

ANALISIS DEBIT BANJIR SUNGAI NAE BIMA DENGAN HSS (HIDROGRAF SATUAN SINTETIS) SNYDER

SABRINI AL QAUTSAR^{1)*}, MUHAMAD YAMIN²⁾, AMINULLAH³⁾

¹⁾Teknik Sipil UNMAS Denpasar, ²⁾Teknik Sipil UNIQHBA, ³⁾Universitas 45 Mataram

^{1)*}sabrinialqautsar@gmail.com, ²⁾aminullahmtk@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk menganalisis besarnya debit banjir rancangan pada berbagai kala ulang 5,10, 20, 25,50,100 tahun, dan untuk menganalisis debit puncak, waktu puncak dan waktu dasar pada sungai Nae dengan menggunakan Hidrograf Satua Sintetik Snyder. Metode penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan analisis banjir rancangan Hidrograf Satuan Sintetis Snyder. Hasil dari perhitungan debit banjir rancangan dengan periode ulang 5 tahun sebesar 62,154 m³, kala ulang 10 tahun sebesar 124,419 m³, kala ulang 20 tahun sebesar 249,389 m³, kala ulang 25 tahun sebesar 311,929 m³, kala ulang 50 tahun sebesar 623,913 m³, kala ulang 100 tahun sebesar 1247,881 m³. Hasil dari perhitungan dengan menggunakan metode HSS Snyder diperoleh , waktu puncak (Tp) sebesar 7,59 jam, debit puncak (Qp) sebesar 4,131 m³, waktu dasar (Tb) sebesar 26,831 jam.

Kata kunci : Debit banjir, Sungai, Hidrograf Satuan Sintetis Snyder

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the magnitude of the design flood discharge at various return periods of 5, 10, 20, 25, 50, 100 years, and to analyze the peak discharge, peak time and bottom time on the Nae River using the Snyder Synthetic Unit Hydrograph. This research method is a quantitative study with flood analysis designed by the Snyder Synthetic Unit Hydrograph. The results of the calculation of the design flood discharge with a return period of 5 years is 62,154 m³, a 10-year return period is 124,419 m³, a 20-year return period is 249,389 m³, a 25-year return period is 311,929 m³, a 50-year return period is 623,913 m³, a 100-year return period year of 1247.881 m³. The results of calculations using the Snyder HSS method are obtained, the peak time (Tp) is 7.59 hours, the peak discharge (Qp) is 4.131 m³, the base time (Tb) is 26.831 hours.

Keywords : Flood discharge, River, Snyder Synthetic Unit

PENDAHULUAN

Metode Hidrograf Satuan Sintetis merupakan suatu metode yang populer dan memiliki peranan penting dalam banyak perencanaan di bidang sumber daya air, metode ini digunakan untuk pada daerah yang data observasi debitnya kurang atau tidak tersedia. Berdasarkan cara-cara untuk mendapatkan hidrograf satuan pengamatan, diperlukan serangkaian data antara lain data tinggi muka air, data pengukuran debit, data hujan harian dan data hujan jam-jaman.

Banjir merupakan salah satu fenomena alam yang dapat menimbulkan kerugian yang besar bagi manusia. Banjir dapat terjadi karena luapan air sungai, waduk, danau, laut atau badan air lainnya yang menggenangi dataran rendah dan cekungan yang awalnya tidak tergenang. Pemecahan masalah banjir bukanlah hal yang mudah karena perlu diselesaikan secara kuantitatif, komprehensif, dan bertahap. Faktor-faktor penyebab banjir antara lain adalah curah hujan yang tinggi, penutupan lahan di daerah hulu berkurang dan kapasitas alur sungai terutama di daerah hilir berkurang karena sedimentasi dan topografis daerah.

Pengamanan bahaya banjir di sungai dapat diadakan perencanaan pengamanan terhadap bencana banjir dengan merencanakan bangunan yang bertujuan untuk mengurangi kerusakan yang terjadi akibat banjir sampai pada tingkat yang paling minimum. Perencanaan pengendalian tersebut dapat dilakukan dengan baik apabila data-data curah hujan disetiap stasiun hujan dapat diketahui dan dihitung debitnya dengan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) yang telah di kembangkan oleh para pakar antara lain HSS

Snyder, HSS Nakayasu, HSS Gamma 1, HSS Limantara, HSS ITB, HSS SCS (*Soil conservation services*) dan lain-lain. (Siahaan, 2018)

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung/pengunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau. DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Untuk maksud tersebut dapat digunakan peta topografi dengan skala 1:50.000, yang dapat diperoleh dari Direktorat Geologi, Dinas Topografi Angkatan Darat atau instansi lain. Garis-garis kontur dipelajari untuk menentukan arah dari limpasan permukaan (Triatmodjo, 2008).

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup (Triatmodjo, 2008). Sirkulasi air dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi yang berlangsung secara terus menerus. Siklus hidrologi memegang peran penting bagi kelangsungan hidup organisme bumi. Melalui siklus ini, ketersediaan air di daratan bumi dapat terjaga, mengingat teraturannya suhu lingkungan, cuaca, hujan, dan keseimbangan ekosistem bumi dapat tercipta karena proses siklus hidrologi ini. (Siahaan, 2018)

Menurut Fatma (2016) Siklus hidrologi, yang tahapan-tahapannya telah dijelaskan di atas ternyata tidak hanya terdiri atas satu macam saja. Siklus hidrologi ini terdiri atas beberapa macam. Macam-macam siklus hidrologi ini dilihat dari panjang atau pendeknya proses siklus hidrologi tersebut. Berdasarkan proses panjang dan pendeknya, siklus hidrologi ini dibagi menjadi 3 macam, yakni siklus hidrologi pendek, siklus hidrologi sedang dan siklus hidrologi panjang. Siklus hidrologi yang akhirnya air terbawa ke sungai.

Daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggungan gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama (Asdak, 2002). Perubahan tata guna lahan, topografi, jenis tanah, dan kelembaban tanah dapat mempengaruhi fungsi daerah aliran sungai (Hadisusanto, 2011). Selain itu intensitas curah hujan yang sering juga dapat mempengaruhi jumlah limpasan dan debit air sungai. Sehingga perhitungan debit puncak banjir perlu dilakukan untuk meminimalisir terjadinya banjir pada daerah aliran sungai (Id'fi, 2020). Debit adalah satuan besaran air yang keluar dari daerah aliran sungai. Debit air merupakan ukuran banyaknya volume air yang dapat lewat dalam suatu tempat atau yang dapat di tampung dalam suatu tempat tiap satu satuan waktu. Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit air merupakan komponen yang penting dalam pengelolaan suatu DAS.

Debit andalan (*dependable flow*) adalah besarnya debit sungai yang diharapkan selalu tersedia dan dapat dimanfaatkan dalam penyediaan air dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Dalam praktek ternyata debit andalan dari waktu ke waktu mengalami penurunan seiring dengan fungsi daerah tangkapan air. Penurunan debit andalan dapat menyebabkan kinerja irigasi berkurang yang mengakibatkan pengurangan areal persawahan. Antisipasi keadaan ini perlu dilakukan dengan memasukkan factor koreksi sebesar 80% sampai dengan 90% untuk debit andalan. Faktor koreksi tersebut tergantung pada kondisi perubahan DAS (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986).

Menurut Soewarno (1995), pada kenyataannya bahwa tidak semua varian dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya. Variasi atau dispersi adalah besarnya derajat atau besaran varian di sekitar nilai rata-ratanya. Cara mengukur besarnya dispersi disebut pengukuran dispersi. Selain disperse, analisis frekuensi juga dibutuhkan

Analisa frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya suatu kejadian ekstrim (maksimum dan minimum) dan frekuensi yang dihitung meliputi: parameter statistik, distribusi peluang kontinyu dan uji kecocokan (Kamiana, 2011). Curah hujan rencana dapat didefinisikan sebagai hujan terbesar tahunan dengan probabilitas tertentu yang bisa saja terjadi di suatu wilayah, atau hujan dengan kemungkinan periode ulang tertentu. Berikut empat jenis distribusi frekuensi yang paling banyak digunakan dalam hidrologi : Distribusi Normal, Log Normal, Log Person Tipe III, dan distribusi Gumbel. Menurut Harahap (2014) setiap distribusi mempunyai ciri yang khas sehingga data curah hujan harus diuji kecocokannya dengan metode Chi-kuadrat dan Smirnov- Kolmogorof.

Banjir adalah ancaman musiman yang terjadi apabila meluapnya tubuh air dari saluran yang ada dan menggenangi wilaah sekitarnya. Banjir adalah ancaman alam yang paling sering terjadi dan paling banyak merugikan, baik dari segi kemanusiaan maupun ekonomi” (IDEP,2007).

“Banjir merupakan peristiwa dimana daratan yang biasanya kering (bukan daerah rawa) menjadi tergenang oleh air, hal ini disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan kondisi topografi wilayah berupa dataran rendah hingga cekung. Selain itu terjadinya banjir jua dapat disebabkan oleh limpasan air permukaan (runoff) yang meluap dan volumenya melebihi kapasitas pengaliran sistem drainase atau sistem aliran sungai. Terjadinya bencana banjir juga disebabkan oleh rendahnya kemampuan infiltrasi tanah, sehingga menyebabkan tanah tidak mampu lagi menyerap air. Banjir dapat terjadi akibat naiknya permukaan air lantaran urah hujan yang diatas normal, perubahan suhu, tanggul/bendungan yang bobol, pencairan salju yang cepat, terhambatnya aliran air di tempat lain” (Ligal, 2008).

Debit banjir rencana adalah debit maksimum pada suatu sungai dengan periode ulang tertentu. Banjir rencana dengan periode ulang tertentu dapat dihitung dari data debit banjir atau data hujan. Apabila data debit banjir yang tersedia di wilayah studi cukup panjang (>20 tahun), maka debit banjir dapat langsung dihitung dengan pendekatan metode analisis probabilitas Gumbel, Log Pearson atau Log Normal. Namun apabila data di wilayah studi yang tersedia hanya berupa data hujan dan karakteristik DAS, maka metode yang disarankan untuk digunakan dalam perhitungan adalah metode hidrograf satuan sintetik seperti Nakayasu, Snyder, Gama I, dan Limantara. Metode yang akan digunakan dalam analisis debit banjir rencana untuk penelitian ini adalah dengan metode hidrograf satuan sintetik Snyder.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

- Berapa besarnya debit banjir rancangan pada berbagai kala ulang (5, 10, 20, 25, 50, 100 tahun)?
- Berapa debit puncak, waktu puncak dan waktu dasar pada Daerah Aliran Sungai Nae ?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

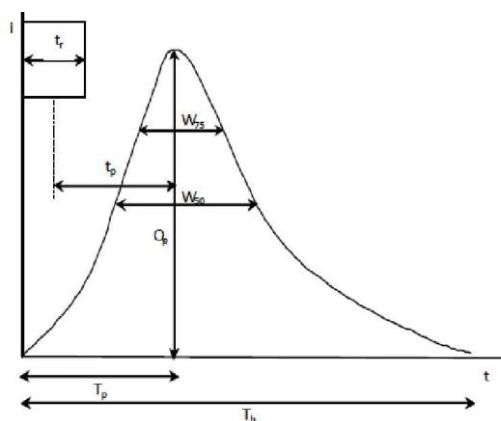
- Untuk menganalisis debit banjir rancangan pada berbagai kala ulang 5, 10, 20, 25, 50, 100 tahun.
- Untuk menganalisis debit puncak, waktu puncak dan waktu dasar pada sungai Nae dengan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder yang telah dikembangkan pada beberapa sungai di Sulawesi Selatan.

METODE PENELITIAN

Studi ini mengambil lokasi pada Sungai Na'e yang berada di Kota Bima. Lokasi yang dipilih merupakan satu kesatuan Wilayah Sungai, yaitu satuan Wilayah Sungai Sumbawa dan Daerah Aliran Sungai Rontu. Jenis penelitian ini merupakan penelitian hidrologi dengan analisis banjir rancangan Hidrograf Satuan Sintetis Snyder. Metode Snyder pada dasarnya adalah untuk menentukan hidrograf satuan sintetik yang dihitung berdasarkan rumus empiris dan koefisien empiris yang menghubungkan komponen hidrograf satuan dengan karakteristik DAS. Parameter yang menentukan bentuk hidrograf satuan adalah luas DAS, panjang sungai, dan panjang sungai utama yang diukur dari tempat pengamatan sampai dengan titik pada sungai utama yang berjarak paling dekat dengan titik berat DAS.

Jenis data yang digunakan untuk menganalisa banjir merupakan data sekunder berupa data curah hujan selama 10 tahun di DAS Rontu Stasiun ARR Kumbe Kec. Rasana'e Timur, data curah hujan tahun 2012-2021

Ada empat parameter yaitu waktu kelambatan, aliran puncak, waktu dasar, dan durasi standar dari hujan efektif untuk hidrograf satuan dikaitkan dengan geometri fisik dari DAS dengan hubungan berikut ini (Gupta, 1989).



Gambar 1. Hidrograf Satuan Sintetis Snyder

$$tp = Ct(LLc)^{0,3} \text{----- (1)}$$

$$Qp = \frac{CpA}{tp} \text{----- (2)}$$

$$T = 3 + \frac{tp}{8} \text{----- (3)}$$

$$tp = \frac{tp}{5,5} \text{----- (4)}$$

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

$$t_{pR} = t_p + 0,25(t_r - t_D) \text{ ----- (5)}$$

$$Q_{pR} = Q_p \frac{t_p}{t_{pR}} \text{ ----- (7)}$$

Dengan :

t_p : durasi standar dari hujan efektif (jam)

t_r : durasi hujan efektif (jam)

t_p : waktu dari titik berat durasi hujan efektif t_p ke puncak hidrograf satuan (jam)

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

T : waktu dasar hidrograf satuan (hari)

Q_p : debit puncak untk durasi t_p

Q_{pR} : debit puncak durasi t_r

L : panjang sungai utama terhadap titik kotrol yang di tinjau (km)

L_c : jarak antar titik control ke titik yang terdekat dengan titik berat DAS (km)

A : luas DAS (km²)

C_t : koefisien yang tergantung kemiringan DAS. Yang koefisen 1,4 sampai 1.7

C_p : koefisien yang tergantung padag yankemiringan DAS, yang bervariasi1 antar 0,15 samapai 0.19

Dengan menggunakan rumus-rumus di atas dapat di gambarkan hidrograf satuan. Untuk memudahkan penggambaran, berikut ini diberikan beberapa rumus :

$$W_{50} = \frac{0,22A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}} \text{ ----- (8)}$$

$$W_{75} = \frac{0,12A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}} \text{ ----- (9)}$$

Dengan W_{50} dan W_{75} adalah lebar unit hidrograf pada debit 50% dan 75% dari debit puncak, yang dinyatakan dalam jam. Sebagai acuan, lebar, W_{50} dan W_{75} dibuat dengan perbandingan 1:2; dengan isi pendek di sebelah kiri dari hidrograf satuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Curah Hujan

Perhitungan data curah hujan harian maksimum rata-rata pada stasiun Kumbe, dan didapatkan data harian hujan per bulan dilakukan pengumpulan data harian hujan per tahun yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Kumbe

No.	Tahun	Curah Hujan Harian (mm)
1	2012	75,0
2	2013	85,4
3	2014	53,5
4	2015	121,1
5	2016	114,9
6	2017	110,3
7	2018	62,4
8	2019	45,0
9	2020	72,7
10	2021	85,0
Jumlah		825,30
Rata-Rata		82,53
Maksimim		121,10

Sumber : BWS NTB

Tabel 1 menunjukkan data curah hujan harian tahunan yang diperoleh dari hasil pengolahan data hujan jam – jaman.

Penentuan Pola Distribusi Hujan

Penentuan pola distribusi atau sebaran hujan dilakukan dengan menganalisa data curah hujan harian maksimum yang diperoleh dengan menggunakan analisis frekuensi. Untuk menentukan jenis sebaran yang akan digunakan dalam menetapkan periode ulang/*returny* (analisa frekuensi) maka dicari parameter statistic dari data curah hujan wilayah baik secara normal maupun secara logaritmatik.

Langkah yang ditempuh adalah dengan menggunakan data-data mulai dari terkecil sampai terbesar. Dari hasil analisis diperoleh nilai untuk masing-masing parameter statistik. Untuk menganalisis probabilitas curah hujan biasanya dipakai beberapa macam distribusi yaitu:

- Distribusi Normal
- Distribusi Log Normal
- Distribusi Log Person III
- Distribusi Gumbel

Metode Distribusi Normal

Hasil perhitungan curah hujan rata-rata dengan Metode Distribusi Normal dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisa Curah Hujan Distribusi Normal.

No.	Curah Hujan, Xi (mm)	(Xi - Xr)	(Xi - Xr) ²
1	75,00	-7,53	56,70
2	85,40	2,87	8,24
3	53,50	-29,03	842,74
4	121,10	38,57	1487,64
5	114,90	32,37	1047,82
6	110,30	27,77	771,17
7	62,40	-20,13	405,22
8	45,00	-37,53	1408,50
9	72,70	-9,83	96,63
10	85,00	2,47	6,10

Sumber : Hasil Perhitungan

Jumlah Data	=	825,30
Rerata Data	=	82,53
Standar Deviasi (Sd)	=	26,10
Jumlah (Xi-Xr) ²	=	6130,76

Dari data-data diatas didapat :

$$X_r = 825,30/10 = 82,53$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_r)^2}{n - 1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{6130,76}{9}}$$

$$S_d = 26,10$$

Selanjutnya pada analisa curah hujan rencana dengan Distribusi Normal diperlukan nilai Kt (variable reduksi) untuk menentukan analisa curah hujan rencana dengan Distribusi Normal.

Contoh perhitungan :

Diketahui hujan rata-rata data (X) = 82,53 mm, nilai reduksi (Kt) = 0,84 mm, standar deviasi (Sd) = 26,10 mm

Untuk periode ulang (T) 5 tahun

$$X_t = X + (K_t \cdot S_d) = 82,53 + (0,84 \cdot 26,10) = 104,45 \text{ mm}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Analisa Curah Hujan Rancangan Dengan Metode Distribusi Normal

Kala Ulang T (Tahun)	\bar{X} (mm)	Standar Deviasi (Sd) (mm)	Nilai Reduksi (Kt)	Curah Hujan (Xt) (mm)
5	82,53	26,10	0,84	104,45
10	82,53	26,10	1,28	115,94
25	82,53	26,10	1,71	127,12
50	82,53	26,10	2,05	136,03
100	82,53	26,10	2,33	143,34

Metode Distribusi Log Normal

Data-data yang digunakan dalam perhitungan parameter statistik dengan sebaran logatrimatik dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisa Curah Hujan Dengan Distribusi Log Normal.

No	Xi (mm)	Log Xi	(Log Xi - Log X) ²
1	75,00	1,88	0,00
2	85,40	1,93	0,00
3	53,50	1,73	0,03
4	121,10	2,08	0,04
5	114,90	2,06	0,03
6	110,30	2,04	0,02
7	62,40	1,80	0,01
8	45,00	1,65	0,06
9	72,70	1,86	0,00
10	85,00	1,93	0,00

Jumlah Log Xi = 18,96
 Rerata Log Xi = 1,90
 Standar Deviasi (Sd) = 0,14
 Jumlah (Log Xi - Log Xr)² = 0,18

Selanjutnya pada analisa curah hujan rencana dengan Distribusi Log Normal diperlukan nilai Kt (variable reduksi) untuk menentukan analisa curah hujan rencana dengan Distribusi Log Normal.

Contoh perhitungan :

Diketahui Log X = 1,92 mm, nilai reduksi (Kt) = 0,84 mm, standar deviasi (Sd) = 0,14 mm

Untuk periode ulang (T) 5 tahun

$$\text{Log Xt} = \text{Log X} + (\text{Kt} \cdot \text{Sd})$$

T = 5 tahun

$$\text{Log X2} = 1,92 + (0,84 \cdot 0,14) = 2,04 \text{ mm}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Analisa Curah Hujan Rancangan Dengan Metode Distribusi log Normal

Periode ulang T (tahun)	K _T	Log X	Hujan rencana, X _t (mm)
5	0,84	1,92	2,04
10	1,28	1,92	2,10
20	1,64	1,92	2,15
25	1,71	1,92	2,16
50	2,05	1,92	2,21
100	2,33	1,92	2,25

Jumlah X = 825,3
 Rata-Rata X = 82,53
 Log X = 1,92

Metode Distribusi Log Pearson III

Berikut ini adalah Tabel 6 yang menunjukkan data analisa curah hujan dengan distribusi Log Person III.

Tabel 6. Analisa Curah Hujan dengan Distribusi Log Person III.

No.	Xi (mm)	Log Xi	(Log Xi - Log X) ²	(Log Xi - Log X) ³
1	75	1,88	0,00	0,00
2	85,4	1,93	584,11	199284315,66
3	53,5	1,73	2,99	26,66
4	121,1	2,08	4,34	81,72
5	114,9	2,06	4,24	76,49
6	110,3	2,04	4,17	72,62
7	62,4	1,80	3,22	33,47
8	45	1,65	2,73	20,42
9	72,7	1,86	3,47	41,61
10	85	1,93	3,72	51,59

Jumlah Log Xi = 18,96

Rata-Rata Log Xi = 1,90

Sd = 8,25

Cs = 49240,28

Selanjutnya pada analisa curah hujan rencana dengan distribusi Log Person III diperlukan nilai Kt untuk menentukan analisa curah hujan rencana dengan Distribusi Log Pearson III.

Contoh perhitungan :

Diketahui Log X = 1,92 mm, nilai reduksi (Kt) = -491,55 mm, standar deviasi (Sd) = 0,14 mm

Untuk periode ulang (T) 5 tahun

$$\text{Log Xt} = \text{Log X} + (\text{Kt} \cdot \text{Sd})$$

$$T = 5 \text{ tahun}$$

$$\text{Log Xt} = 1,92 + (-491,55 \cdot 8,25) = -4054,81 \text{ mm}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Analisa Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Log Person III.

Periode ulang T (tahun)	K _T	Log X	Hujan rencana X (mm)
5	-491,55	1,92	-4054,81
10	7387,33	1,92	60968,90
20	15266,09	1,92	125991,57
25	19205,47	1,92	158502,91
50	28069,02	1,92	231652,98
100	16743,86	1,92	138187,46

Metode Distribusi Gumbel

Hasil perhitungan curah hujan rata-rata dengan Metode Distribusi Gumbel dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisa Curah Hujan dengan Distribusi Gumbel.

No.	Curah Hujan, Xi (mm)	(Xi - Xr)	(Xi - Xr) ²
1	75,00	-7,53	56,70
2	85,40	2,87	8,24
3	53,50	-29,03	842,74
4	121,10	38,57	1487,64
5	114,90	32,37	1047,82
6	110,30	27,77	771,17
7	62,40	-20,13	405,22
8	45,00	-37,53	1408,50
9	72,70	-9,83	96,63
10	85,00	2,47	6,10

Jumlah Data = 825,30
 Rerata Data = 82,53
 Standar Deviasi (Sd) = 26,10
 Jumlah (Xi-Xr)² = 6130,76

Dari data-data diatas didapat :

$$X = 825,30/10 = 82,53$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Xi - Xr)^2}{n - 1}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{6130,76}{9}}$$

$$Sd = 26,10$$

Di bawah ini merupakan Tabel 9 yang berisikan data analisa curah hujan rencana dengan Distribusi Gumbel.

Tabel 9. Analisa Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Gumbel.

Periode ulang T (tahun)	Yt	Kt	Hujan rencana,X (mm)
5	1,500	0,927	106,714
10	2,250	1,657	125,766
20	2,970	2,357	144,042
25	3,199	2,579	149,839
50	3,902	3,263	167,698
100	4,600	3,942	185,425

Hasil resume perhitungan frekuensi curah hujan kala ulang Sungai Nae Metode Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Log Person III, Distribusi Gumbel dapat di lihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Resume Perhitungan Frekuensi Curah Hujan Kala Ulang

Periode ulang T (tahun)	Hujan Rancangan (mm)			
	Gumbel	Normal	Log Normal	Log Pearson III
5	106,714	104,454	2,040	-4054,812
10	125,766	115,938	2,103	60968,900
20	144,042	125,334	2,155	125991,572
25	149,839	127,117	2,165	158502,908
50	167,698	136,034	2,214	231652,975
100	185,425	143,342	2,254	138187,459

Dari data di atas di dapat bahwa :

Untuk periode utang T = 5 tahun

- Distribusi Gumbel = 106,714 mm, diperoleh dari :
 $X_t = X + (K_t.S_d)$
 $= 82,53 + (0,927 \cdot 26,10) = 106,714 \text{ mm}$
- Distribusi Normal = 104,454 mm, diperoleh dari :
 $X_t = X + (K_t.S_d)$
 $= 82,53 + (0,84 \cdot 26,10) = 104,454 \text{ mm}$
- Distribusi Log Normal = 2,040 mm, diperoleh dari :
 $\text{Log } X_t = \text{Log } X + (K_t.S_d)$
 $= 1,92 + (0,84 \cdot 0,14) = 2,04 \text{ mm}$
- Distribusi Log Pearson III = -4054,81 mm, diperoleh dari :
 $\text{Log } X_t = \text{Log } X + (K_t.S_d)$
 $= 1,92 + (-415,55 \cdot 8,25) = -4054,81 \text{ mm}$

Perhitungan Dispresi

Setelah mendapatkan curah hujan rata-rata dari stasiun yang berpengaruh di daerah aliran sungai, selanjutnya dianalisis secara statistik untuk mendapatkan pola sebaran yang sesuai dengan sebaran curah hujan rata-rata yang ada.

Contoh perhitungan :

Diketahui curah hujan (X_i) tahun 2012 = 75,00 mm, hujan rata-rata (X_r) = 82,53 mm

$$\begin{aligned} \text{Kolom [4]} &= [1] - X_r = 75,00 - 82,53 = -7,53 \text{ mm} \\ \text{Kolom [5]} &= [3]^2 = (-7,53)^2 = 56,70 \text{ mm} \\ \text{Kolom [6]} &= [3]^3 = (-7,53)^3 = -426,96 \text{ mm} \\ \text{Kolom [7]} &= [3]^4 = (-7,53)^4 = 3214,99 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 11 dibawah ini.

Tabel 11. Perhitungan Statistik Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Kumbe

No.	Tahun	X_i	$(X_i - X_r)$	$(X_i - X_r)^2$	$(X_i - X_r)^3$	$(X_i - X_r)^4$
1	2012	75,00	-7,53	56,70	-426,96	3214,99
2	2013	85,40	2,87	8,24	23,64	67,85
3	2014	53,50	-29,03	842,74	-24464,77	710212,22
4	2015	121,10	38,57	1487,64	57378,46	2213087,35
5	2016	114,90	32,37	1047,82	33917,83	1097920,26
6	2017	110,30	27,77	771,17	21415,47	594707,64
7	2018	62,40	-20,13	405,22	-8157,02	164200,74
8	2019	45,00	-37,53	1408,50	-52861,04	1983874,79
9	2020	72,70	-9,83	96,63	-949,86	9337,14
10	2021	85,00	2,47	6,10	15,07	37,22
Jumlah		825,30		6130,76	25890,83	6776660,20
X_r		82,53				

Hasil perhitungan parameter statistik distribusi curah hujan seperti berikut:

1. Perhitungan Standar Deviasi (S_d)

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_r)^2}{n - 1}}$$

$$\begin{aligned} S_d &= \sqrt{\frac{6130,76}{9}} \\ &= 26,10 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Koefisien Kemencengan

$$C_s = \frac{n \sum(X_i - X_r)^3}{(n - 1)(n - 2)S_d^3}$$

$$C_s = \frac{10 \times (25890,83)}{(10 - 1)(10 - 2) \times 26,10^3}$$

$$C_s = \frac{258908,342}{1280089,43}$$

$$C_s = 0,20$$

3. Perhitungan Koefisien Kurtosi (C_k)

$$C_k = \frac{n \sum(X_i - X_r)^4}{(n - 1)(n - 2) \times S_d^4}$$

$$C_k = \frac{10 \times (6776660,20)}{(10 - 1)(10 - 2) \times 26,10^4}$$

$$C_k = \frac{67766602}{33409983}$$

$$C_k = 2,03$$

4. Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}_r}$$

$$C_v = \frac{26,10}{82,53}$$

$$C_v = 0,32$$

Perhitungan Banjir Rancangan Metode Haspes

Metode ini dapat digunakan apabila luas DAS <300 km² (Suyono Sosrodarsono Kensaku Takadea,1977).

Langkah perhitungan debit banjir rencana metode Hasper adalah sebagai berikut :

1. Menentukan waktu konsentrasi (t)

$$t = 0,10 \times L^{0,8} \times i^{-0,3}$$

dimana :

t = waktu konsentrasi

L = panjang sungai

i = kemiringan dasar sungai

Diketahui :

$$t = 1 \text{ jam}$$

$$L = 23,25$$

$$i = 0,1242$$

$$A = 91,663$$

Jadi :

$$t = 0,1 \times 23,25 \times 0,1242^{-0,3}$$

$$= 4,346$$

2. Menghitung koefisien reduksi (β)

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + 3,70 \times 10^{-0,41} A^{0,75}}{t^2 + 15} - \frac{A^{0,75}}{12}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{4,346 + 3,70 \times 10^{-0,41} 91,663^{0,75}}{4,346^2 + 15} - \frac{91,663^{0,75}}{12}$$

$$\beta = -1,30$$

3. Hitung koefisien run off (x)

$$X = \frac{1 + 0,012 \times A^{0,70}}{1 + 0,075 \times A^{0,70}}$$

$$X = \frac{1 + 0,012 \times 91,663^{0,70}}{1 + 0,075 \times 91,663^{0,70}}$$

$$X = 0,462$$

Hitung curah hujan harian maksimum rencana periode ulang T tahun

$$RT = \frac{t \times RT}{t+1}$$

Dimana :

RT = curah hujan rencana periode ulang T tahun (5)

t = waktu konsentrasi

Jadi :

$$RT = \frac{4,346 \times 5}{4,346 + 1}$$

$$RT = 4,065 \text{ mm}$$

4. Hitung intensitas yang diperlukan

$$q = \frac{txRT}{3,6 \times t}$$

Dimana :

q = intensitas hujan yang diperlukan

RT = curah hujan rencana periode ulang T tahun

t = waktu konsentrasi

Jadi :

$$q = \frac{4,346 \times 4,065}{3.6 \times 4,346}$$

$$q = 1,129$$

5. Hitung debit banjir rencana periode ulang T tahun

$$Q = X \cdot \beta \cdot q \cdot A$$

Dimana :

Q = debit banjir rencana periode ulang T tahun

X = koefisien run off

β = koefisien reduksi

q = intensitas hujan yang diperlukan

A = luas DAS

Jadi :

$$Q = 0,462 \cdot 1,30 \cdot 1,129 \cdot 91,663$$

$$Q = 62,154$$

Dari contoh perhitungan diatas selanjutnya dapat di lihat hasil di tabel 12. dibawah ini :

Tabel 12. Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Untuk Kala Ulang T

Kala Ulang T (tahun)	5	10	20	25	50	100
Debit Rancangan (m ³)	62,154	124,419	249,389	311,929	623,913	1247,881

Perhitungan Curah Hujan Efektif (Rn)

Perhitungan curah hujan efektif berdasarkan periode kala ulang T (tahun),

$$Rn = f \times R$$

$$Rn = 0,8 \times 62,154 = 49,72$$

Dari contoh perhitungan diatas selanjutnya dapat di lihat hasil di tabel 17 dibawah ini :

Tabel 13. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Kala Ulang T (tahun)	5	10	20	25	50	100
Hujan Maksimum	62,154	124,419	249,389	311,929	623,913	1247,881
F	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Hujan Efektif Rn	49,72	99,53	199,51	249,54	499,13	998,30

Sumber : hasil perhitungan

Perhitungan Waktu Puncak, Debit Puncak dan Waktu Dasar

Hidrograf Satuan Sintetis Snyder

Adapun parameter-parameter yang dibutuhkan dalam analisis HSS Snyder dapat dilihat pada Tabel 18 sebagai berikut :

Tabel 14. Parameter untuk menghitung HSS Snyder

Parameter HSS Snyder	
Luas DAS (A)	: 91,66 km ²
Panjang sungai utama (L)	: 23,25 km
Panjang sungai dari bagian hilir ke titik berat (Lc)	: 12,00 km
Koefisien n	: 0,20
Koefisien Ct	: 2,30
Koefisien Cp	: 1,15
D	: 0,70

Sumber : BWS NTB

1. Menghitung waktu dari titik berat hujan ke debit puncak (tp)

$$tp = Ct \times (L \times Lc)^n$$
$$= 2,30 \times (23,25 \times 12,00)^{0,2} = 7,09$$

2. Menghitung curah hujan efektif (te)

$$te = tp / 5,5$$

$$= 7,09 / 5,5 = 1,29$$
3. Menghitung waktu untuk mencapai puncak (Tp)

$$tr = 1 \text{ jam,}$$

jika te > tr

$$tp' = tp + 0,25(te-tr)$$

$$= 7,09 + 0,25(1,29-1) = 7,17$$

$$Tp = tp' + 0,5$$

$$= 7,17 + 0,5 = 7,67 = 8 \text{ jam}$$

jika te < tr

$$Tp = tp + 0,5 \times tr$$

$$= 7,09 + 0,5 \times 1 = 7,59 = 8 \text{ jam}$$

jika te = tr

$$Tp = tp$$

$$= 7,09 = 7 \text{ jam}$$
4. Menghitung debit maksimum hidrograf satuan (Qp)

$$qp = 0,278 (Cp / tp)$$

$$= 0,278 \times (1,15 / 7,09) = 0,045 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$$

$$Qp = qp \times A$$

$$= 0,045 \times 91,66 = 4,131 \text{ m}^3/\text{dt}$$
5. Menghitung waktu dasar (Tb)

$$Tb = 0,0625 \times Tp^{2,76} \times Qp^{0,33}$$

$$= 0,0625 \times 7,59^{2,76} \times 4,131^{0,33}$$

$$= 26,831$$
6. Perhitungan absis (nilai x)

$$x = t / tp$$

$$= 8,00 / 8 = 1,00$$
7. Perhitungan koefisien l dan a

$$l = Qp \times Tp / (A \times h)$$

$$= 4,131 \times 7,59 / (91,66 \times 1) = 0,34$$

$$a = 1,32 \times l^2 + 0,15 \times l + 0,045$$

$$= 1,32 \times 0,34^2 + 0,15 \times 0,34 + 0,045 = 0,25$$
8. Perhitungan besarnya ordinat y

$$y = 10^{-a(1-x)^{2/x}}$$

$$= 10^{-(0,25(1-1,00)^{2/1,00})} = 1,00$$
9. Perhitungan besarnya Qt

$$Qt = Qp \times y$$

$$= 4,131 \times 1,00 = 4,131$$
10. Perhitungan besarnya Qb

$$Qb = 0,4751 \times A^{0,6444} \times D^{0,943}$$

$$= 0,4751 \times 91,66^{0,6444} \times 0,70^{0,943} = 6,240 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Berikut ini hasil perhitungan Ordinat Hidrograf Satuan Sintetik Snyder yang ditabelkan seperti pada Tabel 19 :

Tabel 15. Ordinat Hidrograf Satuan Sintetik Snyder

T (jam)	x	Y	Qt (m ³ /dt/mm)	Keterangan
0,00	0,00	0,00	0,000	Qp
1,00	0,13	0,03	0,120	
2,00	0,25	0,27	1,126	
3,00	0,38	0,55	2,263	
4,00	0,50	0,75	3,095	
5,00	0,63	0,88	3,628	
6,00	0,75	0,95	3,937	
7,00	0,88	0,99	4,089	
8,00	1,00	1,00	4,131	

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil analisis debit banjir sungai Nae Bima dengan HSS (Hidrograf Satuan Sintetis) Snyder maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan dari hasil perhitungan dan pembahasan yaitu sebagai berikut:

1. Hasil dari perhitungan debit banjir rancangan dengan periode ulang 5, 10, 20, 25, 50 dan 100 tahun diperoleh : Kala ulang 5 tahun sebesar $62,154 \text{ m}^3$, kala ulang 10 tahun sebesar $124,419 \text{ m}^3$, kala ulang 20 tahun sebesar $249,389 \text{ m}^3$, kala ulang 25 tahun sebesar $311,929 \text{ m}^3$, kala ulang 50 tahun sebesar $623,913 \text{ m}^3$, kala ulang 100 tahun sebesar $1247,881 \text{ m}^3$.
2. Hasil dari perhitungan dengan menggunakan metode HSS Snyder dalam mencari waktu puncak (T_p), debit puncak (Q_p) dan waktu dasar (T_b) diperoleh : waktu puncak (T_p) sebesar 7,59 jam, debit puncak (Q_p) sebesar $4,131 \text{ m}^3$, waktu dasar (T_b) sebesar 26,831 jam.

Saran

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka saran yang dapat disampaikan adalah :

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dibandingkan dengan metode HSS yang lainnya untuk mengetahui perbandingannya.
2. Hasil penelitian ini dapat dijadikan contoh untuk penelitian selanjutnya dan bisa disempurnakan lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C., (2002), Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Besperi, Gusta Gunawan, Muhammad Fauzi, Okky Kurniawan, (2019). *Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-RAS Versi 5.0.7*
- Direktorat Jenderal Pengairan, (1986). *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02*, Bandung : CV Galang Persada
- Firis Adilla Siahaan, (2018). *Analisis Banjir Rancangan Dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Snyder dan SCS (Soil Conservation Services) DAS Deli*
- Gilang Ide'fi, (2020). *Analisa Model Hidrograf Banjir Kali Ngotok Dengan Metode SCS, Snyder dan Nakayasu*. Jurnal Bangunan, Vol. 25, No.2, Oktober 2020: 1-10.
- Gupta., R.S., (1989), *Hydrology and Hydraulic System*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Hadisusanto, N. (2011). *Aplikasi Hidrologi*, Jaring Pena, Surabaya.
- Harahap, R. (2014) *Model Perencanaan Drainase Sebagai Pengendalian Banjir Kota Medan untuk Lanjutan*, Laporan Penelitian, Universitas Negeri Medan
- IDEP, (2007). *Panduan Umum Penanggulangan Bencana Berbasis Masyarakat*. Bali
- Kamiana, I Made. (2011), *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Limantara, S., & Sugiarto, H. (2010). *Penelitian Awal Pada High Volume Fly Ash Concrete*. (TA NO: 11011691/SIP/2010). Unpublished undergraduate thesis, Universitas Kristen Petra Surabaya.
- Sebastian, Lugal, (2008). *Pendekatan Pencegahan dan Penanggulangan Banjir*. *Jurnal Dinamika Teknik Sipil*, Volume 8 No.2. Palembang : Fakultas Teknik, Universitas Sriwidjaja Palembang.
- Soedibyo (2003) *Teknik bendungan*, Jakarta: Pradya Paramita.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Bandung: Nova
- Suripin (2004) *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta: Andi.
- Muhamad Yamin, Pengembangan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder
<http://journal.unmasmataram.ac.id/index.php/GARA> Vol. 13, No. 1, Maret 2019 ISSN 1978-0125 (Print); ISSN 2615-8116 (Online)
- Triatmodjo, Bambang. (2004), *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta
- Triatmodjo, Bambang. (2008), *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta