

Analisis Intensitas Hujan dan Karakteristik Das Piring Kota Madiun

Hendro Susilo¹, Setiyo Daru Cahyono², Arif Afrianto³, Dimas Ardhi Nugraha⁴

Teknik Sipil, Universitas Merdeka Madiun

E-mail: hendro_susilo@unmer-madiun.ac.id

Alamat: Jl. Serayu No. 79 Madiun

Korespondensi penulis: hendro_susilo@unmer-madiun.ac.id

Abstract. *This research, entitled Analysis of Rain Intensity and Characteristics of the Madiun City Piring Watershed, aims to obtain rain intensity values based on rainfall data, finding the peak value of flood discharge for the Piring Watershed using the HSS Gama 1, HSS Limantara and HSS Nakayasu methods. The location of this work is the Piring River in Madiun City and Regency, East Java Province. Kali Piring is located to the east of Madiun city combing the city from south to north. The Piring River originates at the foot of Mount Wilis, flows west and turns north right in Pilang Bango Village, Kartoharjo District, Madiun City, heading north until it empties into the Jerowan River. Research was taken using daily rainfall data from 2009 to 2018. Daily rainfall data collection includes three rain stations including Klegen rain station, Babadan rain station, Dungus rain station. From this research it can be concluded that the results of the distribution chosen for return periods 2, 5, 10, 20, 50 for the last 10 (ten) years are normal distribution. The Normal method meets the requirements for the Chi-Square and Smirnov Kolmogorov distributions. Flood discharge uses GAMA I synthetic unit hydrograph calculations with return periods of 2, 5, 10, 20, 50 with a maximum discharge value of 501.78 m³/sec. The flood discharge used is the result of the Nakayasu HSS calculation, because the Nakayasu HSS calculation has the largest peak discharge value compared to the other two HSS methods, while the smallest peak discharge value is the Limantara HSS method.*

Keywords: *Rain intensity, IDF curve, flood, watershed.*

Abstrak. Penelitian ini yang berjudul Analisis Intensitas Hujan Dan Karakteristik DAS Piring Kota Madiun bertujuan untuk mendapatkan nilai intensitas hujan berdasarkan data curah hujan, mencari besar nilai puncak debit banjir DAS Piring menggunakan metode HSS Gama 1, HSS Limantara dan HSS Nakayasu. Lokasi pekerjaan ini adalah Kali Piring di Kota dan Kabupaten Madiun, Propinsi Jawa Timur. Kali Piring berada di sebelah timur kota Madiun menyusir kota dari selatan ke utara. Kali Piring berhulu pada kaki Gunung Wilis, mengalir ke barat dan berbelok ke utara tepat di Kelurahan Pilang Bango Kecamatan Kartoharjo Kota Madiun menuju ke Utara sampai bermuara ke Kali Jerowan. Penelitian diambil menggunakan data curah hujan harian tahun 2009 sampai dengan tahun 2018. Pengambilan data curah hujan harian meliputi tiga stasiun hujan antara lain stasiun hujan Klegen, stasiun hujan Babadan, stasiun hujan Dungus. Dari penelitian ini dapat disimpulkan hasil Distribusi yang dipilih untuk untuk periode ulang 2, 5, 10, 20, 50 untuk jangka waktu 10 (sepuluh) tahun terakhir adalah distribusi normal. Metode Normal memenuhi syarat untuk distribusi Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov. Debit banjir menggunakan perhitungan hidrograf satuan sintesis GAMA I dengan periode ulang 2, 5, 10, 20, 50 dengan nilai debit maksimum 501,78 m³/detik. Debit banjir yang dipakai adalah hasil perhitungan HSS Nakayasu, karena perhitungan HSS Nakayasu memiliki nilai debit puncak paling besar dibandingkan dengan kedua metode HSS lainnya, sedangkan untuk nilai debit puncak terkecil adalah metode HSS Limantara.

Kata kunci: Intensitas hujan, kurva IDF, banjir, DAS.

LATAR BELAKANG

Sejak awal peradaban manusia, air merupakan kebutuhan utama bagi kehidupan di bumi dan syarat penting dalam rangka meningkatkan taraf hidup manusia dan untuk memenuhi berbagai macam kebutuhan manusia. Manusia sangat membutuhkan air, baik dikonsumsi untuk air minum maupun untuk aktifitas dan keperluan yang lainnya. Namun

selain dapat memberikan manfaat yang besar, air juga dapat menimbulkan bencana-bencana dan kerugian-kerugian baik jiwa maupun harta apabila manusia tidak lagi memperhatikan keseimbangan alam dalam bertindak dan berbuat.

Tidak tersedianya kurva IDF di Kota Madiun khususnya di DAS Piring memberikan peluang besar dalam penelitian ini. Kurva IDF yang telah dibuat akan menghasilkan intensitas yang dapat digunakan untuk perencanaan di bidang sumber daya air, perencanaan bangunan keairan dan perencanaan perkiraan banjir. Hal ini juga menarik dalam penelitian karena dapat memberikan gambaran tentang kurva IDF di DAS Piring Kota Madiun.

Pengembangan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan perancangan berbagai bangunan keairan memerlukan data masukan curah hujan. Data tersebut di antaranya data intensitas hujan, durasi, dan frekuensi yang disajikan dalam bentuk kurva intensitas durasi frekuensi (IDF). Kemiringan lereng adalah beberapa factor yang menentukan karakteristik topografi suatu DAS. Semakin besar kemiringan lereng maka semakin cepat laju air. Karakteristik DAS Piring merupakan salah satu unsur utama dalam pengelolaan DAS. Karakteristik DAS Piring dapat diketahui dengan menentukan bentuk dan ukuran DAS, topografi, geologi dan tata guna lahan. Bentuk DAS merupakan salah satu karakteristik DAS yang berpengaruh terhadap debit puncak hidrograf.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di awal, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut: Berapa nilai intensitas hujan yang sesuai dengan DAS Piring ?; Berapa besar debit puncak banjir di DAS Piring berdasarkan 3 metode HSS Nakayasu, Gamma I, Limantara ?; Bagaimana karakteristik DAS Kali Piring Kota Madiun ?.

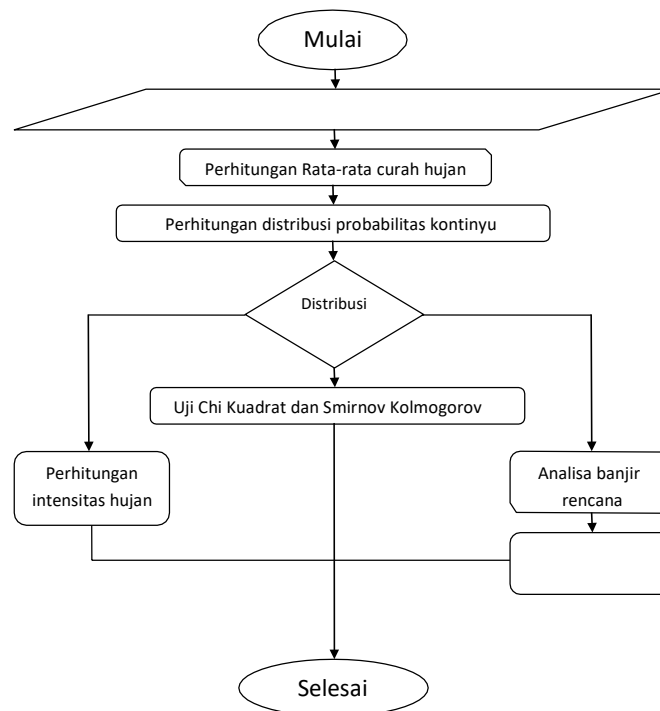
Tujuan pada Analisis Intensitas Hujan dan Karakteristik DAS Piring Kota Madiun adalah sebagai berikut: Mendapatkan nilai intensitas hujan berdasarkan DAS Piring. Mengetahui besar debit puncak banjir di DAS Piring berdasarkan 3 metode HSS Nakayasu, Gamma I, Limantara. Mengetahui karakteristik DAS Piring.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah Deskriptif Kuantitatif. Metode ini merupakan pengumpulan data, analisis data dan interpretasi hasil analisis untuk untuk

mendapatkan informasi guna pengambilan keputusan kesimpulan. Lokasi penelitian di Kali Piring Kota Madiun. Data yang dibutuhkan berupa peta Kali Piring Kota Madiun beserta data hujan dari stasiun hujan yang terpilih. Penelitian ini hanya menggunakan Microsoft Exel. Data yang dibutuhkan antara lain : Data hujan dari UPT PSDA Wilayah Sungai Madiun Dinas pekerjaan umum pengairan, dalam hal ini data hujan yang dipakai adalah data hujan harian 10 tahun dari tahun 2009 – 2018; Data DAS Piring Kota Madiun.

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata

Melalui metode Aljabar dapat diketahui rata-rata curah hujan kota Madiun diwakili oleh 3 (tiga) titik pengamatan atau stasiun hujan yaitu stasiun hujan yaitu stasiun hujan Klegen, Stasiun Babadan, Stasiun Dungus.

Tabel 1. Data Curah Hujan Maksimum Stasiun Klegen, Dungus dan Babadan

NO	TAHUN	STASIUN			CURAH HUJAN RATA-RATA
		KLEGEN	DUNGUS	BABADAN	MAKS
1	2009	85	104	184	124.33
2	2010	86	131	100	105.67
3	2011	100	98	80	92.67
4	2012	114	68	70	84.00
5	2013	109	107	100	105.33
6	2014	62	56	80	66.00
7	2015	125	62	75	87.33
8	2016	120	62	130	104.00
9	2017	155	112	112	126.33
10	2018	82	72	118	90.67
JUMLAH					986.33

Sumber: Data Olahan Tahun 2023

Distribusi Probabilitas

Tabel 2. Rekap Hasil Perhitungan Hujan Rencana Tiga Distribusi.

Periode Ulang (Tahun)	Metode Distribusi Perhitungan Hujan Rencana (mm)		
	Distribusi Normal	Distribusi Log Pearson Type III	Distribusi Gumbel
2	98,63	94.289	96,136
5	114,11	112.598	118,132
10	122,22	125.730	132,696
20	128,86	143.385	151,098
50	136,41	157.342	164,769

Sumber: Data Olahan Tahun 2023

Setelah melakukan perhitungan hujan rencana kemudian menentukan uji kecocokan sebaran. Untuk mengetahui distribusi yang akan diuji maka nilai koefisien kemencengan (Cs) dan koefisien ketajaman (Ck) harus sesuai syarat sebagai berikut.

Tabel 3. Rekap Nilai Koefisien Kemencengan (Cs) Dan Koefisien Ketajaman (Ck) Dari Empat Distribusi.

Nilai koefisien kemencengan (Cs) dan koefisien ketajaman (Ck)			
Metode distribusi	Syarat Uji Sebaran	Perhitungan	Keterangan
Distribusi Normal	$Cs \leq 1,14$ $Ck \leq 5,4$	$Cs = -0,02$ $Ck = 3,84$	Memenuhi syarat
Distribusi Log Pearson Type III	$Cs \neq 0$	$Cs = -0,511$	Tidak Memenuhi syarat
Distribusi Gumbel	$Cs \approx 0$ $Ck \approx 0$	$Cs = -0,023$ $Ck = 3,84$	Tidak Memenuhi syarat

Dari kesimpulan diatas didapatkan distribusi yang memenuhi syarat untuk uji kecocokan sebaran menggunakan Uji Chi Kuadrat dan Uji Smirnov - Kolmogorof yaitu Distribusi Log Pearson III dan Normal.

Uji Kecocokan Uji Chi-Kuadrat

Tabel 4. Uji Chi Kuadrat Metode Distribusi Normal.

NO	NILAI BATAS			JUMLAH DATA		Oi - Ei	(Oi - Ei) ²
	TIAP KELAS			Ei	Oi		Ei
1	126.33	< P <	111.25	2.5	2	-0.5	0.1
2	111.25	< P <	96.17	2.5	4	1.5	0.9
3	96.17	< P <	81.08	2.5	3	0.5	0.1
4	81.08	< P <	66.00	2.5	1	-1.5	0.9
JUMLAH				10	10	0	2
CHI SQUARE (c ²)				2			

Kesimpulan dari perhitungan diatas didapat nilai Chi Kuadrat dengan derajat kebebasan (dk) = 4 - 1 - 1 = 2, Berdasarkan tabel nilai kritis pada tabel 2,2 untuk uji chi kuadrat pada derajat (α) = 5 % diperoleh nilai 5,99, Berdasarkan perhitungan didapat bahwa nilai chi kuadrat < chi Kritis = 2 < 3,84 sehingga persamaan distribusi normal dapat diterima.

Uji Smirnov Kolmogorov

Tabel 5. Hasil Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorof Distribusi Normal

Tahun	m	X_i	$P(X)$	$P(X <)$	$f(t)$	$P'(X <)$	$P'(X)$	D
			$m/(n+1)$	$1 - (*2)$	$(X_i - X)/S$	tabel (*4)	$1 - (*5)$	$(*6) - (*3)$
		* 1	* 2	* 3	* 4	* 5	* 6	* 7
2017	1	66.00	0.0909	0.9091	-1.77	0.0322	0.9678	0.0587
2009	2	84.00	0.1818	0.8182	-0.43	0.1469	0.8531	0.0349
2010	3	87.33	0.2727	0.7273	1.39	0.2578	0.7422	0.0149
2013	4	90.67	0.3636	0.6364	-0.79	0.2912	0.7088	0.0724
2016	5	92.67	0.4545	0.5455	0.38	0.4801	0.5199	-0.0256
2011	6	104.00	0.5455	0.4545	0.29	0.5987	0.4013	-0.0532
2018	7	105.33	0.6364	0.3636	-0.61	0.6368	0.3632	-0.0004
2015	8	105.67	0.7273	0.2727	-0.32	0.8023	0.1977	-0.0750
2012	9	124.33	0.8182	0.1818	1.50	0.8749	0.1251	-0.0567
2014	10	126.33	0.9091	0.0909	0.36	0.9115	0.0885	-0.0024
TOTAL (ΣX)		986.33					D MAX	0.0724
RATA RATA (X)		98.63						
STANDAR DEVIASI (S)		18.43						

Intensitas Hujan

Perhitungan Metode Mononobe

Rumus menghitung Durasi intensitas curah hujan (I) menggunakan hasil analisa distribusi frekuensi yang sudah dirata-rata, menggunakan rumus Mononobe sebagai berikut :

$$I_t = \frac{R_t}{24} \times \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

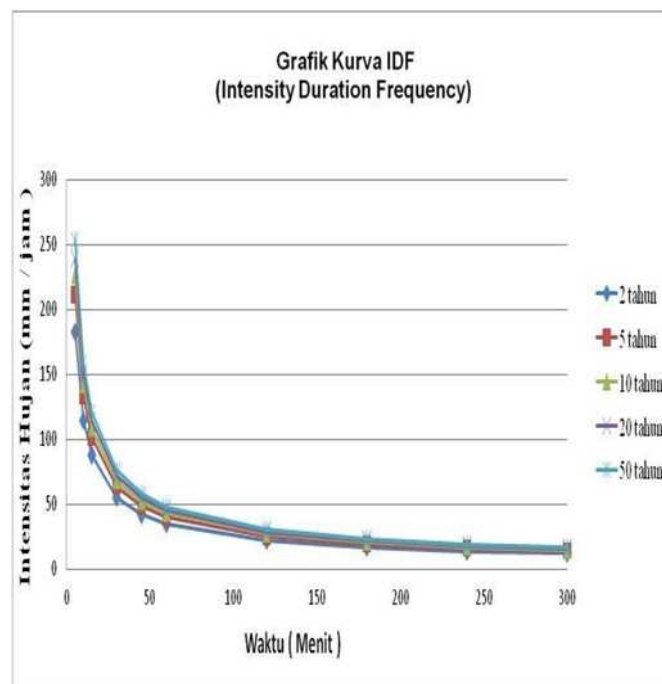
Dari semua perhitungan periode ulang 2, 5, 10, 20 dan 50 tahun hasil direkap kembali pada tabel dibawah ini beserta kurva IDF (Intensity Duration Frekuensi).

Rekap Perhitungan Durasi Intensitas Hujan Periode Ulang (I_t) 2,5, 10, 20 dan 50 tahun.

Tabel 6. Rekap Intensitas Hujan (mm/jam)

Rekap Intensitas Hujan (mm/jam)					
t Menit	98.63	114.11	122.22	128.86	136.41
	It 2 Thn	It 5 Thn	It 10 Thn	It 20 Thn	It 50 Thn
5	182.64	211.30	226.32	238.62	252.60
10	114.79	132.81	142.24	149.97	158.76
15	87.48	101.21	108.41	114.30	120.99
30	54.98	63.61	68.13	71.84	76.04
45	41.90	48.48	51.93	54.75	57.95
60	34.56	39.98	42.82	45.15	47.79
120	21.72	25.13	26.91	28.38	30.04
180	16.55	19.15	20.51	21.63	22.89
240	13.65	15.79	16.92	17.83	18.88
300	11.76	13.60	14.57	15.36	16.26

Dari tabel diatas diketahui nilai intensitas hujan tertinggi terjadi pada durasi yang singkat (10 menit) dalam periode ulang 50 tahun sebesar 158,78 mm/jam.intensitas hujan tersebut dijadikan dalam bentuk kurva IDF.



Gambar 2. Grafik Kurva IDF

Berdasarkan gambar dapat disimpulkan jika semakin singkat waktu hujan maka semakin tinggi intensitas hujan sedangkan semakin lama waktu hujan maka semakin kecil intensitas hujan. Perhitungan intensitas hujan dengan metode Talbot, Sherman, Ishiguro dibandingkan dengan intensitas hujan metode mononobe dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 7. Intensitas Hujan dengan metode Talbot, Sherman dan Ishiguro

t	Mononobe	Talbot		Sherman		Ishiguro	
	I	I	Δ	I	Δ	I	Δ
5	252.60	736.43	483.83	340.21	87.61	135.48	-117.12
10	158.76	375.37	216.61	213.82	55.06	95.41	-63.34
15	120.99	255.01	134.02	162.96	41.96	77.67	-43.33
30	76.04	134.65	58.61	102.42	26.37	54.53	-21.51
45	57.95	94.54	36.58	78.05	20.10	44.29	-13.67
60	47.79	74.48	26.68	64.37	16.58	38.18	-9.62
120	30.04	44.39	14.35	40.46	10.42	26.61	-3.43
180	22.89	34.36	11.47	30.83	7.94	21.49	-1.40
240	18.88	29.34	10.46	25.43	6.55	18.43	-0.45
300	16.26	26.33	10.08	21.90	5.64	16.35	0.09
$\Sigma \Delta$			1002.69		278.23		-273.77
Δ Rata-Rata			100.27		27.82		-27.38

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui selisih terkecil antara Metode Talbot, Sherman dan Ishiguro yang dibandingkan dengan Metode Mononobe. Untuk membuat kurva IDF dipilih metode dengan penyimpangan terkecil, maka dapat disimpulkan metode yang digunakan untuk membuat kurva IDF adalah metode Sherman dengan selisih terkecil dengan hasil 27,82.

A. Analisis Debit Banjir Rencana

Menentukan data-data yang digunakan dalam perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Daerah Aliran Sungai Piring.

- Luas DAS (A) : 77,18 km
- Luas Das hulu (AU) : 11,3 km²
- Panjang Sungai (L) : 22,54 km
- Lebar DAS di titik 0,25 L dari outlet (WL) : 3,48 km
- Lebar DAS di titik 0,75 L dari outlet (WL) : 7,5 km
- Kemiringan memanjang dasar sungai (S) : 0,026
- Panjang sungai semua tingkat (LN) : 37,59 km

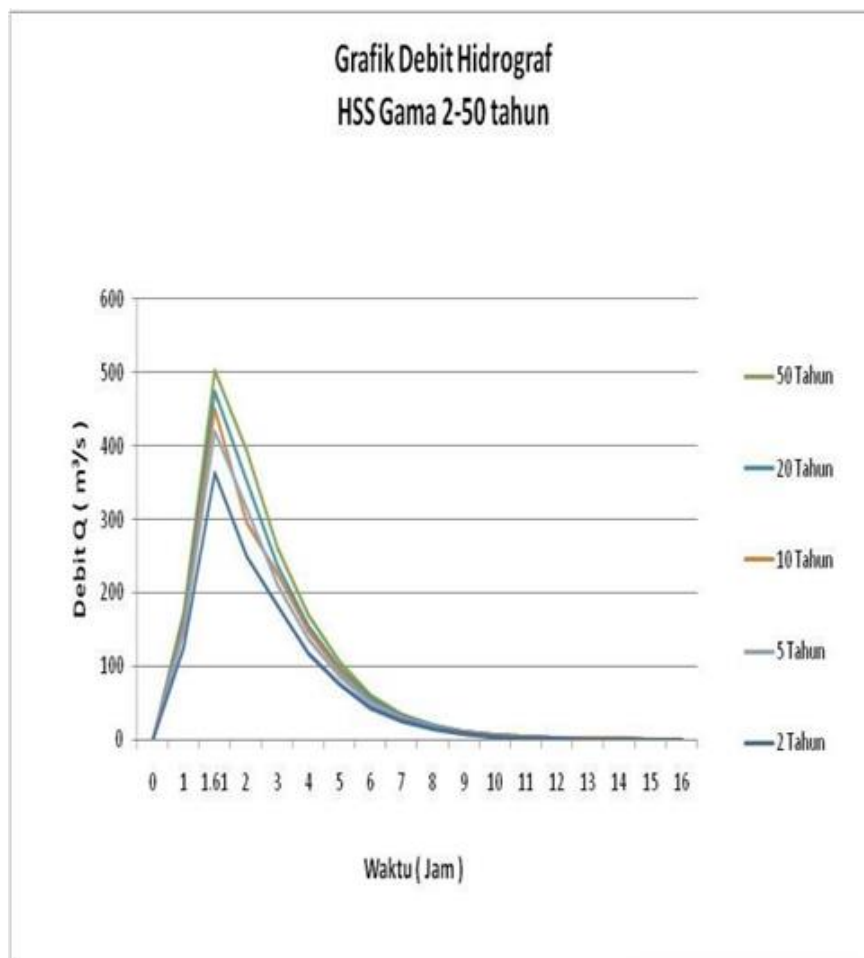
- Panjang sungai tingkat 1 (L_1) : 21,78 km
- Jumlah pertemuan sungai (JN) 9
- Jumlah pertemuan sungai tingkat 1 (P_1) 10
- Jumlah pertemuan sungai semua tingkat (PN) 19
- Panjang sungai dari outlet sampai titik berat DAS (L_c) : 6,78 km

Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) GAMA I

Tabel 8. Rekapitulasi debit puncak berbagai periode ulang HSS Gama.

Periode ulang waktu (T)	Debit Puncak Q_t (m^3/det)
2	362,82
5	419,80
10	449,59
20	473,96
50	501,78

Gambar 3. Grafik Debit Hidrograf HSS Gama periode ulang 2-50 tahun

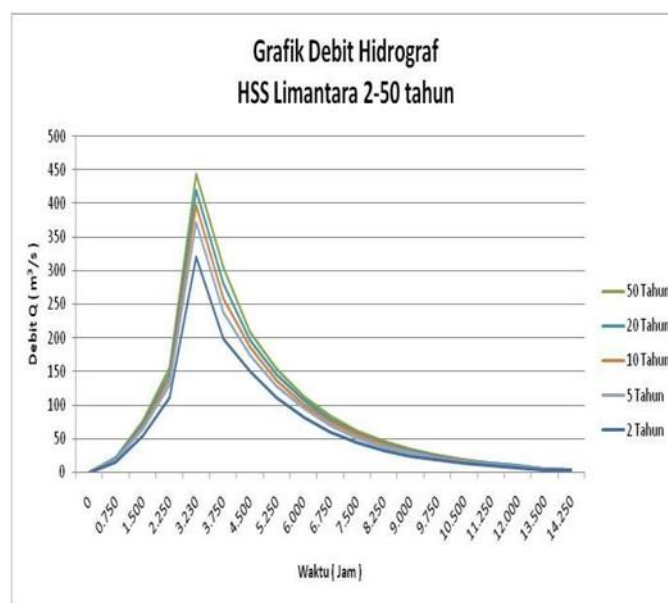


Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Limantara

Tabel 9. Rekapitulasi debit puncak berbagai periode ulang HSS Limantara.

Periode ulang waktu (T)	Debit Puncak Qt (m ³ /det)
2	321,19
5	371,60
10	397,92
20	419,57
50	444,21

Gambar 4. Grafik Debit Hidrograf HSS Limantara periode ulang 2-50 tahun.



Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu

Tabel 10. Rekapitulasi debit puncak berbagai periode ulang HSS Nakayasu.

Periode ulang waktu (T)	Debit Puncak Qt (m ³ /det)
2	336,72
5	413,06
10	463,75
20	501,56
50	561,85

Debit banjir yang dipakai adalah hasil perhitungan HSS NAKAYASU, karena perhitungan HSS NALAYASU memiliki debit banjir paling besar yaitu 561,85 m³/detik. Sedangkan debit terkecil adalah HSS LIMANTARA.

C. Analisis Karakteristik DAS

Tabel 11. Rekapitulasi Karakteristik DAS Kali Piring

No	Karakteristik		Keterangan
1	Parameter	Luas DAS	77,18 km^2
		Panjang Sungai	22,54 km.
		Keliling	47,22 km.
2	Orde Sungai		3,76
3	Bentuk DAS		Bentuk DAS Memanjang
4	Kemirinan Lereng		0,0012 %
5	Pola Aliran		Pola aliran Dentritik
6	Tata Guna Lahan		Kebun 1,61 % Sawah Tadah hujan 1,299 % Semak belukar 3,048 % Hutan lebat 7,263 % Pemukiman 4,56 % Hutan 45,567% Sawah Irigasi 36,653%

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari analisis dan pembahasan di atas, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1) Analisis Frekuensi

Distribusi yang dipilih untuk periode ulang 2, 5, 10, 20, 50 untuk jangka waktu 10 (sepuluh) tahun terakhir adalah distribusi normal. Metode Normal memenuhi syarat untuk distribusi Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov.

Intensitas Hujan

Intensitas hujan yang terpilih adalah metode Sherman dengan rumus

= = = = =

2) Debit Banjir

Debit banjir menggunakan perhitungan hidrograf satuan sintetis nakayasu dengan periode ulang 2, 5, 10, 20, 50 dengan nilai debit maksimum sebagai berikut:

- Periode ulang 2 tahun : 336,72 m³/detik
- Periode ulang 5 tahun : 413,06 m³/detik
- Periode ulang 10 tahun : 463,75 m³/detik
- Periode ulang 20 tahun : 501,56 m³/detik
- Periode ulang 50 tahun : 561,85 m³/detik

Debit banjir yang dipakai adalah hasil perhitungan HSS NAKAYASU, karena perhitungan HSS NALAYASU memiliki debit banjir paling besar yaitu 561,85 m³/detik. Sedangkan debit terkecil adalah HSS LIMANTARA.

3) Karakteristik DAS

- Luas DAS = 77,18 km
- Panjang Sungai = 22,54 km
- Keliling DAS = 47,22 km
- Orde Sungai= 3,76
- Bentuk DAS = Memanjang
- Pola Alitan = Dentritik
- Tata Guna Lahan = Kebun 1,61%

Sawah Tadah hujan 1,299 %

Semak belukar 3,048 % Hutan lebat 7,263 % Pemukiman 4,56 %

Hutan 45,567%

Sawah Irigasi 36,653%

DAFTAR REFERENSI

- Anwar Saihul, 2015 “Analisis Karakteristik Hujan Daerah Aliran Sungai Cimanuk Pada Kabupaten Garut, Sumedang dan Majalengka “. Cirebon.
- Destania Henggar Risa, 2020. “Analisis Intensitas Hujan Menggunakan IDF Curve dan WR PLOT Pada Stasiun di DAS Buah”. Palembang.
- Fasdarsyah, 2014. “Analisis Curah Hujan Untuk Membuat Kurva Intensity Duration Frequency (IDF) di Kawasan Kota Lhokseuma We”. Universitas Malikussaleh.
- Fauziyah Syifa, dkk. 2013. “Analisis Karakteristik dan Intensitas Curah Hujan Kota Surakarta”.UNS.
- Hadi Arif Ismul, dkk. 2001. “Analisis Karakteristik Intensitas Curah Hujan di Kota Bengkulu”. Bengkulu.
- Henggar Risa Destania (2020) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Intensitas Hujan Menggunakan IDF Curve dan WR PLOT Pada Stasiun di DAS Buah”. Universitas Indo Global Mandiri.
- Ida Narulita dan Dyah Marganingrum ”Analisis Curah Hujan, Perubahan Tutupan Lahan, dan Penyusunan Kurva IDF untuk analisis Peluang Banjir: Studi Kasus Das Cecuruk, Pulau Belitung”. Pulau Belitung.
- Mulyono Dedi. 2014. “Analisis Karakteristik Curah Hujan di Wilayah Kabupaten Garut Selatan”. Garut.
- Narulita Ida dan Dyah Marganingrum, 2007. “Analisis Curah Hujan, Perubahan Tutupan Lahan dan Penyusunan Kurva IDF Untuk Analisis Peluang Banjir : Studi Kasus DAS Cecucuk, Pulau Belitung”. Bandung.
- Sadad Ilyas dan Susilowati, 2015, “Analisis Karakteristik Curah Hujan di Kota Bamdar Lampung”.Universitas Bandar Lampung.
- Suatapa Wayah 2006,“Studi Pengaruh dan Hubungan Variabel Bentuk DAS Terhadap Parameter Hidrograf Satuan Sintetis”.
- Soewarno, 1995 “Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data”. Nova, Bandung.
- Suparto Imam Nugroho Hadi, DKK (2014) dalam penelitiannya yang berjudul “Pola Aliran Banjir Berdasarkan Karakteristik DAS Buluh di Sumatera Barat”.Sumatra Barat.

- Suripin, 2004. "Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan". Andi, Yogyakarta.
- Susanti Tri, DKK, 2014, "Pola Aliran Banjir Berdasarkan Karakteristik DAS Lengayang Provinsi Sumatera Barat". Sumatra Barat.
- Susilowati dan Dyah Indriana Kusumastuti, 2010, "Analisis Karakteristik Curah Hujan dan Kurva Intensitas Durasai Frekuensi (IDF)". Bandar Lampung
- Fauziah Syifa, Sobriyah dan Susilowati, 2013, "Analisis Karakteristik dan Intensitas Curah Hujan Kota Surakarta". Surakarta.
- Triatmodjo Bambang, 2009 "Hidrologi Terapan". Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo Bambang, 2010 "Hidrologi Terapan". Beta Offset, Yogyakarta.
- Welly Margareta. 2015. "Analisis Karakteristik Hujan di Kota Bandar Lampung". Bandung Bandung.