

ANALISIS DEBIT BANJIR PADA DAS DI PULAU SUMBA DENGAN METODE HSS NAKAYASU DAN HSS GAMA-1

Damayanti Putri Adoe, Dantje A. T. Sina, dan Denik S. Krisnayanti*

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik,
Universitas Nusa Cendana, Kupang

*denik.krisnayanti@staf.undana.ac.id

Pemasukan: 21 April 2021 Perbaikan: 19 Mei 2021 Diterima: 23 Mei 2021

Intisari

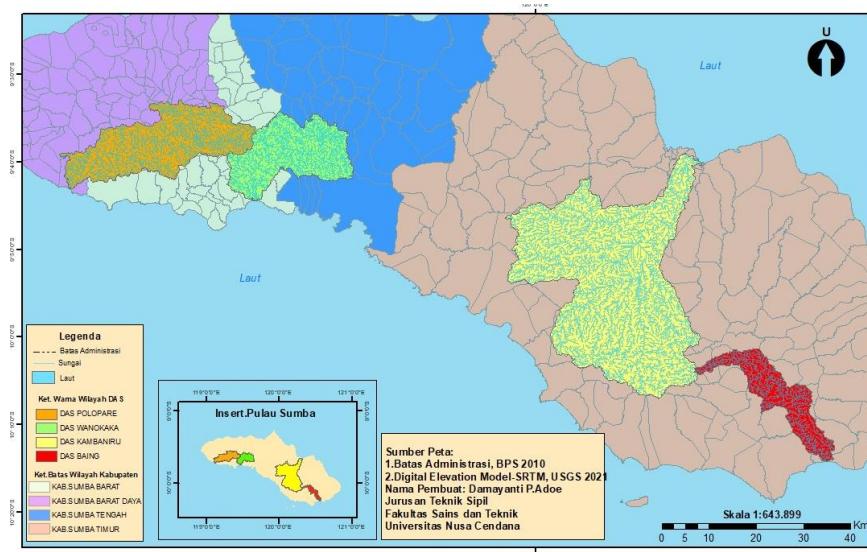
Pulau Sumba merupakan wilayah di NTT yang masuk dalam klasifikasi daerah semi arid dimana curah hujan yang turun tidak merata. Ada 4 Daerah Aliran Sungai di Pulau Sumba yang berkontribusi terhadap ketersediaan air permukaan bagi masyarakat sekitar. Aliran permukaan ini bisa dikaji dengan menggunakan beberapa metode perhitungan banjir. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai debit banjir dan nilai *probable maximum flood* (PMF) dengan menggunakan metode HSS Gama-1 dan HSS Nakayasu. Hasil penelitian didapat nilai Q banjir untuk kala ulang 2 tahun pada DAS Baing dengan metode HSS Gama-1 sebesar 79,77 m³/detik dengan metode HSS Nakayasu 237,22 m³/detik; DAS Polopare dengan metode HSS Gama-1 sebesar 110,99 m³/detik dengan metode HSS Nakayasu 197,99 m³/detik; DAS Wanokaka dengan metode HSS Gama-1 sebesar 85,01 m³/detik dengan metode HSS Nakayasu 164,98 m³/detik; DAS Kambaniru dengan metode HSS Gama-1 sebesar 207,92 m³/detik dengan metode HSS Nakayasu 564,63 m³/detik. Perbandingan nilai Q pada HSS Nakayasu dan HSS Gama-1 pada DAS Baing sebesar 31,93 m³/detik, DAS Polopare sebesar 87,00 m³/detik, DAS Wanokaka sebesar 79,96 m³/detik, dan DAS Kambaniru sebesar 356,72 m³/detik. Perbandingan nilai Q_{PMF} pada HSS Nakayasu dan HSS Gama-1 pada DAS Baing sebesar 1255,16 m³/detik, DAS Polopare sebesar 926,43 m³/detik, DAS Wanokaka sebesar 800,69 m³/detik, dan DAS Kambaniru sebesar 4392,33 m³/detik.

Kata Kunci : Baing, Polopare, Wanokaka, Kambaniru

Latar Belakang

Pulau Sumba adalah pulau yang beriklim lebih kering dibandingkan pulau lainnya, terutama Kabupaten Sumba Timur yang lebih kering lagi dibandingkan dengan Sumba Tengah dan Sumba Barat. Kondisi topografi Sumba Timur secara umum datar di daerah pesisir, landai sampai bergelombang wilayah dataran rendah < 100 mdpl dan berbukit. Daerah dengan ketinggian di atas 1.000 mdpl hanya sedikit di wilayah perbukitan dan gunung. Kondisi geografis yang sebagian besar wilayahnya berbukit-bukit dan dengan jumlah Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ada 5 buah terbesar tersebar di seluruh Pulau Sumba, maka dapat dioptimalkan untuk mengatasi masalah ketersediaan air dengan membangun bangunan- bangunan air

yang dapat bermanfaat untuk irigasi, pembangkit listrik tenaga air, penyediaan air minum, dan tempat wisata (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Daerah Aliran Sungai di Pulau Sumba

Dalam perencanaan bangunan air dibutuhkan data debit banjir rencana yang realistik. Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) adalah metode yang digunakan dalam perhitungan debit banjir rancangan yang didasarkan atas sintesis dari parameter-parameter yang ada pada aliran sungai. Konsep (HSS) dikemukakan pertama kali oleh Sherman pada tahun 1932 (Subramanya, 1984) yang dipergunakan untuk perkiraan banjir yang terjadi akibat hujan dengan kedalaman dan distribusi tertentu. Keunggulan metode ini tidak hanya memberikan nilai debit banjir maksimum tapi dapat juga memberikan durasi hujan. Pada analisis debit banjir rancangan dibutuhkan data hujan efektif yang terdistribusi secara merata pada seluruh DAS yang dibutuhkan dalam perhitungan superposisi hidrograf satuan. Menurut Kamiana (2012) hidrograf terdiri dari tiga bagian yaitu lengkung konsentrasi/lengkung naik, bagian puncak, dan lengkung resesi. Perhitungan debit bair rancangan dapat dihitung menggunakan Metode HSS Nakayasu dan HSS Gama-1. Penelitian tentang kedua metode tersebut sudah pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya di Pulau Flores (Krisnayanti dkk., 2019), DAS Raknomo Pulau Timor (Krisnayanti dkk., 2020), dan DAS Ranoyapo di Minahasa (Elsa dkk., 2013).

Dalam perhitungan HSS Nakayasu dibutuhkan data keoefisien pengaliran. Besaran koefisien pengaliran sendiri di pengaruhi oleh tutupan lahan dan tingkat permeabilitas tanah yang ada pada suatu daerah aliran sungai. Kondisi tutupan lahan mempengaruhi besarnya limpasan yang terjadi, untuk Pulau Sumba tutupan lahan didominasi lahan kering dan savana. Sedangkan HSS Gamma-1 menggunakan waktu naik (*time of rise*), debit puncak (*peak discharge*), waktu dasar (*base time*) dan koefisien tampungan.

Kedua metode tersebut digunakan untuk menentukan debit banjir rancangan (Q) pada DAS Sumba, dimana nilai Q yang digunakan adalah nilai debit banjir yang terbesar dari kedua metode, sehingga perolehan nilai debit banjir yang paling

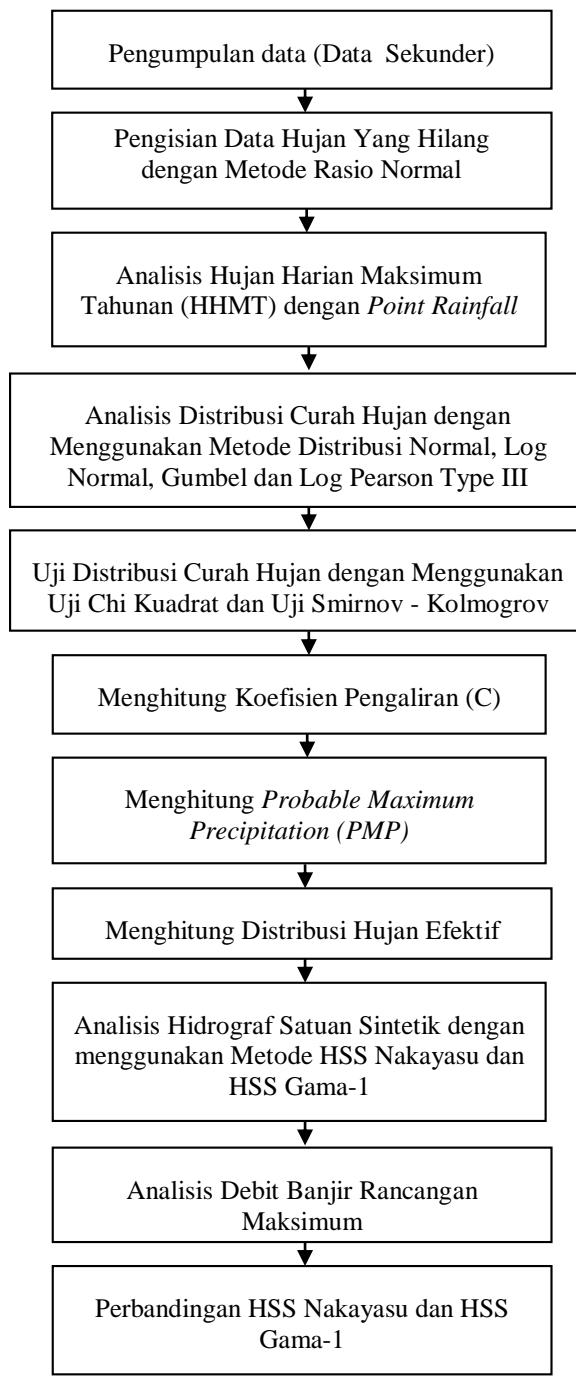
maksimum yang dapat dipakai dalam perencanaan bangunan air khususnya pada daerah tinjauan DAS Sumba, Propinsi NTT. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai debit banjir rancangan pada masing-masing DAS di Pulau Sumba dengan menggunakan Metode HSS Nakayasu dan Metode Gama-1.

Metodologi Studi

Penelitian dilakukan pada DAS di Pulau Sumba, yaitu DAS Baing, DAS Polopare, DAS Wanokaka dan DAS Kambaniru yang merupakan 4 (empat) Daerah Aliran Sungai terbesar di Pulau Sumba. Data sekunder berupa data curah hujan harian dari Stasiun Kananggar, Stasiun Nggongi, Stasiun Malahar, Stasiun Stamet Waingapu, Stasiun Barabedang dan Stasiun Waikabubak yang diperoleh dari BMKG Stasiun Klimatologi Kelas II Kupang. Data lain yang digunakan adalah peta penggunaan lahan dan peta kemiringan lereng menggunakan *software GIS (Geographic Information System)*. Berdasarkan data yang diperoleh, dilakukan analisis dengan langkah-langkah seperti pada Gambar 2.

Pengolahan data penelitian dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Melakukan rekapitulasi data curah hujan harian selama 15 tahun dari tahun 1997 sampai 2011 menjadi data curah hujan harian maksimum tahunan dai keenam pos hujan.
2. Menentukan curah hujan maksimum tahunan dengan Metode Rata-Rata Aritmatik dan *point rainfall*.
3. Menghitung frekuensi curah hujan dengan menggunakan empat metode, yaitu (a) Metode Distribusi Normal ; (b) Metode Distribusi Log Normal; (c) Metode Distribusi Log Pearson Type III; dan (d) Metode Distribusi Gumbel
4. Melakukan uji persyaratan statistik. Uji persyaratan dilakukan untuk dapat menentukan jenis distribusi mana yang akan digunakan dengan menyesuaikan syarat masing-masing jenis distribusi.
5. Melakukan uji kecocokan distribusi frekuensi. Uji kecocokan distribusi frekuensi menggunakan 2 metode sebagai berikut :
 - a. Uji Chi-square
 - b. Uji Smirnov-Kolmogrov
6. Penentuan koefisien C yang bergantung dengan penggunaan lahan dan kelas kemiringan lereng yang terdapat pada wilayah DAS Baing, Polopare, Wanokaka dan Kambaniru. Penentuan luas daerah penggunaan lahan dan kemiringan lereng menggunakan aplikasi software GIS. Nilai faktor C untuk berbagai jenis penggunaan lahan.
7. Menghitung Nilai *Probable Maximum Precipitation* (PMP) dengan Metode Hersfield.
8. Menghitung distribusi hujan efektif
9. Perhitungan debit banjir menggunakan:
 - a. Metode HSS Gamma-1
 - b. Metode HSS Nakayasu



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Hasil Studi dan Pembahasan

Wilayah Sungai Sumba (WS Sumba) adalah salah satu wilayah sungai yang terdapat pada Provinsi Nusa Tenggara Timur. WS Sumba mencakup 4 kabupaten yang ada di Pulau Sumba yakni Kabupaten Sumba Timur, Sumba Tengah, Sumba Barat, dan Sumba Barat Daya dengan luas total WS Sumba seluas 12.533 km². Luasan WS Sumba pada masing-masing kabupaten ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data DAS di Pulau Sumba

No	DAS	Kabupaten	Koordinat		Luas DAS (km ²)	Panjang Sungai (km)
			Lintang	Bujur		
1	Baing	Sumba Timur	10.1146°	120.4599°	162.51	45.67
2	Kambaniru	Sumba Timur	-9.8644°	120.1042°	1166.00	67.74
3	Wanokaka	Sumba Barat	-9.6443°	119.5207°	284.00	33.73
4	Polopare	Sumba Barat Daya	-9.6763°	119.1746°	386.82	41.64

Analisis data curah hujan

Data curah hujan harian tahun 1997-2011 (15 tahun) dari 6 pos stasiun hujan, yaitu Stasiun Kananggar, Stasiun Nggongi, Stasiun Malahar, Stasiun Stamet Waingapu, Stasiun Barabedang, dan Stasiun Waikabubak yang diperoleh kemudian direkapitulasi menjadi data curah hujan harian maksimum tahunan. Pada Stasiun Kananggar, Malahar, Barabedang, dan Waikabubak terdapat data curah hujan yang kosong. Pengisian data hujan yang kosong atau hilang menggunakan Metode Perbandingan Normal.

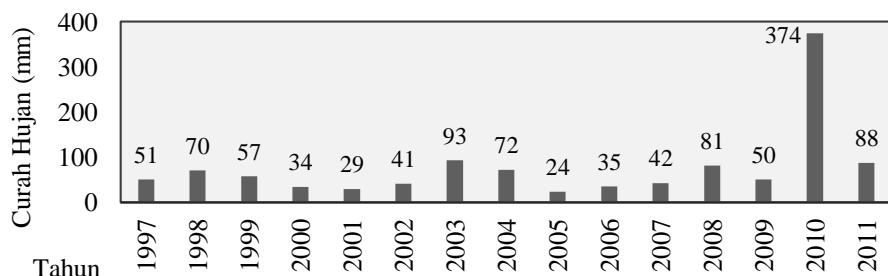
Analisis hidrograf aliran adalah merupakan satu metode yang cukup relevan untuk menarik kesimpulan apakah kondisi suatu DAS masih dalam kondisi baik, karena *output* DAS yang diharapkan harus menjamin distribusi air yang merata sepanjang tahun dengan hasil air (*water yield*) yang cukup tinggi (Asdak C, 2010). Tanggapan aliran sungai terhadap masukan air hujan merupakan wujud respon hidrologi yang dapat dilihat pada kurva hidrograf, yang sangat ditentukan oleh sifat hujan dan karakter sifat fisik DAS (Chow, V. T, 1964).

Sistem hidrologi terkadang dipengaruhi oleh peristiwa-peristiwa yang luar biasa, seperti hujan lebat, banjir, dan kekeringan. Besaran peristiwa ekstrim berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya, peristiwa yang sangat ekstrim kejadiannya sangat langka (Suripin, 2004). Luas DAS Baing adalah sebesar 162,51 km² perhitungan curah hujan yang hilang menggunakan Metode *Rasio Normal*. Rumus untuk menghitung curah hujan yang hilang adalah:

$$P = \frac{1}{n} (P_1 + P_2 + \dots + P_n). \quad (1)$$

dimana P adalah hujan pada stasiun x yang dipekirakan (mm), p_1, p_2, \dots, p_n adalah hujan pada tiap stasiun, dan n adalah jumlah stasiun.

Hasil perhitungan jumlah hujan harian maksimum tahunan 1997-2011 dengan *point Rainfall* dapat dilihat pada Gambar 3, curah hujan Point Rainfall rata-rata aritmatik DAS Baing terjadi pada tahun 2010 sebesar 374 mm/tahun.

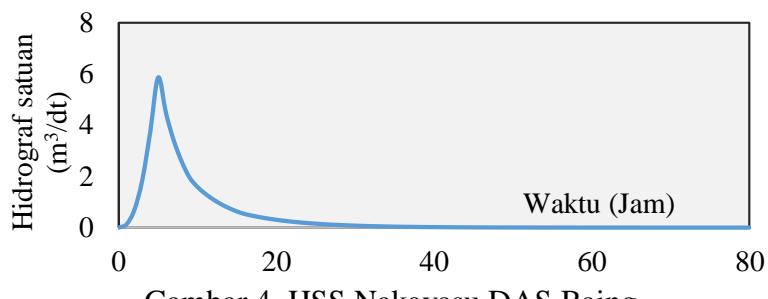
Gambar 3. Curah Hujan *Point Rainfall* Rata-Rata Aritmatik DAS Baing (mm)

Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu

HSS Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang. Bentuk HSS Nakayasu memberikan parameter luas DAS, Panjang sungai utama, koefisien pengaliran (C), dan curah hujan satuan (Ro). Parameter untuk DAS Baeng antara lain sebagai berikut:

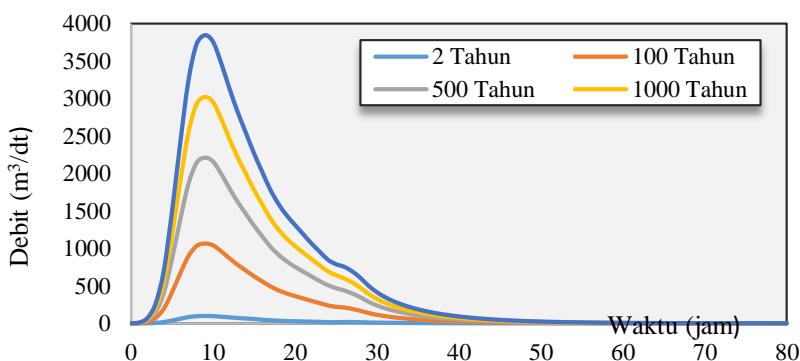
1	Luas DAS (A)	162.507 km ²
2	Panjang sungai utama (L)	45.674 km
3	Koefisien Pengaliran (C)	0.78
4	Curah Hujan Satuan (Ro)	1.000 mm

Kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode HASS Nakayasu dan diperoleh waktu dari titik berat hujan sampai puncak (Tg) sebesar 3,049 jam, alfa (α) sebesar 1,431, waktu debit puncak sampai 30% debit puncak (T0,3) sebesar 4,362 jam, durasi hujan (Tr) sebesar 2,287 jam, waktu puncak hidrograf (Tp) sebesar 4,879 jam, debit puncak hidrograf (Qp) sebesar 6,055 m³/detik. Perhitungan ordinat hidrograf diperoleh grafik naik (Qa) sebesar 0 m³/detik, grafik turun (Qd1) sebesar 6,055 m³/detik, grafik turun (Qd2) sebesar 1,817 m³/detik, dan garfik turun (Qd3) sebesar 0,545 m³/detik. Setelah melakukan perhitungan maka dibentuk ordinat hidrograf pada HSS Nakayasu seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. HSS Nakayasu DAS Baing

Selanjutnya melakukan rekapitulasi hidrograf banjir atau debit banjir rancangan dan diperoleh hasil Qmaksimum untuk kala ulang 2, 100, 500, 1000, PMF tahun berturut turut adalah 97,71 m³/detik, 1064,69 m³/detik, 2207,48 m³/detik, 3019,64 m³/detik, dan 3841,42 m³/detik. Dari hasil perhitungan diperoleh debit banjir rancangan yang maksimum terjadi di jam ke 09.00 dengan mengambil debit banjir yang paling maksimum pada kala ulang yang sudah ditentukan.



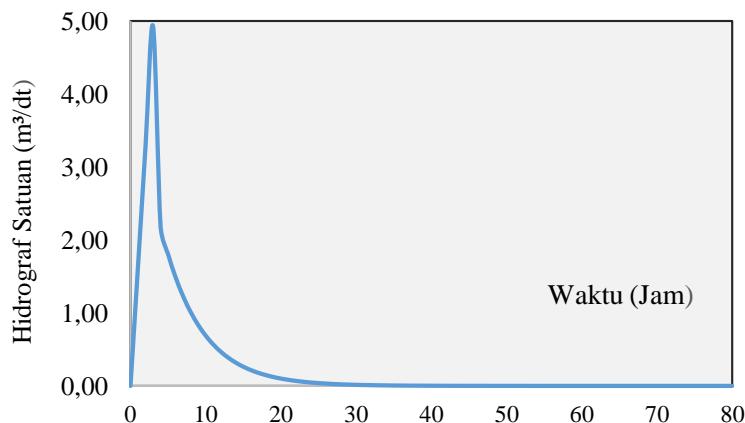
Gambar 5. Debit Banjir Rancangan HSS Nakayasu pada DAS Baing.

Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama-1

HSS Gama-1 merupakan salah satu metode yang digunakan untuk dapat menghitung debit banjir rancangan pada DAS dengan menggunakan parameter berupa karakteristik DAS dan parameter pembentuk hidrograf banjir.

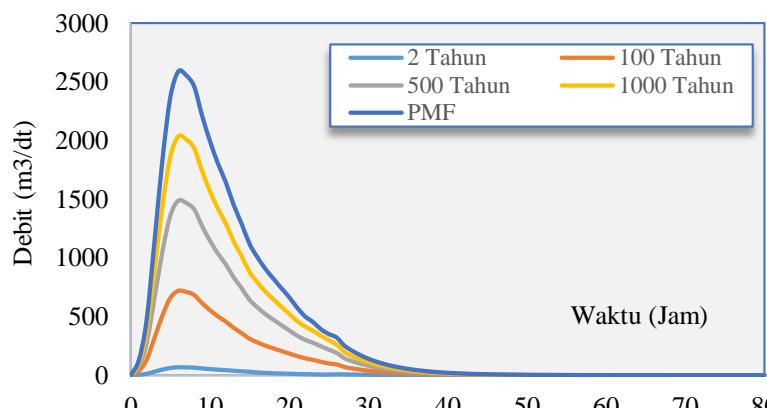
Karakteristik DAS Baing yaitu Luas DAS (A) sebesar 162,507 km², Luas DAS sebelah hulu (Au) sebesar 81,253 km², panjang sungai utama (L) sebesar 45,674 km, panjang sungai tingkat 1 (L1) sebesar 40,446 km, panjang sungai semua tingkat (Ln) sebesar 85,868 km, jumlah pertemuan sungai (JN) adalah 17, lebar DAS 3/4L (Wu) sebesar 34,255 km, lebar DAS 1/4L (W1) sebesar 11,418 km, jumlah sungai tingkat 1 (P1) adalah 18, jumlah sungai semua tingkat (Pn) sebesar 32, kemiringan sungai (S) sebesar 0,02797. Parameter bentuk hidrograf yaitu faktor sumber (SF) = L1/Ln diperoleh 0,4710, frekuensi sumber (SN) = P1/Pn diperoleh 0,5625, kerapatan jaringan kuras (D) = Ln/A diperoleh 0,5284, faktor lebar (WF) = Wu/W1 diperoleh 3, perbandingan hulu hilir (RUA) = Au/A diperoleh 0,5, faktor simetri (SIM) = WF x RUA diperoleh 1,5.

Perhitungan waktu naik hidrograf (TR) diperoleh hasil 2,8774 jam, perhitungan debit puncak hidrograf (Qp) diperoleh 4,7227 m³/detik, waktu dasar (TB) diperoleh 24,9458 jam, koefisien pengaliran (K) diperoleh 5,1926, indeks phi (ϕ) diperoleh 10,3896, dan aliran dasar (QB) diperoleh 6,9218 m³/detik. Setelah melakukan perhitungan maka dibentuk ordinat hidrograf pada HSS Gama-1 seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. HSS Gama-1 DAS Baing

Selanjutnya melakukan rekapitulasi hidrograf banjir atau debit banjir rancangan dan diperoleh hasil Q banjir untuk kala ulang 2, 100, 500, 1000, PMF tahun berturut turut adalah 65,79 m³/detik, 716,81 m³/detik, 1486,20 m³/detik, 2032,99 m³/detik, dan 2586,26 m³/detik. Dari hasil perhitungan diperoleh debit banjir rancangan yang maksimum terjadi di jam ke 06.00 dengan mengambil debit banjir yang paling maksimum pada kala ulang yang sudah ditentukan.



Gambar 7. Debit Banjir Rancangan HSS Nakayasu pada DAS Baing

Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir Pada Metode HSS Nakayasu dan Gama-1

Berdasarkan perhitungan secara keseluruhan untuk debit banjir rancangan maksimum DAS Baing pada kedua metode dapat dilakukan rekapitulasi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Debit Banjir DAS Baing

Kala Ulang (Tahun)	Debit Banjir Maksimum (m ³ /detik)	
	HSS Gama-1	HSS Nakayasu
2	65,79	97,71
100	716,81	1064,69
500	1486,20	2207,48
1000	2032,99	3019,64
PMF	2586,26	3841,42

Perhitungan Debit Banjir Pada DAS Baing, DAS Polopare, DAS Wanokaka dan DAS Kambaniru

Berdasarkan perhitungan secara keseluruhan maka dapat dilakukan rekapitulasi untuk mengetahui hasil debit banjir rancangan kala ulang pada kedua metode yang diteliti. Rekapitulasi perbandingan debit banjir pada masing-masing DAS ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Perhitungan Debit Maksimum HSS Gama 1 pada DAS di Pulau Sumba

Kala Ulang (Tahun)	Debit Banjir Maksimum (m ³ /detik) HSS Gama-1			
	DAS Baing	DAS Polopare	DAS Wanokaka	DAS Kambaniru
2	65,79	110,99	85,01	207,92
100	716,81	307,63	235,63	743,16
500	1486,20	381,12	291,93	1052,59
1000	2032,99	446,51	342,01	1280,96
PMF	2586,26	1181,87	851,25	2560,15

Tabel 4. Perhitungan Debit Maksimum HSS Nakayasu pada DAS di Pulau Sumba

Kala Ulang (Tahun)	Debit Banjir Maksimum (m ³ /detik) HSS Nakayasu			
	DAS Baing	DAS Polopare	DAS Wanokaka	DAS Kambaniru
2	97,71	197,99	164,98	564,63
100	1064,69	548,77	457,27	2018,16
500	2207,48	679,87	566,52	2858,46
1000	3019,64	796,51	663,71	3478,63
PMF	3841,42	2108,30	1651,95	6952,49

Pada Tabel 3 dan Tabel 4 diperoleh debit banjir maksimum terdapat pada DAS Kambaniru dengan Metode HSS Gama-1 untuk kala ulang 2 tahun adalah 207,92 m³/detik dan 1280,96 m³/detik untuk kala ulang 1000 tahun. Untuk Metode HSS Nakayasu untuk kala ulang 2 tahun adalah 1105,35 m³/detik dan 6809,94 m³/detik untuk kala ulang 1000 tahun. Hal ini selaras dikarenakan luas DAS Kambaniru paling luas dibandingkan DAS lainnya.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Hasil perhitungan debit banjir dengan menggunakan metode HSS Gama-1, pada DAS Baing diperoleh nilai Q yang paling maksimum untuk periode ulang 2 tahun adalah 65,79 m³/detik dan periode ulang 1000 tahun adalah 2032,99 m³/detik. Pada DAS Polopare diperoleh nilai Q yang paling maksimum untuk periode ulang 2 tahun adalah 110,99 m³/detik dan periode ulang 1000 tahun adalah 446,51 m³/detik. Pada DAS Wanokaka diperoleh nilai Q yang paling maksimum untuk periode ulang 2 tahun adalah 85,01 m³/detik dan periode ulang 1000 tahun adalah 342,01 m³/detik. Pada DAS Kambaniru diperoleh nilai Q yang paling maksimum untuk periode ulang 2 tahun adalah 207,92 m³/detik dan periode ulang 1000 tahun adalah 1280,96 m³/detik.

Hasil perhitungan debit banjir dengan menggunakan metode HSS Nakayasu adalah pada DAS Baing diperoleh nilai Q yang paling maksimum untuk periode ulang 2 tahun adalah 97,71 m³/detik dan periode ulang 1000 tahun adalah 3019,64 m³/detik. Pada DAS Polopare diperoleh nilai Q yang paling maksimum untuk periode ulang 2 tahun adalah 197,99 m³/detik dan periode ulang 1000 tahun adalah 796,51 m³/detik. Pada DAS Wanokaka diperoleh nilai Q yang paling maksimum untuk periode ulang 2 tahun adalah 164,98 m³/detik dan periode ulang 1000 tahun adalah 663,71 m³/detik. Pada DAS Kambaniru diperoleh nilai Q yang paling maksimum untuk periode ulang 2 tahun adalah 564,63 m³/detik dan periode ulang 1000 tahun adalah 3478,63 m³/detik.

Hasil perhitungan PMF diperoleh DAS Baing untuk Metode HSS Gama-1 adalah 2586,26 m³/detik dan untuk HSS Nakayasu adalah 3841,42 m³/detik. DAS Polopare untuk Metode HSS Gama-1 adalah 1181,87 m³/detik dan untuk HSS Nakayasu adalah 2108,30 m³/detik. DAS Wanokaka untuk Metode HSS Gama-1 adalah 851,25 m³/detik dan untuk HSS Nakayasu adalah 1651,95 m³/detik. DAS Kambaniru untuk Metode HSS Gama-1 adalah 2560,15 m³/detik dan untuk HSS Nakayasu adalah 6952,49 m³/detik.

Debit banjir yang terjadi dipengaruhi oleh bentuk DAS dan jumlah anak sungai. Dari hasil pengamatan ke 4 (empat) DAS tersebut memiliki bentuk yang sama yakni bentuk memanjang atau menyerupai bulu burung. Dari hasil perhitungan hidrograf banjir dengan menggunakan kedua metode yaitu Metode HSS Gama-1 dan Metode HSS Nakayasu diperoleh hasil yang sesuai yaitu Metode HSS Nakayasu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk perhitungan hidrograf banjir pada DAS dengan bentuk memanjang dapat digunakan Metode HSS Nakayasu.

Saran

Perlu pembaruan data curah hujan yang akan digunakan dalam menganalisis data sekurang-kurangnya data curah hujan 10 tahun terakhir agar hasil analisis lebih akurat dengan keadaan lapangan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan untuk BWS NTT II dan BMKG Lasiana Kupang yang telah memberikan kesempatan bagi peneliti untuk mendapatkan data dan melakukan penelitian mengenai debit banjir.

Daftar Referensi

- Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II, 2019. *Data Teknis*, Kementerian Pekerjaan Umum, Nusa Tenggara Timur.
- Clay, A., 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai : Edisi Revisi kelima*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press Yogyakarta.
- Chow, V. T., 1964. *Handbook Of Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Elza P. S., L. Kawet, F. H., 2013. Studi Perbandingan Hidrograf Satuan Sintetik Pada Daerah Aliran Sungai Ranoyapo. *Jurnal Sipil Statik*, 1(4).
- Kamiana, I Made, 2012. Teknik Perhitungan Debit Rancangan Bangunan Air, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Krisnayanti, D. S., Frans, J. H. & Helema, E. U., 2019. Analisis Parameter Alfa Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu pada DAS di Pulau Flores. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), Kupang.
- Krisnayanti, D. S., Hunggurami, E. & Heo, R. E., 2020. Perbandingan Debit Banjir Rancangan dengan Metode HSS Nakayasu, Gama I, dan Limantara pada DAS Raknamo. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), Kupang.
- Subramanya, K., 1984. *Engineering Hydrology*. Mcgraw Hill Publishing Company Limited.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Yang Berkelanjutan*. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta
- Triatmodjo, B., 2008. *Hidrologi Terapan*, Penerbit Beta Offset, Yogyakarta