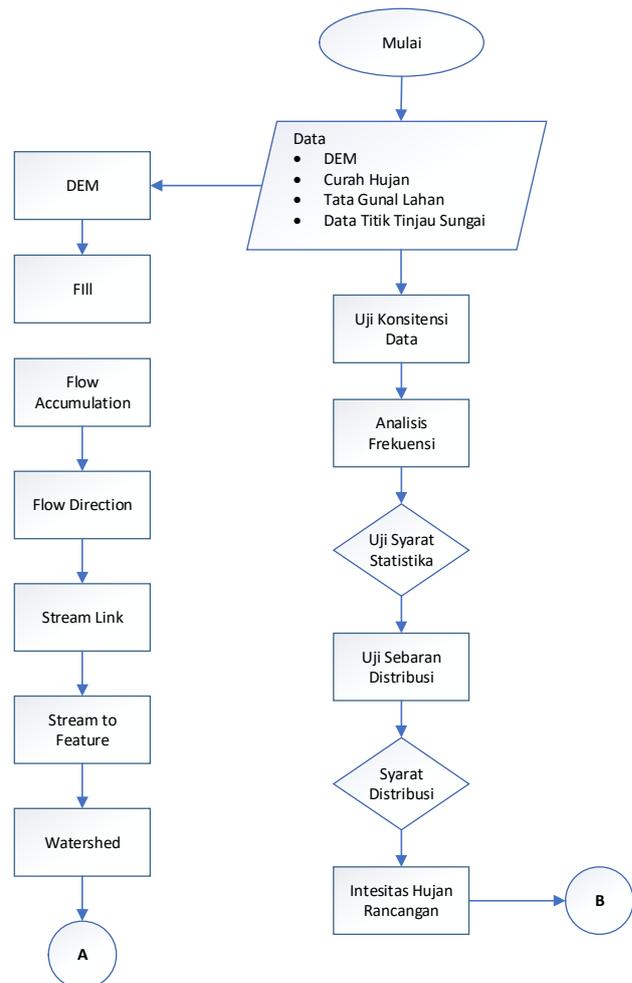
Aliran dasar (QB)

$$QB = 0.4715A^{0.6444} D^{-0.9430}$$

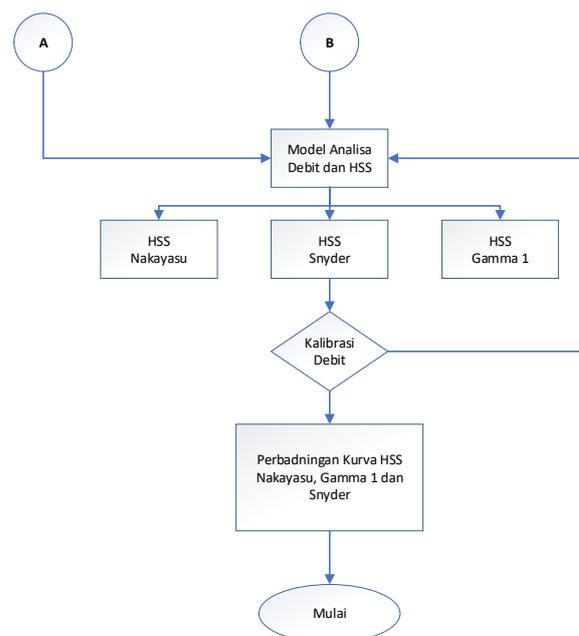
Besarnya ϕ indeks

$$\Phi_{indeks} = 10,4903 - 3,859 \times 10^{-6} A^2 + 1,6985 \times 10^{-13} (A/SN)^4$$

Analisis data yang kompleks disederhanakan dengan menggunakan diagram alir, diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 2 – Gambar 3.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hidrologi

Hujan Wilayah

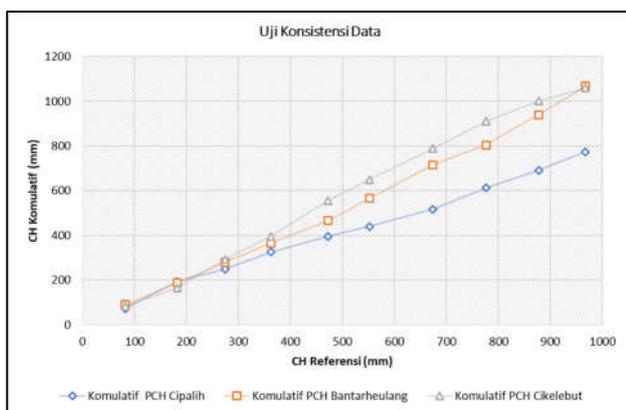
Hujan wilayah dianalisis menggunakan metode Poligon Thiessen. Data Curah Hujan yang dianalisis sebanyak 3 (tiga) stasiun hujan, diantaranya PCH Cipalih, PCH Bantarheulang dan PCH Cikelebut. Data hujan wilayah disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Hujan Wilayah DAS Ciliung

No	Tahun	Rwilayah (mm)
1	2008	83
2	2009	100
3	2010	92
4	2011	88
5	2012	110
6	2013	79
7	2014	122
8	2015	102
9	2016	101
10	2017	90

Uji Kepengahaman Data

Setiap data hujan selalu melekat sifat ketidakpastian (*uncertainty*), untuk itu diperlukan uji konsistensi data (uji kepengahaman) [19; 20; 23]. Uji konsistensi data dilakukan dengan metode massa kurva ganda. Hasil uji kepengahaman data curah hujan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Uji Konsistensi Data PCH

Berdasarkan Gambar 4, masing-masing PCH memiliki data yang konsisten. Data CH yang konsisten (pangghah) akan mengakibatkan sebaran distribusi pada uji sebaran distribusi smirnov kolmogrov dan chi square dan syarat statistika pada tahap analisis frekuensi akan terpenuhi. Jika data CH sudah konsisten, proses pengolahan mudah dilakukan pada tahap analisis frekuensi dan uji distribusi [21].

Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi merupakan prakiraan dalam arti memperoleh probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk debit/curah hujan rencana yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untuk antisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi [19]. Debit di sungai tidak tersedia, maka dilakukan analisis frekuensi CH wilayah. Analisis frekuensi digunakan antara lain metode Normal, Gumble, Log Normal dan Log Pearson Tipe III. Hasil analisis disajikan pada Tabel 2 – Tabel 3.

Analisis frekuensi Metode Normal dan Gumble menunjukkan hasil antara lain koefisien skewnes 0.624, koefisien kurtosis 0.079. Parameter skewnes dan kurtosis menunjukkan parameter kecocokan data yang akan disesuaikan dengan syarat statistik masing-masing metode analisis frekuensi [23]. Hanya parameter yang memenuhi syarat saja yang akan dipakai untuk tahap uji distribusi.

Analisis frekuensi Metode Log Normal dan Log Pearson Tipe III didapatkan data parameter koefisien skewnes sebesar 0.356, koefisien kurtosis -0.435 dan koefisien variansi 0.029. Parameter Cs, Ck dan Cv akan menjadi syarat metode memenuhi syarat statistik atau tidak berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh Bambang Triatmodjo.

Tabel 2 Analisis Frekuensi Metode Gumble dan Normal

N	Tahun	CH; Xi (mm)	(Xi-Xrata)	(Xi-Xrata) ²	(Xi-Xrata) ³	(Xi-Xrata) ⁴
1	2008	83	-14.09	198.43	-2795.28	39376.12
2	2009	100	3.51	12.34	43.37	152.36
3	2010	92	-5.09	25.87	-131.61	669.47
4	2011	88	-9.09	82.57	-750.26	6817.39
5	2012	110	13.55	183.51	2485.98	33676.72
6	2013	79	-17.45	304.62	-5316.61	92792.64
7	2014	122	25.58	654.34	16737.93	428156.12
8	2015	102	5.25	27.53	144.43	757.76
9	2016	101	4.58	20.98	96.07	440.01
10	2017	90	-6.75	45.61	-308.00	2080.05
Jumlah		968	0.00	1555.80	10206.00	604918.65
Rata-rata		97	0.00	155.58	1020.60	60491.87

Parameter	Value	Parameter	Value
STDEV	13.15	Cs	0.624
Yn	0.4952	Ck	0.079
Sn	0.9496		

Tabel 3 Analisis Frekuensi Metode Log Normal dan Log Pearson Tipe III

No	Tahun	Xi	Log Xi	(Log Xi - Log \bar{x})	(Log Xi - Log \bar{x}) ²	(Log Xi - Log \bar{x}) ³	(Log Xi - Log \bar{x}) ⁴
1	2008	83	1.9173	-0.065	0.004	-2.724E-04	1.766E-05
2	2009	100	2.0012	0.019	0.000	6.864E-06	1.304E-07
3	2010	92	1.9622	-0.020	0.000	-7.929E-06	1.581E-07
4	2011	88	1.9428	-0.039	0.002	-6.078E-05	2.390E-06
5	2012	110	2.0426	0.060	0.004	2.206E-04	1.333E-05
6	2013	79	1.8993	-0.083	0.007	-5.693E-04	4.718E-05
7	2014	122	2.0875	0.105	0.011	1.171E-03	1.234E-04
8	2015	102	2.0086	0.026	0.001	1.850E-05	4.893E-07
9	2016	101	2.0058	0.024	0.001	1.314E-05	3.102E-07
10	2017	90	1.9542	-0.028	0.001	-2.174E-05	6.068E-07
Jumlah		968	19.822	0.000	0.030	4.977E-04	2.056E-04
Rata-rata		97	1.9822	0.000	0.003	4.977E-05	2.056E-05
			Rata-rata	1.982			
			STDEV		0.058	Ck	-0.345
			Cs		0.356	Cv	0.029

Hasil parameter koefisien Cs, Ck dan Cv yang didapatkan pada analisis frekuensi, dilakukan analisa kecocokan syarat statistik sehingga mendapatkan kecocokan dan analisis frekuensi yang akan diuji distribusi. Hasil analisis disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4, didapatkan data bahwa untuk DAS Ciliung, analisis frekuensi yang cocok adalah Metode Log Pearson Tipe III.

Tabel 4 Syarat Uji Statistik

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Hitungan	Keterangan
Normal	Cs=0	Cs = 0.624	Kurang
	Ck=3	Ck = 0.079	Kurang
Gumbel	Cs≤1,14	Cs = 0.624	Kurang
	Ck≤5,4	Ck = 0.624	Kurang
Log Normal	Cs=3Cv+Cv ² =3,97	Cs = 0.356	Kurang
	Cv = 0,06	Cv = 0.029	Kurang
Log Pearson III	Cs≠0	Cs = 0.356	Memenuhi
	Cv = 0,03	Cv = 0.029	Memenuhi

Analisis Sebaran Distribusi

Analisis sebaran distribusi dilakukan dengan metode Chi Square dan Smirnov Kolmogorov. Uji chi kuadrat merupakan pengujian terhadap perbedaan antara data sampel dan distribusi probabilitas. Pada pengujian smirnov-kolmogorov, data terlebih dahulu dan diurutkan, lalu dihitung probabilitasnya. Tiap data selanjutnya dihitung probabilitas secara teoritis pada masing-masing distribusi [25]. Berdasarkan hasil analisis metode Chi square didapatkan data data memenuhi syarat terdistribusi Chi Square dimana C2 hitung lebih kecil dari C kritis. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Uji Sebaran Chi Square

No.	Nilai Batas		Jumlah Data		(OF - EF) ²	(OF - EF) ² / EF
	Sub Kelas		OF	EF		
1	X	<	82.799	2.000	2.000	0.000
2	82.799	< X <	90.745	2.000	2.000	0.000
3	90.745	< X <	99.933	1.000	2.000	1.000
4	99.933	< X <	110.581	4.000	2.000	4.000
5	X	>	110.581	1.000	2.000	1.000
Jumlah :			10.000	10.000	6.000	3.000
c ² hitung =			3.000			
DK = K - (P + 1)						
K (jumlah kelas) =			5			
P (parameter yang terikat dalam agihan frekuensi) =			2			
Untuk: DK = 2 dan a = 5% ----> c ² _{cr} = 5.991						
Ternyata c ² _{hitung} < c ² _{cr} ----> Distribusi Frekuensi Dapat Diterima						

Hasil uji Smirnov Kolmogorov didapatkan hasil memenuhi syarat, dimana Dmax hitung lebih rendah dari Dkritis. Hasil Hitungan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Uji Smirnov Kolmogorov

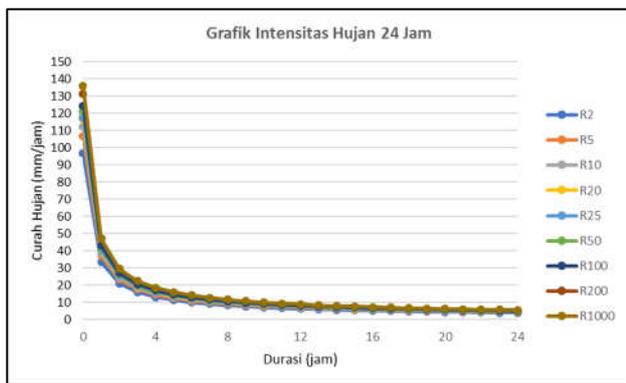
No	CH	m	P	P(X<)	F(t) = (Xi - Xrata)/STDE	P'(X)	P'(X<)	D	
1	79	1	0.091	0.909	-1.3275	0.111	0.889	0.020	
2	83	2	0.182	0.818	-1.0714	0.222	0.778	0.040	
3	88	3	0.273	0.727	-0.6911	0.333	0.667	0.061	
4	90	4	0.364	0.636	-0.5136	0.444	0.556	0.081	
5	92	5	0.455	0.545	-0.3869	0.556	0.444	0.101	
6	100	6	0.545	0.455	0.2672	0.667	0.333	0.121	
7	101	7	0.636	0.364	0.3483	0.778	0.222	0.141	
8	102	8	0.727	0.273	0.3991	0.889	0.111	0.162	
9	110	9	0.818	0.182	1.0303	1.000	0.000	0.182	
10	122	10	0.909	0.091	1.9456	1.111	-0.111	0.202	
								Dmax	0.202
Rerata X		=	96.753						
Standar Deviasi (S)		=	13.148						
D Maks.		=	0.2020						
N (jumlah data)		=	10						
a (derajat kepercayaan)		=	5%						
D Kritis		=	0.4090						
Karena : D Maks. < D Kritis Maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima									

Intensitas Hujan

Intensitas hujan rancangan dihitung dengan menggunakan metode mononobe. Intensitas hujan selama 24 jam disajikan dalam Gambar 5, kemudian disajikan hujan jam-jaman. Wilayah Indonesia umum digunakan selama 6 – 8 jam. Hujan rancangan menggunakan Metode Log Pearson Tipe III yang sudah memenuhi syarat statistik dan uji sebaran. Periode hujan rencana yaitu 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun hingga 100 tahun. Curah hujan rancangan dan Intensitas hujan DAS Ciliung disajikan pada Tabel 7 dan Gambar 5.

Tabel 7 Curah Hujan Rencana DAS Ciliung

No	Periode Ulang (Tahun)	KT	Log YT	YT (mm/hari)
1	2	0.065	1.986	97
2	2.5	0.328	2.000	100
3	5	0.855	2.029	107
4	10	1.232	2.050	112
5	20	1.546	2.067	117
6	25	1.609	2.071	118
7	50	1.838	2.083	121
8	100	2.035	2.094	124
9	200	2.470	2.118	131
10	1000	2.754	2.133	136

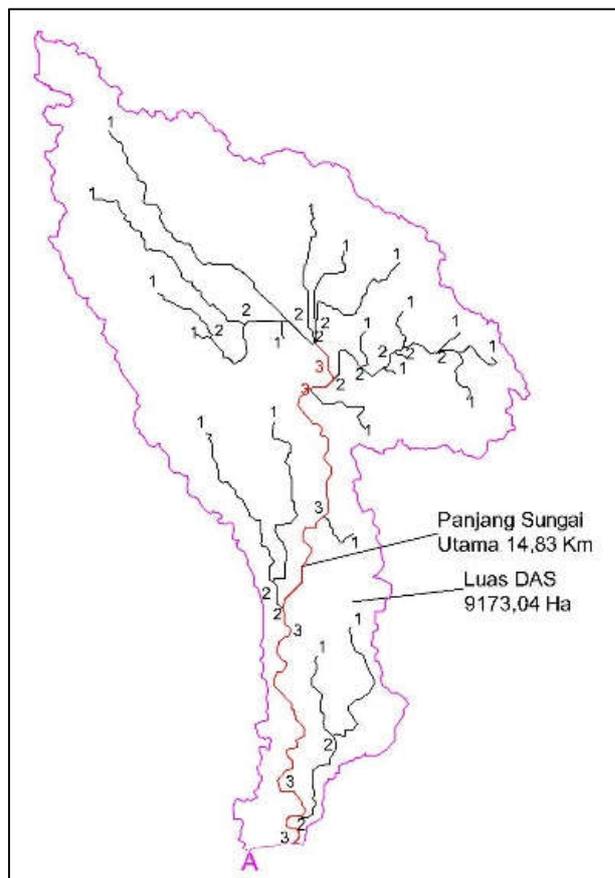


Gambar 5 Intensitas Hujan 24 Jam DAS Ciliung

Analisis Debit

Analisis Parameter DAS

Parameter DAS berikatan dengan bentuk DAS, luas, tutupan lahan, jenis tanah, kerapian jaringan kurasan dll [18; 23]. DAS Ciliung mempunyai bentuk memanjang seperti bulu burung dengan luas mencapai 9170.98 ha. DAS dengan bentuk bulu burung mempunyai karakteristik banjir relatif lebih kecil dan berlangsung lama [19; 20]. Tutupan lahan DAS Ciliung terdiri dari pemukiman, pertanian lahan kering, semak belukar dan sawah. Tata guna lahan DAS Ciliung disajikan pada Tabel 8 dan Gambar 1.



Gambar 6 Jaringan Sungai DAS Ciliung

Tabel 8 Distribusi Tata Guna Lahan DAS Ciliung

No	Tata Guna Lahan	Luas (ha)	Prosentase
1	Pemukiman	875.17	9.54
2	Pertanian Lahan Kering	255.79	2.79
3	Pertanian Lahan Kering Campur Semak	7690.60	83.86
4	Sawah	349.43	3.81
Total		9170.98	100.00

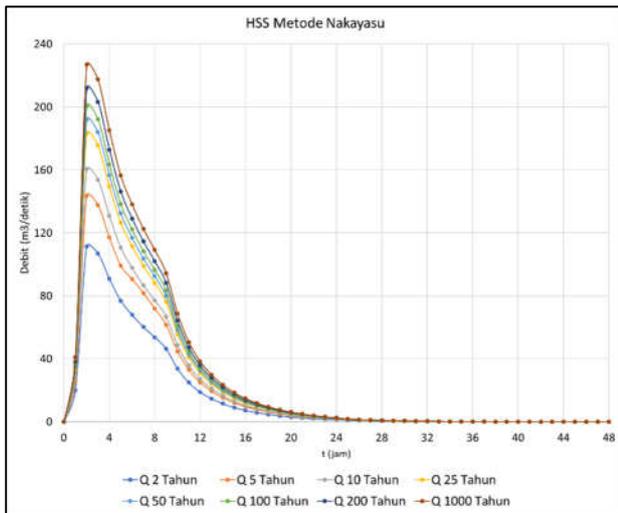
Perimeter DAS Ciliung 79 km, luas DAS 91.7 km² sehingga didapatkan nisbah kebulatan 0.18, nilai nisbah ini memperlihatkan bentuk DAS yang memanjang dan tidak membulat [18]. Orde sungai utama adalah orde 3. Umumnya orde sungai adalah orde 1 dan orde 2. Panjang sungai utama adalah 18.8 km, panjang sungai semua orde mencapai 53 km dan pertemuan adalah 22 titik. Berdasarkan analisis luas DAS dan panjang sungai semua orde, didapatkan kerapian jaringan kurasan adalah 0.6 km/km². Berdasarkan kriteria indeks kerapian drainase, dapat dikategorikan sedang [19; 20; 23].

Hujan Efektif

Hujan efektif merupakan hujan netto yang berpotensi menjadi runoff. Hujan efektif disesuaikan dengan durasi hujan dan tutupan lahan dalam kawasan DAS. Berdasarkan durasi hujan rata-rata di Indonesia 6 – 8 jam, koefisien runoff DAS Ciliung adalah 0.41 maka akan didapatkan hujan efektif DAS. Hujan efektif tersebut akan menjadi input untuk simulasi debit banjir metode HSS Nakayasu dan Snyder, sedangkan metode Gamma 1 tidak diinputkan. Hal ini disebabkan oleh metode Gamma 1 telah memperhitungkan indeks infiltrasi DAS.

HSS Nakayasu

Parameter DAS merupakan unsur utama pada analisa HSS dengan metode Nakayasu. Parameter DAS yang menjadi input adalah luas DAS, panjang sungai utama dan koefisies DAS. Berdasarkan simulasi metode HSS Nakayasu, didapatkan hasil bahwa waktu puncak (Tp) untuk DAS Ciliung adalah 2.06 jam, waktu banjir terjadi selama 15 jam dan debit puncak untuk hujan 1 mm adalah 7.50 m³/detik. parameter HSS Nakayasu untuk DAS Ciliung disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7 HSS Nakayasu

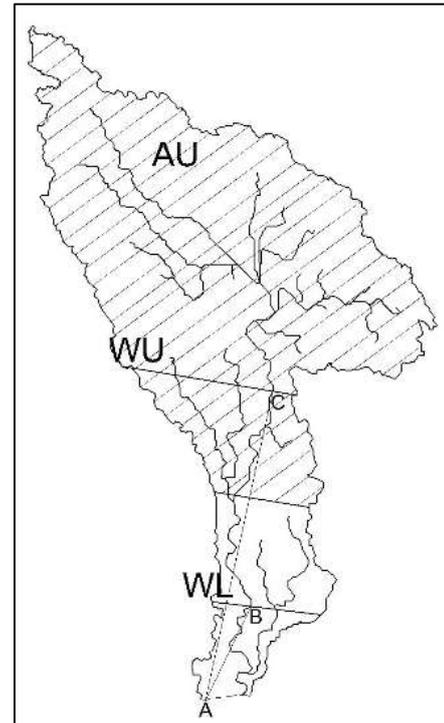
Hasil perhitungan kemudian dibuatkan rekap debit maksimum masing-masing periode ulang banjir. Debit maksimum yang didapatkan pada periode ulang banjir 2 tahun adalah 111.5 m³/detik dan periode 1000 tahun adalah 226.9 m³/detik. Hasil yang didapatkan relatif linear, karena intensitas hujan metode Gumble juga relatif linear. Rekap debit maksimum masing-masing periode ulang banjir disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9 Rekap Debit Maksimum HSS Nakayasu

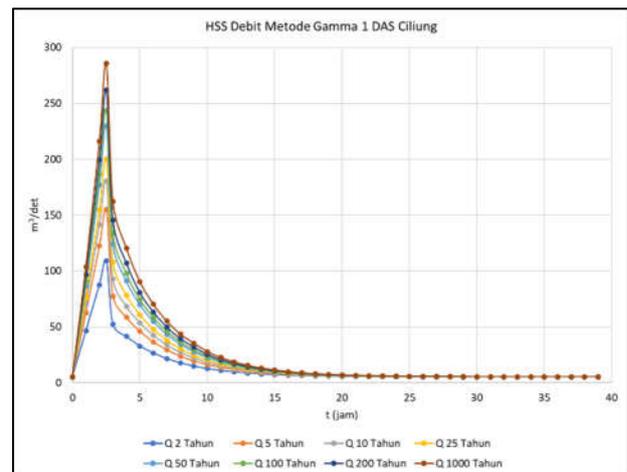
No	Periode Banjir	P	Q _{max} (m ³ /det)
1	2	50	111.5
2	5	20	143.6
3	10	10	160.5
4	25	4	183.2
5	50	2	192.0
6	100	1	200.6
7	200	0.5	212.0
8	1000	0.1	226.9

HSS Gamma 1

Parameter HSS Gamma 1 lebih kompleks dari pada metode HSS yang lain. Parameter inputan dari DAS adalah luas DAS, topografi, sugai utama, sungai orde 1, jumlah sungai semua tingkat, hingga indeks kerapatan sungai. Parameter DAS pada metode Gamma 1 sangat penting untuk menghitung HSS Gamma 1. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa waktu puncak metode Gamma 1 adalah 2.5 jam dengan waktu banjir 23.80 jam. Indeks infiltrasi 10.49 mm, parameter debit puncak untuk hujan 1 mm adalah 3.78 m³/detik. Berdasarkan inputan hujan yang terjadi, maka dihasilkan kurva HSS Gamma 1 disajikan pada Gambar 9 dan Tabel 10.



Gambar 8 Parameter DAS Metode HSS Gamma 1



Gambar 9 HSS Gamma 1

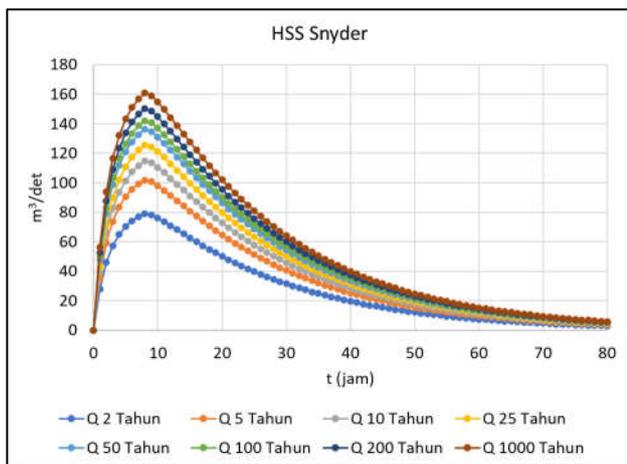
Tabel 10 Rekap Debit Maksimum HSS Gamma 1

No	Periode	P	Q _{max} (m ³ /det)
1	2	50	109.2
2	5	20	155.1
3	10	10	180.6
4	25	4	200.4
5	50	2	230.0
6	100	1	243.8
7	200	0.5	262.1
8	1000	0.1	285.9

HSS Snyder - Alexeyev

Parameter inputan HSS Snyder adalah luas DAS, panjang sungai utama, titik berat DAS untuk

mendapatkan parameter lainnya. Parameter tersebut dianalisis menggunakan Sistem Informasi Geografis. Hasil simulasi dan rekap debit maksimum disajikan pada Gambar 10 dan Tabel 11.



Gambar 10 HSS Snyder DAS Ciliung

Tabel 11 Rekap Debit Maksimum HSS Snyder

No	Periode	P	Qmax (m ³ /det)
1	2	50	79.0
2	5	20	101.8
3	10	10	114.7
4	25	4	125.5
5	50	2	136.1
6	100	1	142.2
7	200	0.5	150.3
8	1000	0.1	160.8

Pembahasan

Waktu Naik, Puncak dan Waktu Turun

Analisis menunjukkan hasil bahwa waktu naik masing-masing metode berbeda. Pada metode Nakayasu, waktu naik tercapai pada 2.06 jam, pada metode Gamma 1 adalah 2.5 jam dan pada Snyder adalah 7.27 jam. Nilai tersebut juga menunjukkan bahwa waktu puncak untuk mencapai debit puncak. Nilai yang didapatkan antara Nakayasu dan Gamma 1 mendekati nilai yang sama, tetapi sangat jauh berbeda pada metode Snyder. Berdasarkan bentuk geometri DAS dengan nisbah kebulatan 0.18, kerapatan jaringan kurasan 0.6 km/km² (kategori sedang) akan HSS bersifat cepat naik dan lama turun. Menurut Siby, P. E., et al., (2013) Jika bagian hulu DAS menyempit dan melebar dibagian hilir, maka DAS tersebut memiliki waktu puncak lebih cepat dan waktu turun lebih lambat.

Waktu turun pada metode Nakayasu berlangsung cukup cepat, yaitu 14.6 jam, metode Gamma 1 berlangsung selama 23.8 jam dan metode Snyder didapatkan hasil sangat panjang, yaitu 93 jam.

Perbedaan tersebut diakibatkan oleh parameter DAS yang berbeda sebagai parameter input.

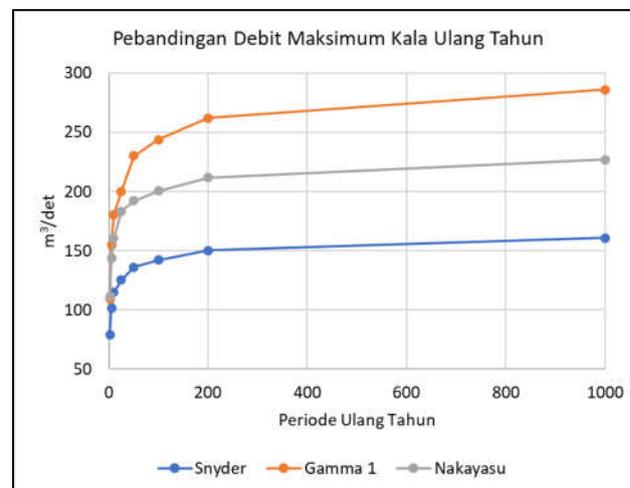
Debit Puncak

Debit puncak adalah debit maksimum yang terjadi berdasarkan periode ulang tahun yang direncanakan. Debit puncak terjadi pada waktu konsentrasi atau disebut dengan waktu puncak. Debit puncak dan waktu puncak tsb didapatkan dari parameter DAS dan input hujan berdasarkan periode ulang tahun rencana.

Hasil analisis HSS di DAS Ciliung memperlihatkan bahwa HSS gamma 1 memiliki debit besar dari pada HSS Snyder dan Nakayasu. HSS Nakayasu menghasilkan debit maksimum hampir sama dengan HSS Gamma 1. Hasil rekapitulasi debit maksimum masing-masing metode disajikan di Tabel 12 dan Gambar 11.

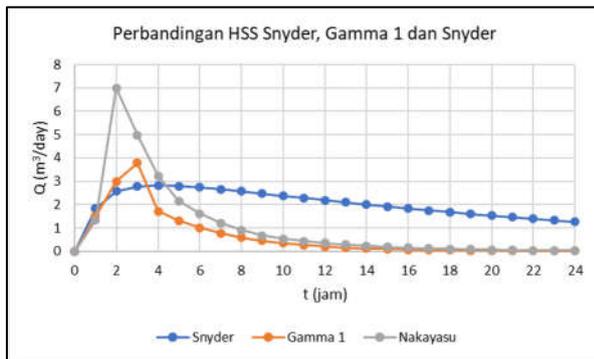
Tabel 12 Perbandingan Qmaks

No	Periode	P	Qmax		
			Snyder	Gamma 1	Nakayasu
1	2	50	79.0	109.2	111.47
2	5	20	101.8	155.1	143.61
3	10	10	114.7	180.6	160.47
4	25	4	125.5	200.4	183.19
5	50	2	136.1	230.0	192.02



Gambar 11 Pebandingan Debit Maksimum HSS Snyder, Gamma 1 dan Nakayasu

Bentuk kurva HSS dipengaruhi oleh lengkap atau tidaknya data DAS. Pada simulasi ini, data DAS didapatkan dari SIG yang disesuaikan dengan parameter yang dibutuhkan masing-masing metode. Kurva HSS Nakayasu dan Gamma 1 memberikan hasil yang hampir mirip, yaitu berbentuk curam naik dan turun, sedangkan kurva HSS Snyder lebih landai, baik antara naik maupun turun. Hasil tersebut jugam memberikan gambaran bentuk durasi hidrograf yang terjadi di DAS.



Gambar 12 Perbandingan HSS Snyder, Gamma 1 dan Nakayasu DAS Ciliung

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil simulasi perbandingan HSS Nakayasu, Gamma dan Snyder di DAS Ciliung tersebut antara lain :

1. Analisis frekuensi yang memenuhi syarat adalah metode Log Pearson Tipe III
2. Debit maksimum terbesar didapatkan adalah metode Gamma 1 untuk berbagai periode Ulang Hujan
3. Kurva HSS Nakayasu lebih mirip dengan kurva HSS Gamma 1
4. Durasi banjir yang terpanjang adalah HSS Snyder dan terpendek adalah Nakayasu
5. Perencanaan debit banjir lebih aman menggunakan metode HSS Gamma 1.

Saran

Untuk mendapatkan hasil yang dapat divalidasi, diperlukan model respon debit sungai terhadap hujan. Model tersebut hanya bisa didapatkan jika ada stasiun hujan otomatis dan AWLR di Sungai Ciliung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akmal, D., dan Imamuddin, U. 2010. Perencanaan Waduk Pendidikan Diponegoro Tembalang Semarang. Semarang. Universitas Diponegoro.
- [2] Ardinanto, G. 2013. Studi Komparasi Hidrograf Satuan Sintetik Gama I dan Hidrograf Satuan Alami Sub DAS Garang. Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada.
- [3] Budianto, M. B., dkk. 2013. Optimasi Pemanfaatan Sumber Daya Air pada Daerah Aliran Sungai Jangkok. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7) 24-26 Oktober 2013. Surakarta. Universitas Sebelas Maret.
- [4] Elza Patricia Siby, L. Kawet, F. Halim. 2013. Studi Perbandingan Hidrograf Satuan Sintetik Pada Daerah Aliran Sungai

Ranoyapo. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.4, Maret 2013 (259-269) ISSN: 2337-6732

- [5] Febrina, R. 2010. Perbandingan Hidrograf Satuan Terukur dengan Hidrograf Satuan Sintetis pada DAS Way Kuala Garuntang dan DAS Way Simpang Kiri. Lampung. Universitas Lampung.
- [6] Gunawan, A. 2007. Kajian Unjuk Kerja Metode Hidrograf Satuan Sintetik untuk Penetapan Banjir Rancangan pada DAS di Pulau Jawa, Studi Kasus DAS Cimanuk Hulu. Dinamika Rekayasa Vol. 3 No. 1 Februari 2007. Purbalingga. Universitas Jenderal Soedirman.
- [7] Jayadi, R., dan Sujono, J. 2008. Pelatihan Analisis Hidrologi: Design Flood. Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada.
- [8] Kamiana, I. M. 2010. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Palangkaraya. Graha Ilmu.
- [9] Lasmana, T. M. dkk. 2017. Analisis Tinggi Tanggul Ekonomis sebagai Bangunan Pengendali Banjir Sungai Ciraja Kecamatan Karangpucung Kabupaten Cilacap Provinsi Jawa Tengah. Malang. Universitas Brawijaya.
- [10] Musianto, L. S. 2002. Perbedaan Pendekatan Kuantitatif dengan Pendekatan Kualitatif dalam Metode Penelitian. Jurnal Manajemen dan Kewirausahaan Vol. 4, No. 2, September 2002: 123-136. Surabaya. Universitas Kristen Petra.
- [11] Natakusumah, D. K. dkk. 2011. Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya. Jurnal Teknik Sipil, Vol 18 No. 3, Desember 2011. Bandung. Institut Teknologi Bandung.
- [12] Pariartha, G. S. 2013. Analisis Debit Banjir Rancangan dengan Menggunakan Hidrograf Satuan Terukur pada Daerah Aliran Sungai Progo Bagian Hulu. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Vol. 17, No. 2, Juli 2013. Denpasar. Universitas Udayana.
- [13] Pratomo, M. I. T. dkk. 2014. Analisis Hidrograf Aliran Daerah Aliran Sungai Keduang dengan Beberapa Metode Hidrograf Satuan Sintetis. e-Jurnal Matriks Teknik Sipil, September 2014. Surakarta. Universitas Sebelas Maret.
- [14] Rinaldi, A. 2010. Pemodelan Hidrograf

- Satuan Universal (H2U) pada Berbagai Skala Peta Dasar Berbasis Sistem Informasi Geografis, Studi Kasus DAS Ciliwung Hulu. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- [15] Sartivana, R. 2017. Perbandingan Hidrograf Satuan Terukur dan Hidrograf Satuan Sintetis pada Daerah Aliran Sungai Batang Anai. Padang. Universitas Andalas.
- [16] Seyhan, E. 1990. Dasar-Dasar Hidrologi. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- [17] Siswoyo, H. 2011. Pengembangan Model Hidrograf Satuan Sintetis Snyder untuk Daerah Aliran Sungai di Jawa Timur. Vol 2. No 1. 2011. Malang. Universitas Brawijaya.
- [18] Slamet. B. 2006. Model Hidrograf Satuan Sintetik Menggunakan Parameter Morfometri, Studi Kasus di DAS Ciliwung Hulu. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- [19] Soemarto, C. D. 1986. Hidrologi Teknik. Surabaya. Usaha Nasional.
- [20] Sosrodarsono, S. 2003. Hidrologi untuk Pengairan. Jakarta. PT. Pradnya Paramita.
- [21] Susilowati. 2007. Analisis Hidrograf Aliran Sungai dengan adanya Beberapa Bendung Kaitannya dengan Konservasi Air. Surakarta. Universitas Sebelas Maret.
- [22] Syafrudin, M. 2004. Studi tentang Model Hidrograf Satuan Sintetik pada Sub DAS Bayur Samarinda, Kalimantan Timur. Jurnal Geografi Gea Vol 8. No 2. 2008. Universitas Pendidikan Indonesia.
- [23] Triatmodjo, B. 2008. Hidrologi Terapan. Yogyakarta. Beta Offset.
- [24] Togani Cahyadi Upomo, Rini Kusumawardani. 2016. Pemilihan Distribusi Probabilitas pada Analisa Hujan dengan Metode Goodness Of Fit Test. Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan, Nomor 2 Volume 18 – Juli 2016, hal : 139 - 148
- [25] Tunas, I., G. dan Tanga, A. 2011. Pengaruh Pola Distribusi Hujan terhadap Penyimpangan Debit Puncak Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Majalah Ilmiah Tahun XIII No. 1, Januari 2011. Majalah Ilmiah Mektek. Universitas Tadulako.
- [26] Zahri, R. dkk. 2017. Analisis Karakteristik DAS Tapakis Berbasis Sistem Informasi Geografis untuk Analisis Hidrograf Satuan Sintetik. Jurnal Online Mahasiswa FTEKNIK Vol. 4 No.1 Februari 2017. Universitas Riau.