

BAB III

ANALISA HIDROLOGI

3.1 Pendahuluan

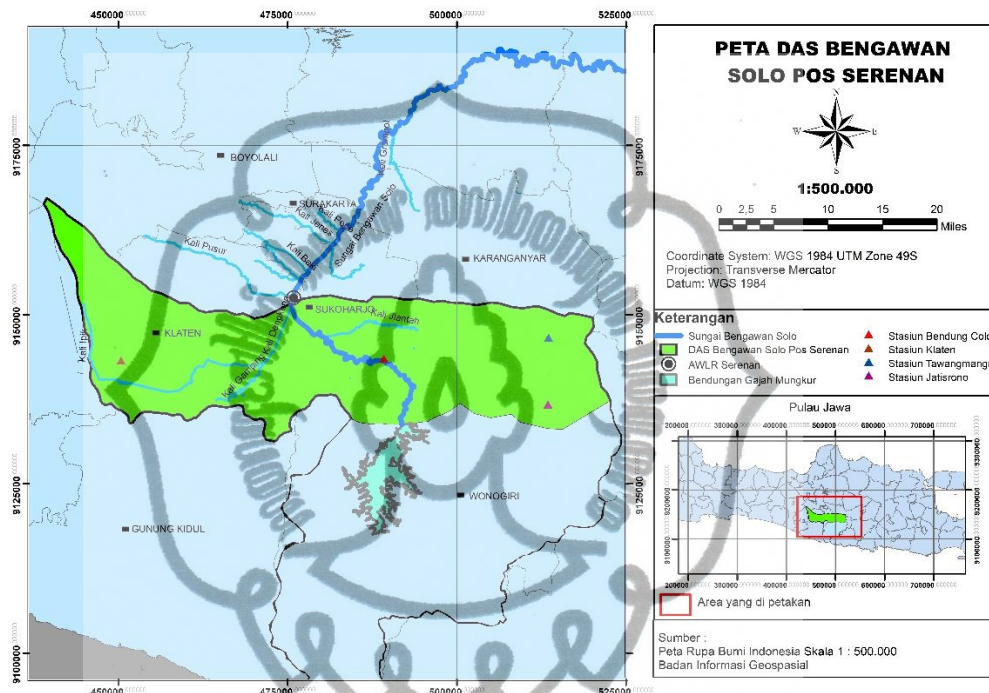
Analisa hidrologi Sungai Bengawan Solo ruas Dengkeng - Pusur dilakukan untuk mengetahui debit banjir maksimum pada berbagai periode ulang berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan analisa hidrograf satuan sintesis. Perhitungan debit banjir Sungai Bengawan Solo ruas Dengkeng-Pusur memperhitungkan debit banjir maksimum yang dilepas dari Bendungan Serbaguna Gajah Mungkur yang berada di hulu lokasi penelitian sebesar 400 m³/det sesuai Pola Operasi Waduk Gajah Mungkur.

Debit banjir periode ulang berdasarkan hasil pengamatan lapangan dilakukan berdasarkan analisa data pencatatan tinggi muka air dan debit pada pos AWLR Serenan yang berada pada Sungai Bengawan Solo ruas Dengkeng-Pusur. Luas DAS Bengawan Solo pada pos pengamatan Serenan 951,35 km².

Adapun perhitungan debit banjir berdasarkan analisa hidrograf satuan sintesis dilakukan berdasarkan data curah hujan pada 4 (empat) pos hujan yang berada di sekitar lokasi penelitian dan data karakteristik DAS. Perhitungan debit banjir periode ulang penting dilakukan karena dalam prakteknya data hidrologi yang tersedia secara kualitas kurang memadai karena beberapa kesalahan seperti kesalahan palsu yang berkaitan dengan pencatatan data, kesalahan sistemik yang berkaitan dengan kondisi alat ukur dan kesalahan acak yang berkaitan dengan aktivitas pemantauan dan pengukuran (WMO, 2008 dalam Bagiawan dkk, 2011). Pada situasi seperti ini perhitungan debit banjir membutuhkan analisa hidrograf satuan sintesis. Di Indonesia, metode hidrograf satuan sintesis yang umum digunakan adalah *Soil Conservation Service (SCS)*, Nakayasu dan Gama I (Ariyani dan Riadhi, 2019; Kristianto dkk, 2019; Marthina dkk, 2014; Margini dkk, 2017; Junia dkk, 2015). Pada penelitian ini ketiga metode tersebut digunakan untuk menganalisa debit banjir Sungai Bengawan Solo ruas Dengkeng-Pusur dan

membandingkan metode mana yang hasil analisisnya paling mendekati debit banjir hasil pengamatan lapangan.

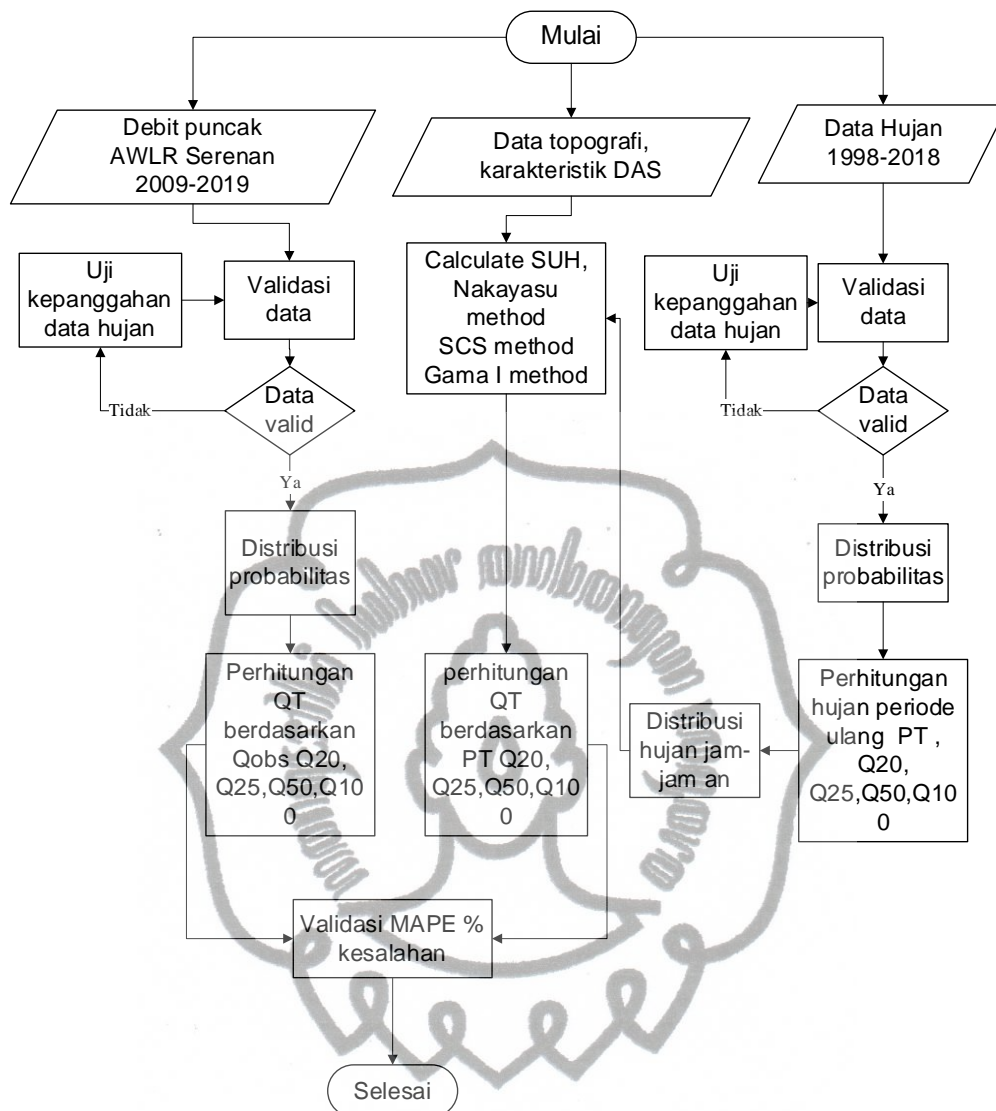
Temuan metode hidrograf satuan sintesis yang paling mendekati hasil pengamatan lapangan akan bermanfaat bagi perhitungan debit banjir maksimum saat terjadi kerusakan alat ukur atau pada lokasi lain yang memiliki karakteristik DAS serupa dengan lokasi penelitian.



Gambar 3.1 Peta DAS Pos AWLR Serenan

3.2 Metode Penelitian

Analisis debit banjir maksimum Sungai Bengawan Solo pada titik pengamatan pos Serenan dilakukan menggunakan dengan 3 metode, yaitu Metode Hidrograf Satuan Sintetis Soil Conservation Service, Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu, dan Metode Gama I. Selain itu dilakukan juga perhitungan debit banjir berdasarkan analisa tinggi muka air pengamatan yang tercatat pada pos pencatatan tinggi muka air Serenan. Tahapan metode penelitian dan data yang digunakan disajikan pada Gambar 2.

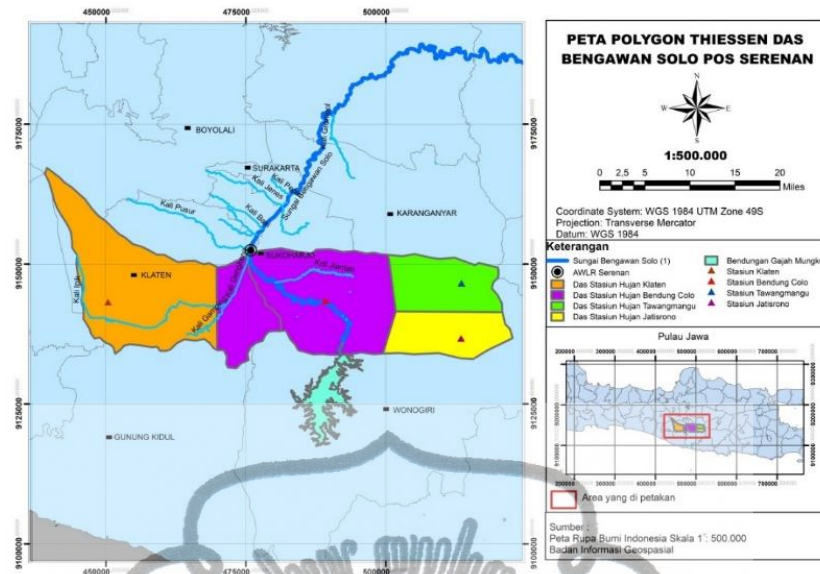


Gambar 3.2 Diagram Alir Analisa hidrologi

3.3 Hasil dan Pembahasan

3.3.1 Analisa Hujan Wilayah

Analisa hujan wilayah dilakukan untuk mengetahui curah hujan harian maksimum Tahunan di wilayah studi. Hujan harian maksimum didapat dengan mencari intensitas hujan terbesar selama 20 Tahun, dari Tahun 1999 sampai dengan 2018 dari 4 (empat) stasiun hujan yaitu Stasiun Tawangmangu, Jatisrono, Klaten, dan Bendung Colo. Perhitungan hujan kawasan dilakukan dengan menggunakan metode Polygon Thiessen.



Gambar 3.3 *Polygon Thiessen* untuk Sungai Bengawan Solo pada Pos Serenan
Data hujan wilayah pada DAS Bengawan Solo Pos Serenan berdasarkan analisa data hujan pada pos hujan Jatisrono, Klaten, Bendung Colo dan Tawangmangu dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hujan Wilayah Pada DAS Bengawan Solo Pos Serenan.

Tahun	Stasiun Hujan				Hujan Wilayah
	Jatisrono	Klaten	Bendung Colo	Tawangmangu	
1999	19,3	38,3	28,1	17,6	38,3
2000	35,9	29,1	36,2	35,1	36,2
2001	9,8	30,7	33,2	32,5	33,2
2002	16,3	37,8	33,7	18,9	33,7
2003	33,3	35,0	109,6	23,8	109,6
2003	17,2	35,2	32,1	27,8	35,2
2005	11,8	50,5	37,7	22,0	50,5
2006	50,3	23,0	33,8	26,3	50,3
2007	20,1	37,3	35,0	63,2	63,2
2008	26,0	26,1	95,1	27,8	95,1
2009	23,6	37,8	36,9	33,7	37,8
2010	10,2	35,3	33,8	21,8	35,3
2011	19,2	30,3	31,3	18,9	31,3
2012	36,8	73,3	73,3	13,5	73,3
2013	18,3	31,3	31,2	20,8	31,3
2013	20,8	33,7	37,7	17,3	37,7
2015	52,2	57,0	33,5	36,3	57,0
2016	21,9	71,1	38,6	29,3	71,1
2017	67,0	130,2	130,2	19,5	130,2
2018	78,5	63,3	63,3	38,7	78,5

Sumber : Hasil Analisa, 2020

commit to user

Berdasarkan Tabel 3.1, curah hujan harian maksimum Tahunan yang terjadi pada DAS Bengawan Solo Pos Serenan yaitu pada Tahun 2017 dengan intensitas sebesar 130,2 mm/jam.

3.3.2 Analisa Frekuensi

Analisis frekuensi merupakan prosedur untuk memperkirakan frekuensi kejadian atau kemungkinan kejadian masa lalu dan/atau peristiwa masa depan (Haan, 1977). Dalam penelitian ini, analisa data hujan dimaksudkan untuk menentukan besarnya hujan rencana. Analisis ini meliputi beberapa tahapan hitungan antara lain hitungan hujan wilayah daerah aliran sungai (DAS) diikuti dengan analisa frekuensi dan lengkung intensitas hujan. Dengan menghitung parameter statistik seperti nilai rerata, standard deviasi, koefisien variasi, dan koefisien skewness dari data yang ada serta diikuti dengan uji statistik, maka distribusi probabilitas hujan yang sesuai dapat ditentukan. Berdasarkan hasil perhitungan parameter statistik, nilai Cs (*skewness*) adalah 0,88, nilai Ck (*kurtosis*) adalah 3,32 dan nilai Cv (*variasi*) adalah 0,09. sehingga analisa distribusi hujan menggunakan metode Log Pearson III.

3.3.3 Uji Kecocokan Distribusi Hujan

Hasil analisa uji kecocokan distribusi hujan pada DAS Bengawan Solo Pos Serenan didapat $\Delta \text{ maks} = 0.10$ dan nilai $\Delta \text{ cr} = 0,29$, sehingga $\Delta \text{ maks} < \Delta \text{ cr}$, oleh karena itu itu distribusi hujan dapat diterima.

3.3.4 Perhitungan Hujan Periode Ulang

Perhitungan hujan periode ulang membutuhkan nilai Koefisien (G) dari Tabel Log Pearson III, hasil Standart Deviasi (Sd), dan rerata (Xr). Contoh perhitungan hujan periode ulang 2 Tahunan untuk DAS Sungai Bengawan Solo Pos Serenan, adalah sebagai berikut:

$$\text{Log XT} = \text{Log X rata rata} + G.Sd$$

$$\text{Log X}_2 = (1,75) + (-0,13) \cdot (0,16)$$

$$\text{X}_2 = 52,85$$

Tabel 3.2 menunjukkan rekapitulasi curah hujan periode ulang pada DAS Bengawan Solo pada titik pengamatan pos Serenan.

Tabel 3.2 Rekapitulasi Curah Hujan Periode Ulang Sungai Bengawan Solo Pos Serenan.

Periode Ulang	G (Koef Log Pearson III)	G.Sd	Xr+(G.Sd)	Rt (Hujan Rencana) (mm/hr)
1.01	-1,6	-0,3	1,5	30,3
2	-0,1	-0,0	1,7	52,9
5	0,8	0,1	1,9	73,6
10	1,3	0,2	1,9	92,3
20	1,8	0,3	2,0	109,3
25	2,0	0,3	2,1	118,9
50	2,5	0,3	2,2	132,3
100	2,9	0,5	2,2	168,8
200	3,3	0,6	2,3	199,2

Sumber : Hasil Analisa, 2020

3.3.5 Analisa Hujan Jam-Jaman dan Hujan Efektif

Intensitas hujan jam-jaman yang dianalisa dengan Metode Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hasil Analisa Intensitas Hujan Jam-jaman dengan Metode Tadashi Tanimoto

Periode Ulang	Intensitas Hujan (I)								
	1,01 Th.	2 Th.	5 Th.	10 Th.	20 Th.	25 Th.	50 Th.	100 Th.	200 Th.
R24 (mm)	30,3	52,9	73,6	92,3	109,3	118,9	132,3	168,8	199,2
t	mm/ jam	mm/ jam	mm/ jam	mm/ jam	mm/ jam	mm/ jam	mm/ jam	mm/ jam	mm/ jam
1	10,5	18,3	25,9	32,0	37,9	31,3	39,3	58,5	69,0
2	6,6	11,5	16,3	20,2	23,9	25,9	31,1	36,9	33,5
3	5,1	8,8	12,3	15,3	18,2	19,8	23,7	28,1	33,2
3	3,2	7,3	10,3	12,7	15,0	16,3	19,6	23,2	27,3
5	3,6	6,3	8,8	10,9	12,9	13,1	16,9	20,0	23,6
6	3,2	5,6	7,8	9,7	11,5	12,5	13,9	17,7	20,9
7	2,9	5,0	7,1	8,8	10,3	11,3	13,5	16,0	18,9
8	2,6	3,6	6,5	8,0	9,5	10,3	12,3	13,6	17,3

Sumber : Hasil Analisa, 2020

Analisa hujan efektif dilakukan untuk mengetahui intensitas hujan jam-jaman yang dipengaruhi oleh koefisien limpasan dari tutupan lahan untuk selanjutnya masuk ke sungai. Diketahui pola tutupan lahan pada Sub DAS Bengawan Solo Pos Serenan adalah pemukiman dan persawahan, sehingga diperoleh nilai yang paling sesuai

adalah $C = 0,55$. Hasil analisa intensitas hujan jam-jaman yang dipengaruhi koefisien limpasan dapat dilihat pada Tabel 3.4.



Tabel 3.4 Hasil Analisa Hujan Efektif Sungai Bengawan Solo Pos Serenan

Waktu (jam)	Distribusi (%)	Hujan Efektif (mm/jam) = R eff								
		1,01 Th.	2 Th.	5 Th.	10 Th.	20 Th.	25 Th.	50 Th.	100 Th.	200 Th.
1	26,0	3,3	7,6	10,6	13,2	15,6	17,0	20,3	23,1	28,5
2	23,0	3,0	6,9	9,9	12,1	13,3	15,7	18,8	22,3	26,3
3	17,0	2,8	3,9	6,9	8,6	10,2	11,1	13,3	15,8	18,6
3	13,0	2,2	3,8	5,3	6,6	7,8	8,5	10,2	12,1	13,2
5	7,0	1,2	2,0	2,9	3,6	3,2	3,6	5,5	6,5	7,7
6	5,5	0,9	1,6	2,3	2,8	3,3	3,6	3,3	5,1	6,0
7	3,0	0,7	1,2	1,6	2,0	2,3	2,6	3,1	3,7	3,3
8	3,5	0,6	1,0	1,3	1,8	2,1	2,3	2,7	3,3	3,8
R eff	100,0	16,6	29,0	31,0	50,7	60,1	65,3	78,3	92,9	109,5
Koefisien Limpasan gabungan (c)	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
R rencana		30,3	52,8	73,5	92,3	109,3	118,9	132,3	168,8	199,2

Sumber: Analisa, 2020

3.3.6 Hidrograf Satuan Sintetis Soil Conservation Service (SCS)

Rekapitulasi Analisa Perhitungan untuk Parameter Hidrograf Satuan Sintetis *Soil Conservation Service* (SCS) Sungai Bengawan Solo Pos Serenan ditampilkan dalam Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Parameter HSS-SCS Sungai Bengawan Solo Pos Serenan

No	Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
1	Luas DAS	A	951,35	Km ²
2	Panjang Saluran Utama	L	36,9	Km
3	Infiltrasi Maksimum	F	8,2	Inchi
5	Kedalaman Hujan Harian	P	2,8	Inchi
6	Kedalaman Hujan Efektif Harian	P.ef	0,2	inchi

Sumber : Hasil Analisa, 2020

Adapun parameter persamaan kurva Hidrograf Satuan Sintetis *Soil Conservation Service* (SCS) dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Persamaan Kurva HSS-SCS Sungai Bengawan Solo Pos Serenan

No	Persamaan	Notasi	Nilai	Satuan
1	Waktu Konsentrasi	Tc	8,0	jam
2	Waktu Keterlambatan	tp	9,2	jam
3	Waktu Naik	Tp	10,0	jam
3	T0	T0	5.3	jam
5	T0/Tp	T0/Tp	0,5	jam
6	Tinggi Debit Puncak	qp	86325,8	inchi
7	Debit Puncak Harian	Qp	215,5	m ³ /dt

Sumber : Hasil Analisa, 2020

Debit Banjir Maksimum Periode Ulang Sungai Bengawan Solo Pos Serenan dengan Metode *Soil Conservation Service* (SCS) dapat dilihat ada Tabel 3.7. Perhitungan tersebut memperhitungkan debit banjir maksimum yang dilepas dari Waduk Serbaguna Gajah Mungkur yang berada di hulu lokasi penelitian sebesar 400 m³/det sesuai Pola Operasi

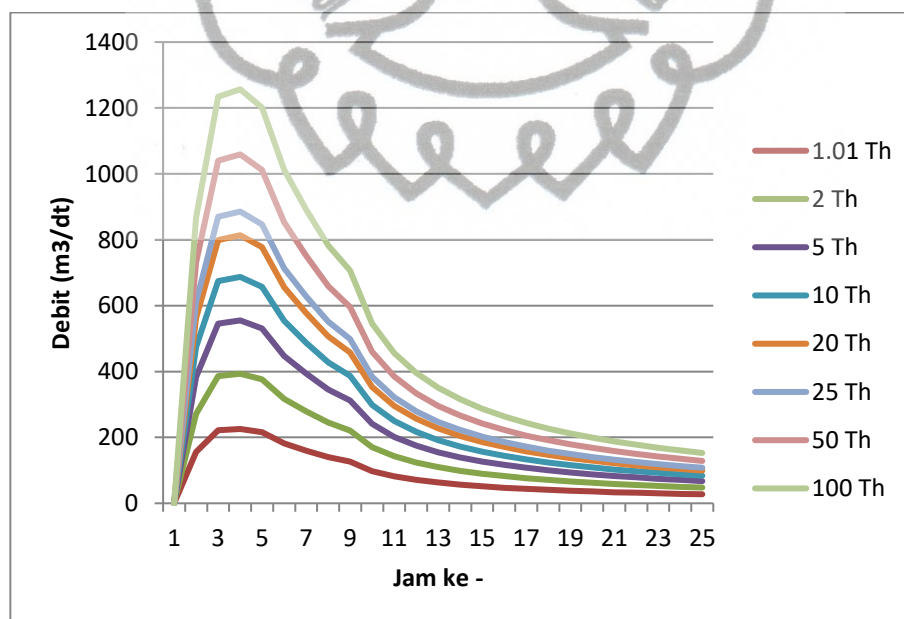
Waduk Gajah Mungkur dan diasumsikan tetap untuk setiap perhitungan banjir periode ulang.

Tabel 3.7 Debit Banjir Maksimum Periode Ulang Sungai Bengawan Solo Pos Serenan dengan Metode HSS *Soil Conservation Service* (SCS)

Periode Ulang (Tahun)	Debit Banjir Maks Metode HSS-SCS +Debit Waduk Wonogiri
1.01	625,62
2	793,31
5	955,15
10	1087,16
20	1213,77
25	1285,57
50	1459,12
100	1656,59

Sumber : hasil analisa, 2020

Adapun hidrograf debit banjir kala ulang Sungai Bengawan Solo Pos Serenan Metode HSS-SCS dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Hidrograf Debit Banjir Periode Ulang Sungai Bengawan Pos Serenan Metode HSS-SCS

3.3.7 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu adalah sebagai berikut:

a. Identifikasi Karakteristik DAS dan Hujan

Karakteristik DAS Bengawan Solo Pos Serenan adalah sebagai berikut:

Luas DAS (A)	:	951,35 km ²
Panjang Saluran Utama (L)	:	36,90 km
Satuan Waktu Curah Hujan (Tr)	:	1,78 jam
Koefisien Aliran (C)	:	0,55

b. Karakteristik Parameter Hidrograf Satuan Sintetis

Karakteristik parameter Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu adalah sebagai berikut:

- Waktu Konsentrasi (Tg) : 2,5 Jam
- Satuan Waktu dari Curah Hujan (Tr) : 1,78 Jam
- Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf banjir (Tp) = 3 Jam
- Koef Karakteristik DAS (α) = 2,5
- Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak banjir (T0,3)
T0,3 = 6
- Waktu dari permulaan banjir sampai 0,3 kali debit puncak banjir
Tp+T0,3 = 10 Jam
- Debit Puncak banjir (Qp)

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

$$Q_p = 33,670 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{mm}$$

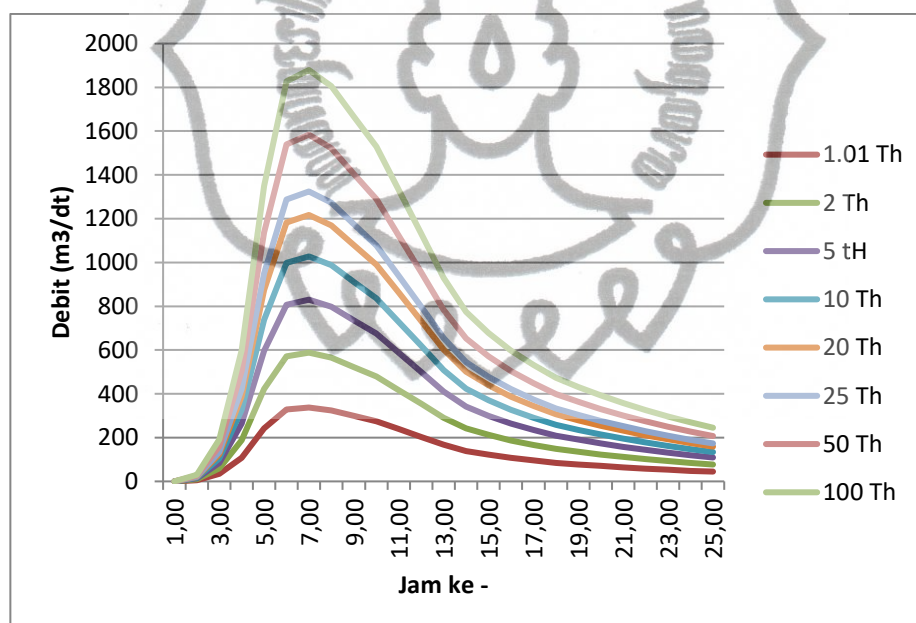
Debit Banjir Maksimum Periode Ulang Sungai Bengawan Solo Pos Serenan dengan Metode HSS Nakayasu dapat dilihat ada Tabel 3.8. Perhitungan tersebut memperhitungkan debit banjir maksimum yang dilepas dari Waduk Serbaguna Gajah Mungkur yang berada di hulu lokasi penelitian sebesar 400 m³/det sesuai Pola Operasi Waduk Gajah Mungkur dan diasumsikan tetap untuk setiap perhitungan banjir periode ulang.

Tabel 3.8 Debit Banjir Maksimum Periode Ulang Sungai Bengawan Solo Pos Serenan dengan Metode HSS Nakayasu

Kala Ulang (Tahun)	Debit Banjir Maksimum Metode HSS Nakayasu + Debit Waduk Wonogiri
1.01	765,43
2	1037,03
5	1299,17
10	1512,97
20	1718,05
25	1834,34
50	2115,42
100	2435,27

Sumber : Hasil Analisa, 2020

Adapun hidrograf debit banjir kala ulang Sungai Bengawan Solo Pos Serenan Metode Nakayasu SCS dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Hidrograf Debit Banjir Periode Ulang Sungai Bengawan Solo Pos Pengamatan Serenan Metode HSS Nakayasu

3.3.8 Metode Hidrograf Satuan Sintetis Gama I

Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis Gama I adalah sebagai berikut:

a. Identifikasi parameter perhitungan untuk analisa unit hidrograf Sungai Bengawan Solo pada Pos Pengamatan Serenan.

1. Jumlah pangsa sungai tingkat 1 = 15 buah
2. Jumlah pangsa sungai semua tingkat = 16 buah
3. Panjang pangsa sungai tingkat 1 = 295,86 km
4. Panjang pangsa sungai semua tingkat = 332,76 km
5. Jumlah pertemuan sungai (JN) = 13 buah
6. Luas DTA total (A) = 951,35 km²
7. Luas DTA hulu (AU) = 628,83 km²
8. Panjang saluran utama (L) = 36,9 km
9. 0,75 L = 27,68 km
10. 0,25 L = 9,23 km
11. Elevasi dasar sungai di hulu = 127 m
12. Elevasi dasar sungai di hilir = 86 m
13. Kemirngan sungai rata – rata (S) = 0,0011133
14. Faktor Sumber (SF) = 0,889
15. Frekuensi Sumber = 0,938
16. Kerapatan jaringan kuras (D) = 0,350 km/km²
17. B . 0,75 L = 58,9 km
18. B . 0,25 L = 23,5 km
19. Faktor Lebar (WF) = 2,506
20. Perbandingan DTA hulu dan DTA (RUA) = 0,661
21. Faktor simetri atau *Symmetry Factor* (SIM)

$$\text{SIM} = \text{RUA} \times \text{WF}$$

$$= 1,6567$$
22. Waktu Naik (TR)

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

$$= 3,0 \text{ jam}$$

23. Debit Puncak (Q_p)

$$Q_p = 0,1836 A^{0,5886} J N^{0,2381} T R^{-0,4008}$$

$$= 12,3236 \text{ m}^3/\text{dt}$$

24. Waktu Dasar (T_B)

$$T_B = 27,4132 T R^{0,1457} S^{-0,0986} S N^{0,7344} R U A^{0,2574},$$

$$= 53,123 \text{ jam}$$

25. Koefisien Tampung (k)

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

$$= 5,586$$

26. Debit Hitung Setelah Q_p (Q_t)

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

$$\emptyset \text{ indeks} = 10,4903 - 3,85 \cdot 10^{-6} A^2 + 1,6985 \cdot 10^{-13} \left(\frac{A}{S N}\right)^4$$

$$= 7,178$$

$$Q_B = 0,4751 A^{0,6444} D^{0,943}$$

$$= 13,639$$

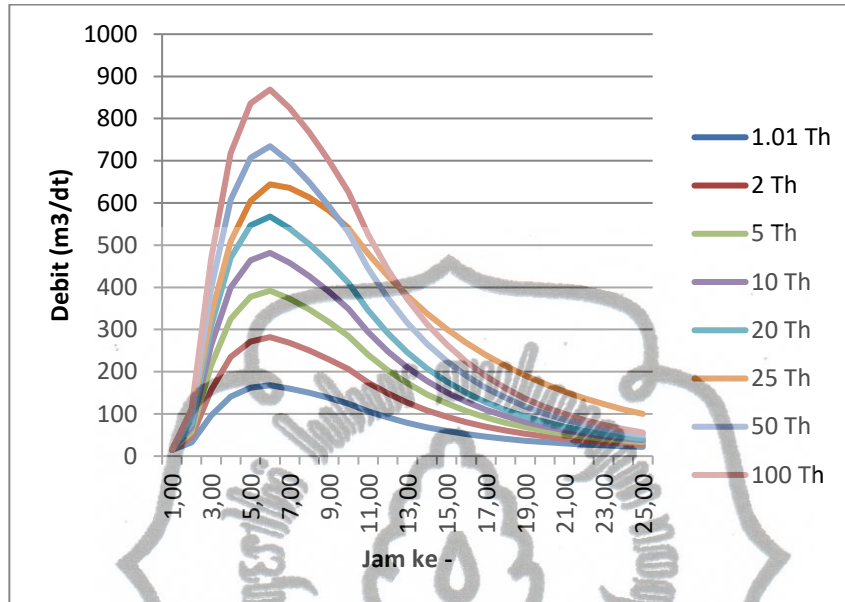
Debit Banjir Maksimum Periode Ulang Sungai Bengawan Solo Pos Serenan dengan Metode Gama I dapat dilihat ada Tabel 3.9. Perhitungan tersebut memperhitungkan debit banjir maksimum yang dilepas dari Waduk Serbaguna Gajah Mungkur yang berada di hulu lokasi penelitian sebesar $400 \text{ m}^3/\text{det}$ sesuai Pola Operasi Waduk Gajah Mungkur dan diasumsikan tetap untuk setiap perhitungan banjir periode ulang.

Tabel 3.9 Debit Maksimum Sungai Bengawan Solo Pos Pengamatan Serenan dengan Metode Gama I

Kala Ulang (Tahun)	Debit Banjir Maksimum Metode HSS Gama I
1,01	568,00
2	681,96
5	791,97
10	881,69
20	967,74
25	1044,07
50	1134,49
100	1268,71

Sumber : Hasil Analisa, 2020

Adapun hidrograf debit banjir kala ulang Sungai Bengawan Solo Pos Serenan Metode Gama I dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Hidrograf Debit Banjir Kala Ulang Sungai Bengawan Solo Pos Serenan Metode HSS-Gama I

3.3.9 Analisa Debit Periode Ulang berdasarkan Hasil Pengamatan

Debit Periode ulang Sungai Bengawan Solo Pos Serenan dihitung berdasarkan hasil pengamatan pada AWLR Serenan. Data yang tersedia pada AWLR Serenan adalah selama 10 Tahun mulai Tahun 2009 sampai dengan Tahun 2018 yang diperoleh dari BBWS Bengawan Solo. Adapun data tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Debit Maksimum dan Tinggi Muka Air Maksimum pada Pos AWLR Serenan

Tahun	TMA Max AWLR Serenan (m)	Debit Max AWLR Serenan (m³/s)
2009	4,6	827,1
2010	4,2	704,9
2011	4,5	795,8
2012	4,9	914,3
2013	4,8	891,4
2014	3,7	575,0
2015	4,2	710,9
2016	5,0	957,7
2017	4,8	991,6
2018	3,9	630,1
2019	3,9	618,9

Sumber : Hasil Analisa, 2020

commit to user

Tahapan analisa untuk menghitung debit periode ulang Sungai Bengawan Solo berdasarkan data pada pos AWLR serenan adalah sebagai berikut:

a. Analisa Distribusi Frekuensi

Hasil Analisa untuk memperoleh parameter statistik, yaitu C_s , C_k , C_v dapat dilihat pada Tabel 3.11.

Tabel 3. 11 Jenis Metode Distribusi Frekuensi

Jenis Distribusi	Syarat	Perhitungan	Kesimpulan
Normal	$C_s \approx 0$	-0,0033	Tidak memenuhi
	$C_k \approx 3$	2,3660	Tidak memenuhi
Gumbel	$C_s \leq 1,1396$	-0,0033	Memenuhi
	$C_k \leq 5,3002$	2,3661	Memenuhi
Log Pearson III	$C_s \neq 0$	-0,1979	Memenuhi
Log Normal	$C_s \approx 3C_v + (C_v)^2 = 3$	-0,1979	Tidak memenuhi
	$C_k = 5,383$	2,5238	Tidak memenuhi

Sumber : Hasil Analisa, 2020

Dari tabel 3.11 dapat disimpulkan analisa distribusi frekuensi untuk debit sungai AWLR Serenan dapat menggunakan Metode Gumbel dan Log Pearson III. Namun dalam penelitian ini digunakan Metode Log Pearson III, dengan pertimbangan syarat yang telah terpenuhi. Hasil analisa dengan menggunakan metode ini dapat dilihat pada Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Perhitungan Debit Periode Ulang dengan Distribusi Frekuensi Log Pearson III

Periode Ulang	G	G.Sd	$X_r + (G.Sd)$	Q (m ³ /s)
1.01	-1,6	-0,1	2,8	565,5
2	0,0	0,0	2,9	775,8
5	0,9	0,1	2,9	905,1
10	1,3	0,1	2,9	977,7
20	1,5	0,1	3,0	1031,0
25	1,7	0,1	3,0	1058,8
50	1,9	0,2	3,0	1115,1
100	2,2	0,2	3,1	1163,3
200	2,3	0,2	3,1	1208,8

Sumber : Hasil Analisa, 2020

b. Debit Periode Ulang

Hasil analisa debit periode ulang Sungai Bengawan Solo pada pos AWLR Serenan dapat dilihat pada Tabel 3.13.

Tabel 3.13 Debit Periode Ulang di Pos AWLR Serenan

Periode Ulang	Q (m ³ /s)
1,01	565,5
2	775,8
5	905,1
10	977,7
20	1031,0
25	1058,8
50	1115,1
100	1163,4

Sumber: Hasil Analisa, 2020

3.3.10 Verifikasi Hasil Perhitungan Menggunakan Metode *Mean Absolute*

Percentage Error (MAPE)

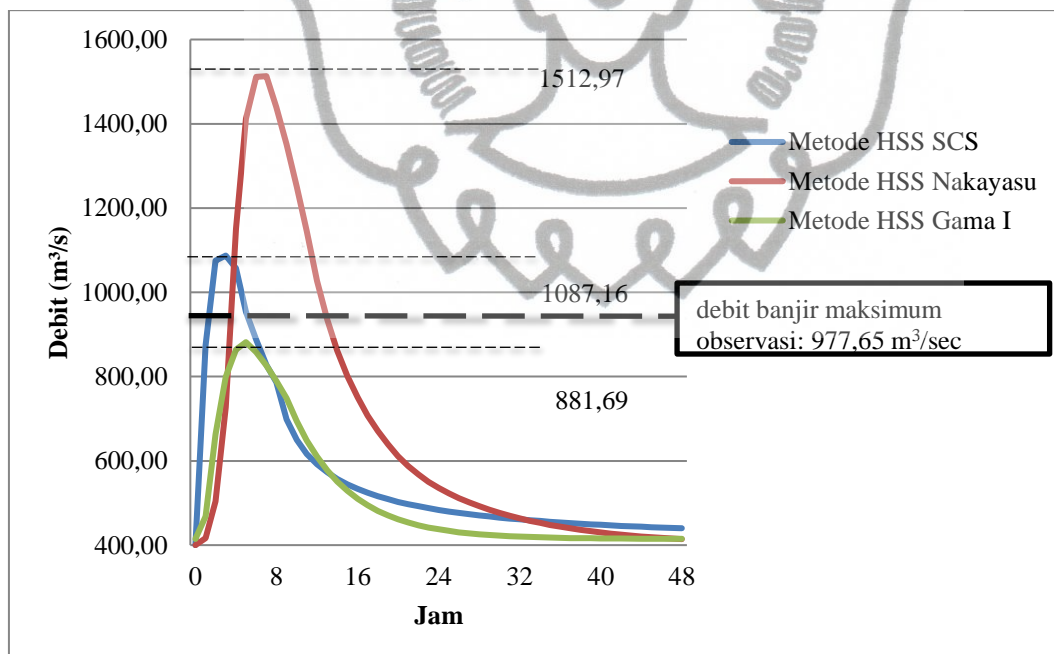
Hasil analisa perhitungan debit banjir maksimum Sungai Bengawan Solo di pos Pengamatan Serenan yang berada pada Ruas Dengkeng-Pusur menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis Soil Conservation Service, Nakayasu, Gama I serta hasil analisa debit banjir maksimum berdasarkan analisa data pengamatan Pos AWLR Serenan dapat dilihat pada Tabel 3.14. Dalam analisa tersebut, setiap metode sudah memperhitungkan debit banjir maksimum yang dilepas dari Waduk Serbaguna Gajah Mungkur yang berada di hulu lokasi penelitian sebesar 400 m³/det sesuai Pola Operasi Waduk Gajah Mungkur dan diasumsikan tetap untuk setiap perhitungan banjir periode ulang.

Tabel 3.14 Debit Banjir Maksimum Setiap Metode

Periode Ulang	Q (m ³ /dt)			
	Metode HSS SCS	Metode HSS Nakayasu	Metode HSS Gama I	Debit Sungai Pos AWLR Serenan
1	625,62	765,43	568,00	565,53
2	793,31	1037,03	681,96	775,77
5	955,15	1299,17	791,97	905,13
10	1087,16	1512,97	881,69	977,65
20	1213,77	1718,05	967,74	1031,04
25	1285,57	1834,34	1044,07	1058,82
50	1459,12	2115,42	1134,49	1115,06
100	1656,59	2435,27	1268,71	1163,37

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Perbandingan hidrograf satuan sistesis dari ke-3 metode dan hasil pengamatan untuk debit banjir periode ulang 10 Tahun dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Hidrograf Satuan Sintetis Debit Banjir Rancangan Periode Ulang 10 Tahun Hasil validasi debit banjir maksimum metode Hidrograf Satuan Sintetis *Soil Conservation Service*, Nakayasu, dan Gama I, terhadap debit banjir maksimum berdasarkan analisa data pengamatan Pos AWLR Serenan menggunakan Metode MAPE dapat dilihat pada Tabel 3.15.

Tabel 3.15 Validasi Debit Banjir Maksimum Setiap Metode Terhadap Debit Banjir Maksimum Pengamatan

PERSENTASE KESALAHAN RATA-RATA ABSOLUT (%)		
GAMA 1	HSS SCS	NAKAYASU
8,0	16,5	36,0

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Tabel 3.15 menunjukkan bahwa debit banjir maksimum Sungai Bengawan Solo Ruas Dengkeng-Pusur menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis Gama I mempunyai persentase kesalahan paling kecil atau paling akurat dibanding 2 (dua) metode lainnya. Metode Gama I dikembangkan berdasarkan hasil kajian di 30 DAS di Pulau Jawa dengan input parameter yang lebih lengkap dibanding 2 (dua) metode lainnya sehingga lebih representatif dalam analisa hidrologi di Sungai Bengawan Solo ruas Dengkeng-Pusur.

3.4 Inti Temuan

Berdasarkan hasil penelitian didapat inti temuan sebagai berikut :

1. Debit banjir maksimum menggunakan Hidrograf Satuan Sintetis Gama I paling mendekati debit pengamatan lapangan dengan prosentase kesalahan sebesar 8,0% diikuti Hidrograf Satuan Sintetis Soil Conservation Service (SCS) sebesar 16,5%, sedangkan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu mempunyai simpangan terbesar yaitu sebesar 36,0%.
2. Metode Hidrograf Satuan Sintetis Gama I sangat baik diterapkan di lokasi penelitian jika sewaktu-waktu terjadi kerusakan alat ukur tinggi muka air atau pada lokasi lain yang memiliki karakteristik DAS serupa dengan lokasi penelitian.
3. Hasil analisa debit banjir maksimum periode ulang 10 Tahun berbagai metode sebesar 881,69 m³/det sampai dengan 1.512,97 m³/det berada dalam kisaran debit banjir rancangan tanggul Sungai Bengawan Solo ruas Dengkeng-Pusur sebesar 1.240 m³/det.