

ANALISIS PARAMETER ALFA HIDROGRAF SATUAN SINTETIK NAKAYASU DI SUB DAS LESTI

Rosmala Dewi¹, Lilly Montarcih Limantara², Widandi Soetopo²

¹⁾ Mahasiswa Magister Sumber Daya Air, Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia; rosmaladewi16@gmail.com

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang.

Abstrak : Hidrograf satuan sintetis merupakan hidrograf yang didasarkan atas sintesis dari parameter-parameter daerah aliran sungai. Salah satu hidrograf satuan sintetis yang dapat digunakan adalah hidrograf Nakayasu. Terdapat parameter α (alfa) pada hidrograf satuan sintetis Nakayasu. Nilai α (alfa) menunjukkan karakteristik DAS. Nilai α terpilih yang sesuai dengan hasil kalibrasi antara Nakayasu dan Hidrograf Collins adalah 2,777. Kesalahan relatif antara HSS Nakayasu dan Hidrograf Pengamatan Metode Collins untuk nilai QP adalah 0,33%. Rerata nilai *Mean absolute Error* (MAE) antara Nakayasu dan Metode Collins adalah sebesar 0,782. Hasil kalibrasi antara debit banjir rancangan pengamatan ($Q_{\text{pengamatan}}$) dengan debit banjir rancangan model (Q_{model}) memiliki tingkat korelasi yang sangat baik yaitu $R = 0,99$ dan nilai kesalahan relatif sebesar 4%.

Kata Kunci : Hidrograf satuan, parameter alfa, kesalahan relatif, korelasi.

Abstract : Synthetic unit hydrograph based on synthetic parameters of the watershed. One of the synthetic unit hydrograph that can be used is Nakayasu. There is α (alpha) parameters on Nakayasu. The value of α (alpha) indicates the characteristics of the watershed. The chosen of α value for Nakayasu and Collins method is 2,777. The relative error of discharge between Nakayasu and Collins for QP is 0,33%. The average of mean absolute error between Nakayasu and is 0,782. Calibration results between observational design flood discharge with the design flood discharge model has very good level of correlation, $R = 0.99$ and the relative error is 4%..

Keyword : Unit hydrograph, alpha parameters, ,relative error, correlation.

Data hidrologi merupakan data yang menjadi dasar dari perencanaan kegiatan Pengelolaan Sumber Daya Air (SDA) di wilayah sungai, seperti perencanaan bangunan irigasi, bangunan air, pengelolaan sungai, pengendalian banjir dan lain-lain. Oleh karena itu, data hidrologi perlu dikelola ke dalam suatu sistem hidrologi agar tersedia informasi SDA yang akurat, benar dan tepat waktu bagi semua pihak yang berkepentingan. Analisis hidrologi merupakan parameter yang dominan dan memerlukan penanganan yang sangat cermat. Ketepatan dan kecermatan analisis mensyaratkan keakuratan data hidrologi.

Untuk keperluan analisis data hujan pada suatu DAS diperlukan data pengukuran curah hujan yang panjang dari stasiun pencatat hujan, tetapi seringkali dihadapi daerah-daerah di Indonesia dalam analisis hidrologi adalah dalam

hal ketersediaan data yang sangat terbatas baik data hujan maupun data debit.

Beberapa penelitian terkait dengan penelitian ini diantaranya oleh Sobriyah, dkk (2014) yang meneliti analisis hidrograf aliran daerah aliran sungai Keduang dengan beberapa metode hidrograf satuan sintetis, dari hasil penelitian menyebutkan pada kejadian yang sama hasil kalibrasi waktu puncak menunjukkan metode HSS Limantara dan Nakayasu paling sesuai dengan beberapa kejadian banjir dengan persentase penyimpangan berturut-turut adalah 16,67%, 0%, 12,50% dan 40%.

Joko Sujono, Rachmad Jayadi (2007) dengan penelitian hidrograf satuan permasalahan dan alternatif penyelesaian dari hasil penelitian menyebutkan, hasil penelitian menunjukkan bahwa unit hidrograf hasilnya

bervariasi antara input curah hujan yang berbeda. Perbedaan pada puncak relatif terhadap hidrograf satuan diturunkan berdasarkan curah hujan rata-rata untuk DAS Bedog, Kode dan Winongo sebesar -18%, -30% dan -11%. Hasil ini menunjukkan bahwa variabilitas curah hujan relatif tinggi di DAS tersebut.

Sutapa, I.W., dkk. (2005) yang meneliti kajian hidrograf satuan sintetik nakayasu untuk perhitungan debit banjir rancangan di daerah aliran sungai Kodina dari hasil penelitian menyebutkan untuk tingkat penyimpangan hidrograf satuan sintetik nakayasu diukur dengan hidrograf satuan. Modifikasi Persamaan HSS Nakayasu dilakukan dengan menurunkan rumus dasar waktu puncak (T_p) dari nilai T_r dan debit puncak (Q_p) dari persamaan T_{03} dalam bentuk nilai α . Hasil penelitian menunjukkan deviasi yang cukup besar untuk unit hidrograf dasar yaitu untuk $T_p = 26\%$ dan $Q_p = 22,40\%$.

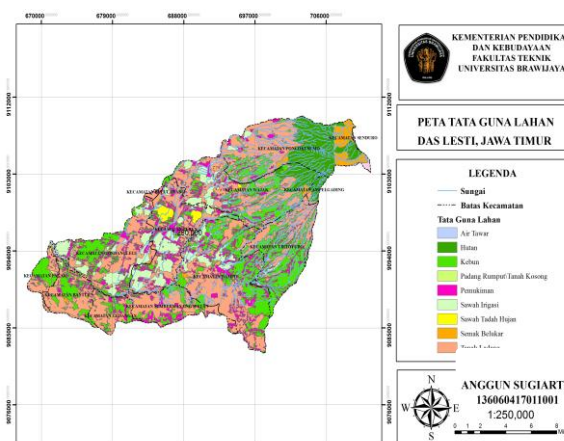
Faktor penting dalam perencanaan bangunan air adalah mengetahui besaran banjir yang terjadi, dimana besaran ini menentukan dimensi bangunan yang sangat erat kaitannya dengan resiko, dan nilai ekonomis dari bangunan yang direncanakan. Metode hidrograf satuan sintetik (HSS) adalah metoda yang populer digunakan dalam banyak perencanaan di bidang sumber daya air khususnya dalam analisis debit banjir DAS yang tidak terukur. Pemakaian metode HSS Nakayasu semakin meluas tetapi dalam kenyataannya sering dijumpai berbagai kesulitan terutama dalam penentuan nilai α , sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah menentukan nilai α (alfa) pada Sub DAS Lesti, mendapatkan nilai kesalahan relatif hasil kalibrasi / kesesuaian analisa hidrograf antara hidrograf satuan sintetik Nakayasu dan hidrograf satuan pengamatan metode Collins, mengetahui korelasi dan kesalahan relatif antara hasil perhitungan debit banjir rancangan HSS Nakayasu dengan hidrograf satuan pengamatan metode Collins.

DATA DAN METODOLOGI

Studi ini dilakukan pada Sub DAS Lesti yang merupakan bagian dari DAS Brantas hulu. Sungai Lesti merupakan anak sungai Brantas, yang bermata air dari lereng Gunung Semeru. Luas Sub DAS Lesti adalah 60.972 ha, terbagi

dalam sub-sub DAS yaitu : Lesti Hulu (26.051 ha), Genteng (14.237 ha) dan Lesti Hilir (21.684 ha). Secara geografis wilayah Sub DAS Lesti berada pada titik koordinat antara $7^{\circ}40'$ - $7^{\circ}55'$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}10'$ - $112^{\circ}25'$ Bujur Timur dengan ketinggian antara 235 m 4.676 m dpl.



Gambar 1: Peta Sub DAS Lesti

Sumber : Dinas Pengairan Kabupaten Malang

Data

Data-data yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Data curah hujan harian selama 20 tahun (1992-2011)
- Data curah hujan jam-jaman dan debit selama 5 tahun (2007 – 2011)

Metodologi

➤ Hujan Daerah Metode Log Pearson Type III.

Data curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rencana pemanfaatan air dan rencana pengendalian banjir adalah data curah hujan rata-rata di seluruh daerah (area rainfall), bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (point rainfall). Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono, 1993).

Cara poligon Thiessen ini didasarkan atas rata-rata timbang.

$$R = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Dimana:

- R : Curah hujan daerah rata-rata (mm)
- $R_1, R_2, \dots, R_n$: Curah hujan ditiap titik pos Curah hujan (mm)
- $A_1, A_2, \dots, A_n$: Luas daerah Thiessen yang mewakili titik pos curan

hujan (km²)
 n : Jumlah pos curah hujan
 Luas tersebut merupakan faktor koreksi bagi hujan di stasiun yang bersangkutan (Sri Harto, 1993).

➤ Perhitungan Curah Hujan rancangan
 Perhitungan curah hujan rancangan dalam kajian ini menggunakan metode Log Pearson Type III, Gumbel dan Log Normal. Dari ketiga metode tersebut akan ditentukan metode terpilih. dengan persamaan seba-gai berikut (Soewarno, 1995):

- Metode Log Pearson Type III

$$\text{Log } X = \overline{\text{Log } X} + k(\overline{S \text{Log } X})$$

Dimana:

Log X = nilai logaritma curah hujan rencana (mm)

$\overline{\text{Log } X}$ = nilai rata-rata logaritma dari curah hujan maksimum tahunan (mm)

$\overline{S \text{Log } X}$ = nilai deviasi standar dari Log X

k = karakteristik dari distribusi Log Pearson Type III

- Metode Gumbel

Persamaan garis lurus untuk distribusi frekuensi Gumbel dapat menggunakan cara empiris.

$$X = \bar{X} + sd.K$$

Dimana:

$\bar{X}$ = harga rerata sampel

sd = simpangan baku sampel

K = faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari periode ulang dan tipe distribusi frekuensi yang

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

Dimana:

Y_t = Reduced variate sebagai fungsi periode ulang T

Y_n = Reduced mean sebagai fungsi dari banyaknya n data (Tabel Y_n)

S_n = Reduced standar deviasi sebagai fungsi dari banyaknya n data (Tabel S_n)

- Metode Log Normal

$$P(X) = \frac{1}{(\log X)(S)(\sqrt{2\pi})} \cdot \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{\log X - \bar{X}}{S} \right)^2 \right\}$$

Dimana:

$P(X)$ = peluang log normal

X = nilai variat pengamatan

$\bar{X}$ = nilai rata-rata dari logaritmik variat X , umumnya dihitung nilai rata-rata geometriknya.

S = $\{(X_1) (X_2) (X_3) \dots (X_n)\} 1/n$

S = deviasi standar dari logaritmik nilai variat X .

- Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Pemeriksaan uji kesesuaian dapat dilakukan dengan uji *Chi Square* dan uji *Smirnov Kolmogorov* (Soewarno, 1995).

- Uji Chi Square

Dapat dihitung dengan persamaan (Soewarno, 1995):

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dimana:

χ_h^2 = parameter chi-kuadrat terhitung

G = jumlah sub-kelompok

O_i = jumlah nilai pengamatan sub-kelompok ke i

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub-kelompok ke i

- Uji Smirnov Kolmogorov

Digunakan untuk menguji kesesuaian distribusi secara horizontal dari probabilitas. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan probabilitas tiap data antara sebaran empiris dengan sebaran teoritis. Rumus yang digunakan adalah (Soewarno, 1995):

$$D = \text{maksimum} | P(X_m) - P'(X_m) |$$

Dimana:

D = selisih terbesar antara peluang pengamatan dan peluang teoritis.

$P(X_m)$ = peluang pengamatan.

$P'(X_m)$ = peluang teoritis dari persamaan distribusi yang dipakai.

- Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran atau sering disingkat C adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air yang melimpas terhadap besarnya curah hujan. Angka koefisien pengaliran ini merupakan

salah satu indikator untuk menentukan apakah suatu DAS telah mengalami gangguan (fisik) (Asdak, 1995).

Apabila tata guna lahan suatu daerah termasuk campuran, maka nilai tetapan C harus diberi bobot (*weighted*) untuk memperoleh nilai rata-rata tertimbang (Asdak, 1995):

$$C_{\text{tertimbang}} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i \cdot C_i}{A_i}$$

➤ Intensitas Hujan

Dalam memperkirakan besaran debit sangat diperlukan data curah hujan maksimum jam-jaman serta curah hujan efektif. Berdasarkan distribusi hujan, maka banyaknya hujan pada setiap jam akan jatuh selama waktu konsentrasi periode jatuh hujan tersebut. Adapun konsentrasi hujan dalam periode satu hari adalah 6 jam, maka pembagian banyaknya hujan akan turun pada setiap jam tersebut.

Intensitas hujan adalah laju hujan atau tinggi air per satuan waktu. Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf I dengan satuan mm/jam (Soemarto, 1995). Intensitas hujan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

Dimana:

- I = intensitas hujan (mm/jam)
- t = waktu (jam)
- R₂₄ = tinggi hujan rancangan dalam 24 Jam (mm)

➤ Curah Hujan Efektif

Hujan efektif adalah bagian hujan total yang menghasilkan limpasan langsung (*direct runoff*). Besarnya curah hujan efektif dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$R_n = C \cdot I$$

Dimana:

- R_n = hujan efektif (mm/hari)
- C = koefisien pengaliran
- I = Intensitas curah hujan (mm/hari)

➤ Debit Banjir Rancangan

Pada kajian ini debit banjir dihitung dengan menggunakan metode hidrograf satuan sintetik Nakayasu. Nakayasu menurunkan rumus hidrograf satuan sintetik berdasarkan hasil

pengamatan dan penelitian pada beberapa sungai. Besarnya nilai debit puncak hidrograf satuan dihitung dengan rumus (Soemarto, 1987):

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

Dimana:

- Q_p = debit puncak banjir (m³/dt/mm)
- A = luas daerah aliran sungai (sampai ke outlet) (km²)
- R_o = curah hujan satuan (mm)
- T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf satuan (jam)
- T_{0,3} = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai debit menjadi 30 % dari debit puncak hidrograf satuan (jam)

➤ Penentuan Nilai α (alfa)

Pada analisis menggunakan metode HSS Nakayasu diperlukan parameter α (alfa). Parameter α (alfa) merupakan karakteristik dari suatu DAS. Kriteria parameter α (alfa) pada HSS nakayasu adalah :

- α = 2 => Pada daerah pengaliran biasa
- α = 1,5 => Pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat
- α = 3 => Pada bagian naik hidrograf cepat, turun lambat

Cara mendapatkan nilai α (alfa) yang sesuai dengan karakteristik DAS maka perlu dilakukan kalibrasi dengan kondisi dan data dari lokasi studi (data debit). Dilakukan dengan coba-coba nilai α hingga total volume hidrograf satuan metode Nakayasu sama dengan total volume hidrograf satuan pengamatan dan memiliki selisih nilai Q_p terkecil.

Ketepatan nilai parameter α (alfa) diharapkan dapat membantu dalam analisis banjir rancangan, sehingga dalam perencanaan desain bangunan air dapat efektif dan efisien.

➤ Analisis Metode Collins

Metode Collins yang digunakan adalah sebagai hidrograf pengamatan. Hidrograf dari pengamatan AWLR yang terpisah (*isolated*) dan mempunyai satu puncak (*single peak*), serta mempunyai hujan yang cukup dan pencatatan distribusi hujan jam-jaman (Limantara, 2010).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan Daerah

Sub DAS Lesti mempunyai luas DAS sebesar 384,525 km². Analisis hujan daerah menggunakan Poligon Thiessen, karena metode ini memberikan nilai tertentu untuk setiap stasiun hujan dengan maksud setiap stasiun hujan dianggap mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu.

Curah hujan daerah Sub DAS Lesti ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum Daerah Sub DAS Lesti

Tahun	Rn (mm)	Tahun	Rn(mm)
1992	116	2001	91
1993	82	2002	149
1994	112	2003	106
1995	128	2004	131
1996	77	2005	139
1997	71	2006	106
1998	112	2007	136
1999	122	2008	115
2000	85	2009	128
2001	91	2010	117
2002	149	2011	85

Sumber : Hasil Analisis

Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel

Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah Gumbel dengan pertimbangan bahwa distribusi ini lebih fleksibel karena tidak mempunyai batasan keofisien kepercengaan (*skewness*) maupun koefisien puncak (*kurtosis*). Hasil analisis curah hujan rancangan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Curah Hujan Rancangan

Tr (tahun)	X (mm)
2	107,165
5	130,942
10	146,685
25	166,576
50	181,332
100	195,979
200	210,573
1000	244,378

Sumber : Hasil Analisis

Analisis Intensitas Hujan

Sifat hujan (intesisitas dan lama hujan) terkait dengan laju infiltrasi. Apabila intensitas hujan lebih kecil dibandingkan dengan laju infiltrasi, maka semua air hujan (kecuali yang tertahan dalam surface storage) akan terinfiltrasi, dan jika sebaliknya maka air hujan akan mengalir

sebagai (*overlandflow*) mengikuti variabilitas infiltrasi.

Sebelum menghitung debit banjir rancangan (metode Nakayasu), dalam memperkirakan besaran debit sangat diperlukan data curah hujan maksimum jam-jaman serta curah hujan efektif.

Tabel 3. Rasio Hujan Jam-Jaman

t	Distribusi hujan (Rt) 1 jam-an		Curah hujan jam ke-		Rasio (%)	Komu-latif [%]
1	0,55	R ₂₄	0,55	R ₂₄	55,03	55,03
2	0,35	R ₂₄	0,14	R ₂₄	14,30	69,34
3	0,26	R ₂₄	0,10	R ₂₄	10,03	79,37
4	0,22	R ₂₄	0,08	R ₂₄	7,99	87,36
5	0,19	R ₂₄	0,07	R ₂₄	6,75	94,10
6	0,17	R ₂₄	0,06	R ₂₄	5,90	100,00
Jumlah			1,00		100	

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 4. Distribusi Hujan Netto Jam-Jaman Berbagai Kala Ulang

Hujan Jam-Jaman (mm)							
2	5	10	25	50	100	200	1000
14,15	17,29	19,47	22,00	23,95	25,88	27,81	32,28
3,68	4,50	5,04	5,72	6,23	6,73	7,23	8,39
2,58	3,15	3,53	4,01	4,37	4,72	5,07	5,88
2,05	2,51	2,81	3,19	3,48	3,76	4,04	4,69
1,73	2,12	2,37	2,70	2,94	3,17	3,41	3,96
1,52	1,85	2,08	2,36	2,57	2,77	2,98	3,46

Sumber : Hasil Analisis

Tata Guna Lahan

Tata guna lahan pada Sub DAS Lesti merupakan tata guna lahan campuran. Apabila tata guna lahan suatu daerah termasuk tata guna lahan campuran. Tata guna lahan didapatkan dari data milik UPTD PSAW Bango Gedangan.

Nilai tata guna lahan pada Sub DAS Lesti adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Tata Guna Lahan

No	Tata Guna Lahan	C	A (ha)	C*A
1	Padang Rumput Bervegetasi	0,03	5047,74	151,43
2	Ladang Garapan Berpasir	0,10	71,00	7,10
3	Tanah Lapang Berpasir	0,10	13,36	1,34
4	Pemukiman	0,50	4885,34	2442,67
5	Perkebunan	0,15	11603,94	1740,59
6	Sawah Irigasi	0,20	2051,72	410,34
7	Semak Belukar	0,10	1697,10	169,71
8	Tegalan	0,30	12968,25	3890,48
Koefisien Limpasan (C)				0,24

Sumber : Data dan Hasil Analisa

Metode Collins

Hidrograf Satuan Observasi (HSO) metode Collins digunakan untuk kalibrasi. Kalibrasi dilakukan dengan tujuan untuk memeriksa ketepatan parameter α dalam perhitungan hidrograf satuan sintetik Nakayasu dan perhitungan debit banjir rancangan.

Analisis metode Collins menggunakan data hujan dan debit jam-jaman. Data debit jam-jaman tersebut adalah sebagai berikut :

- Hidrograf Satuan Pengamatan (27 – 28 Desember 2007)
- Hidrograf Satuan Pengamatan (10 – 11 Desember 2008)
- Hidrograf Satuan Pengamatan (20 – 21 Desember 2010)

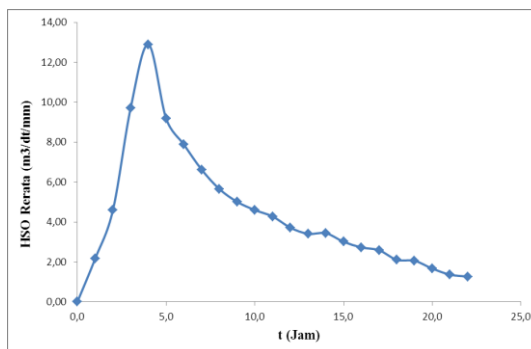
Hasil rekapitulasi perhitungan hidrograf satuan observasi metode Collins adalah sebagai berikut :

Tabel 6. Rekapitulasi Hidrograf Satuan Observasi Metode Collins

t (Jam)	HSO-1 (m ³ /det/mm)	HSO-2 (m ³ /det/mm)	HSO-3 (m ³ /det/mm)
0	0,000	0,000	0,000
1	1,142	3,198	2,635
2	3,568	7,213	3,514
3	7,278	11,715	10,014
4	14,270	7,457	18,095
5	8,562	6,970	10,365
6	8,134	6,605	10,014
7	7,278	5,997	8,784
8	6,422	5,510	6,676
9	5,708	5,145	5,622
10	5,280	4,902	5,095
11	4,852	4,658	4,743
12	4,566	4,415	4,216
13	4,138	3,928	2,987
14	3,996	3,685	2,284
15	3,924	3,563	2,284
16	3,853	3,442	2,108
17	3,496	3,198	1,932
18	3,139	2,833	1,757
19	2,069	2,590	1,230
20	1,712	2,347	0,878
21	1,427	2,103	0,527
22	0,999	1,982	0,527
23	0,785	1,738	0,351
24	0,214	1,617	0,176

Sumber : Hasil Analisis

Hidrograf satuan observasi rata-rata dari hasil analisis adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Hidrograf Satuan Observasi Rata-Rata

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 7. Hidrograf Satuan Observasi Rata-Rata

t (Jam)	HSO-Rerata (m ³ /det/mm)
0,0	0,00
1,0	2,16
2,0	4,59
3,0	9,71
4,0	12,89
5,0	9,19
6,0	7,88
7,0	6,63
8,0	5,66
9,0	5,01
10,0	4,60
11,0	4,28
12,0	3,72
13,0	3,41
14,0	3,44
15,0	3,01
16,0	2,73
17,0	2,59
18,0	2,11
19,0	2,06
20,0	1,67
21,0	1,37
22,0	1,27

Sumber : Hasil Analisis

Perhitungan Debit Banjir Rancangan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Diketahui data daerah studi :

Luas DAS (A) = 384,525 km²

Panjang Sungai (L) = 37,100 km

Penentuan kalibrasi daerah studi, dilakukan dengan membandingkan antara debit banjir yang terukur dengan debit puncak pada HSS

Nakayasu pada curah hujan yang terukur dengan melakukan coba-coba nilai α hingga diperoleh selisih nilai Q_p (debit puncak) terkecil.

Dari hasil coba-coba nilai α , didapatkan nilai α yang sesuai dengan metode Collins yaitu 2,777. Pengujian dilakukan dengan menggunakan Uji-F (Kestabilan Varian), Uji-T (Kestabilan Rata-Rata Varian).

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Kesesuaian Parameter α Terpilih dengan Hidrograf Satuan Observasi

t (jam)	Q _t (m ³ /dt/mm)	
	NAKAYASU	COLLINS
0	0,000	0,000
1	0,439	2,164
2	2,318	4,593
3	6,134	9,710
4	12,852	12,895
5	10,997	9,190
6	9,279	7,881
7	7,829	6,625
8	6,606	5,656
9	5,574	5,015
10	4,703	4,599
11	3,968	4,279
12	3,509	3,719
13	3,133	3,410
14	2,798	3,443
15	2,498	3,012
16	2,231	2,730
17	1,992	2,588
18	1,779	2,107
19	1,588	2,061
20	1,418	1,668
21	1,266	1,366
22	1,131	1,267

Sumber : Hasil Analisis

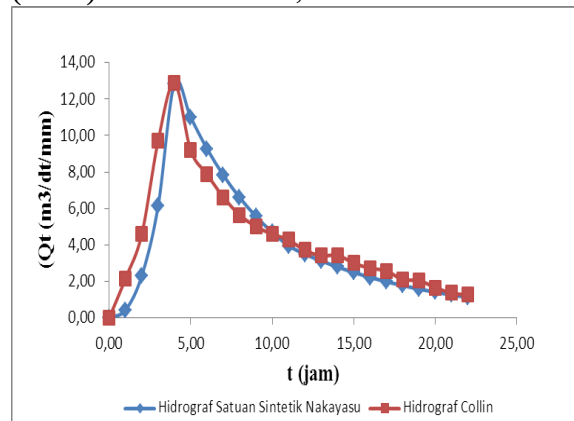
Dari hasil analisis hidrograf satuan diatas dapat dilakukan kontrol perhitungan hidrograf satuan Metode Nakayasu.

$$\text{Kontrol Nakayasu} = \frac{382608}{384520000} = 0,995$$

Dari hasil perhitungan kontrol nakayasu sebesar $0,99 \approx 1$, telah sesuai dengan hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat di ujung hilir DAS, yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar satu satuan (1 mm) yang terjadi merata di seluruh DAS dengan intensitas tetap dalam satu satuan waktu.

Kalibrasi antara hidrograf metode Collins dan Nakayasu adalah pada selisih nilai Q_p (debit puncak) yang paling kecil. Nilai T_p antara kedua metode adalah pada waktu (t) keempat dengan nilai Q_p metode Nakayasu sebesar 12,85 m³/dt/mm dan Q_p metode Collins sebesar 12,895 m³/dt/mm. Kesalahan relatif antara HSS

Nakayasu dan Collins untuk nilai Q_p adalah sebesar 0,33%. Rerata Mean Absolute Error (MAE) adalah sebesar 0,782.



Gambar 3. Kalibrasi HSS Nakayasu dan Metode Collins

Sumber : Hasil Analisis

Uji Homogenitas

- Uji-F (Kestabilan Varian)

Uji ini dilakukan untuk mengetahui hasil perhitungan homogen atau tidak. Apabila hasil uji dari kedua varian tersebut tidak terdapat perbedaan nyata maka dapat disebut varian homogen atau stabil. (Soewarno,1995:38).

Analisa Uji-F (Uji Kestabilan Varian) $\alpha = 5\%$:

Tabel 9. Uji F

	Variable 1	Variable 2
Mean	4,08873412	4,34674893
Variance	11,83937272	9,740026759
Observations	23	23
df	22	22
F	1,215538007	
P(F<=f) one-tail	0,325552096	
F Critical one-tail	2,047770309	

Sumber : Hasil Analisis

Dengan derajat kepercayaan 5%, maka diperoleh nilai F hasil analisa < Nilai F tabel pada tabel Nilai Kritis F_c Distribusi F (Soewarno,1995:81), maka dapat disimpulkan dengan peluang 95% nilai varian hasil kesesuaian antara parameter α terhadap hidrograf satuan pengamatan adalah stabil.

- Uji-T (Kestabilan Rata-Rata Varian)

Uji-T ini dilakukan untuk mengetahui apakah dua kelompok berasal dari populasi yang sama. Berikut merupakan perhitungan Uji-T untuk hasil kesesuaian antara parameter α dengan hidrograf satuan pengamatan.

Tabel 10. Uji T

	Variable 1	Variable 2
Mean	4,34674893	4,08873412
Variance	9,74002675	11,8393727
Observations	23	23
Pearson Correlation	0,94290607	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	22	
t Stat	1,07353593	
P(T<=t) one-tail	0,14733264	
t Critical one-tail	1,71714437	
P(T<=t) two-tail	0,29466529	
t Critical two-tail	2,07387308	

Sumber : Hasil Analisis

Karena nilai t hasil analisa < Nilai t tabel pada tabel Nilai Kritis t_c untuk Distribusi-T uji satu sisi (Soewarno,1995:77), maka dapat disimpulkan dengan peluang 95% rata-rata varian hasil kesesuaian antara parameter α terhadap hidrograf satuan pengamatan adalah stabil.

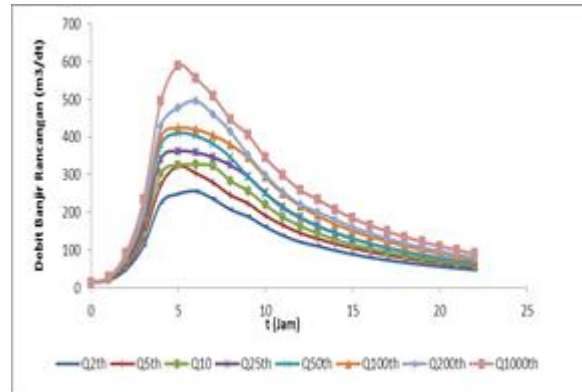
Tabel 11. Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan Metode Nakayasu

t (jam)	Debit Banjir Rancangan (m^3/dt)							
	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{25}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{1000}
0	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7
1	19,9	21,3	22,2	23,3	25,0	25,0	25,9	27,8
2	48,1	55,7	60,8	67,2	76,0	76,6	81,3	92,2
3	110,1	131,6	145,7	163,6	188,1	190,1	203,2	233,7
4	225,0	271,9	303,0	342,2	379,3	400,2	429,0	495,6
5	249,1	322,5	325,1	362,3	410,3	423,8	477,5	590,0
6	256,3	304,3	326,9	359,1	403,4	420,1	496,1	556,1
7	235,4	279,2	322,4	346,1	381,6	404,8	460,7	509,2
8	207,4	245,8	283,6	325,2	346,2	380,2	414,3	446,8
9	188,7	223,7	257,4	295,1	294,6	344,7	352,1	405,7
10	161,6	191,2	219,6	251,5	249,3	293,4	299,3	345,0
11	138,5	166,2	187,4	214,3	211,7	249,7	254,6	298,3
12	121,3	145,2	163,4	186,5	184,8	217,0	221,5	259,1
13	110,5	130,2	144,2	164,2	163,0	190,8	200,9	234,5
14	98,6	116,3	128,2	145,7	144,9	169,0	180,6	207,4
15	88,6	105,3	115,2	130,2	129,7	150,8	161,0	184,6
16	80,2	95,0	103,8	117,1	116,9	135,3	144,4	165,4
17	73,0	86,2	94,1	105,9	105,5	122,2	130,3	149,0
18	66,7	78,4	85,5	96,0	95,3	110,6	117,8	134,5
19	61,0	71,5	77,8	87,2	86,3	100,2	106,7	121,6
20	55,9	65,3	70,9	79,3	78,2	90,9	96,7	110,0
21	51,4	59,8	64,8	72,3	71,1	82,7	87,8	99,7
22	47,4	54,8	59,3	65,5	68,1	75,3	79,9	90,5
Qmax	256,3	322,5	326,9	362,3	410,3	423,8	496,1	590,0

Sumber : Hasil Analisis

Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode Nakayasu

Dari hasil perhitungan analisa frekuensi dan uji kesesuaian distribusi pada data hujan telah diketahui metode terpilih adalah Distribusi Gumbel. Dari hasil analisis distribusi hujan netto jam-jaman dapat digunakan untuk analisis debit banjir rancangan pada tiap kala ulang.



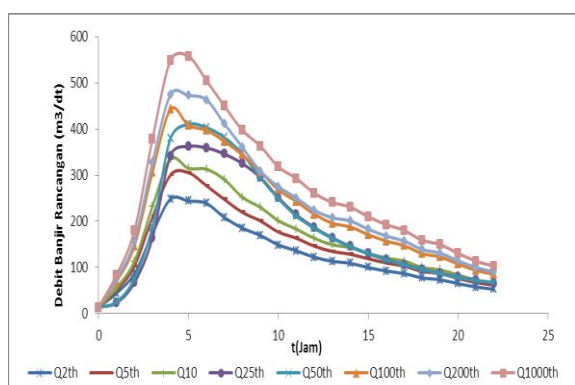
Gambar 3. Hidrograf Debit Banjir Rancangan Metode Nakayasu

Sumber : Hasil Analisis

Perhitungan Debit Banjir Rancangan Pengamatan

Analisis debit banjir rancangan pengamatan digunakan sebagai acuan/ kalibrasi dengan debit banjir rancangan metode Nakayasu.

Dari hasil analisis kedua metode tersebut, maka dilakukan analisis terhadap korelasi dan nilai MAE (*Mean Absolute Error*) untuk mengetahui tingkat keakurasian model. Hasil dari analisis dapat dilihat pada tabel 12 dan gambar 5 dibawah ini :



Gambar 5. Hidrograf Debit Banjir Rancangan Metode Nakayasu

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 12. Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan Pengamatan

t jam	Debit Banjir Rancangan (m^3/dt)							
	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₁₀₀₀
0	14	14	14	14	14	14	14	14
1	44	51	56	61	25	70	74	84
2	87	103	114	127	76	147	157	180
3	174	209	233	262	188	306	328	378
4	248	300	335	378	379	443	475	548
5	244	305	315	349	410	408	473	558
6	239	277	313	340	403	397	464	506
7	208	247	291	320	382	374	411	450
8	185	219	252	295	346	344	360	398
9	169	201	230	263	295	307	309	363
10	149	177	201	230	249	269	275	318
11	136	163	183	209	212	243	251	293
12	122	146	163	185	185	216	224	261
13	113	135	149	169	163	196	208	241
14	109	129	143	162	145	188	201	231
15	100	119	130	148	130	171	183	210
16	92	110	120	136	117	157	168	193
17	87	103	114	127	105	147	157	180
18	77	92	100	113	95	130	139	159
19	73	87	95	106	86	123	131	150
20	65	76	83	93	78	107	114	131
21	57	67	72	82	71	94	100	113
22	53	61	67	74	68	85	90	103
Max	248	305	335	378	410	443	475	558

Sumber : Hasil Analisis

Hasil kesalahan relatif (K_r) rerata antara debit banjir rancangan metode Nakayasu dan metode Collins adalah sebesar 4%.

Hasil analisis korelasi debit banjir rancangan metode Nakayasu dan metode Collins adalah sebesar 0,99.

Dalam analisis korelasi, korelasi dikatakan baik apabila nilai korelasi mendekati 1.

Dari hasil korelasi dapat disimpulkan bahwa korelasi cukup baik, dapat digunakan dalam perencanaan bangunan air.

Hasil analisis perhitungan korelasi debit banjir rancangan dapat dilihat pada tabel 13 seperti di bawah ini :

Tabel 13. Korelasi Debit Banjir Rancangan Metode Nakayasu dan Collins

Tr (tahun)	Debit Banjir (m^3/dt)	
	Nakayasu	Collins
2	256,340	248,200
5	322,469	305,339
10	326,940	334,689
25	362,303	378,220
50	410,251	410,251
100	423,842	442,569
200	496,100	474,507
1000	589,982	558,012
Korelasi	0,99	

Sumber : Hasil Analisis

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada daerah studi, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Nilai α terpilih yang sesuai dengan hasil kalibrasi antara HSS Nakayasu dan Hidrograf Pengamatan Metode Collins adalah 2,777.
- Nilai Kesalahan relatif (K_r) antara HSS Nakayasu dan Hidrograf Pengamatan Metode Collins untuk Q_p adalah sebesar 0,33%. Nilai rerata MAE antara HSS Nakayasu dan Hidrograf Pengamatan Metode Collins adalah sebesar 0,782.
- Kesalahan relatif (K_r) rerata antara debit banjir rancangan metode Nakayasu dan metode Collins adalah sebesar 4% dan nilai korelasi sangat baik yaitu $R = 0,99$. Dari hasil korelasi dapat disimpulkan bahwa dengan hasil korelasi cukup baik, dapat digunakan dalam perencanaan bangunan air dan pengendalian banjir sehingga dapat menghindari kesalahan estimasi dalam perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (1995). *Hidrologi dan Pengelolaan DAS*, University Press, Gajah Mada, Yogyakarta.
- Limantara, Lily Montarcih. (2010). *Hidrologi Praktis*, CV. Lubuk Agung, Bandung.
- Soemarto, C.D. (1995). *Hidrologi Teknik*. Surabaya : Penerbit Usaha Nasional.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk analisa Data)* jilid 1, Bandung : Nova.
- Sobriyah., dkk. 2014. *Analisis Hidrograf Aliran Daerah Aliran Sungai Keduang Dengan Beberapa Metode Hidrograf Satuan Sintetis*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil, Surakarta.
- Sri Harto, BR. (1993). *Hidrologi Teori, masalah, penyelesaian*. Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Sujono Joko., Jayadi Rachmad. 2007. *Hidrograf Satuan Permasalahan Dan Alternative Penyelesaian*. Forum Teknik Sipil, Yogyakarta.
- Sutapa, I.W., dkk. 2005. *Kajian Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Untuk Perhitungan Debit Rancangan DI Daerah Aliran Sungai Kodina*. Majalah Ilmiah, Universitas Tadulako, Palu.