

Analisis Transformasi Hujan-Debit dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik untuk Penetapan Banjir Rancangan pada DAS Manggar Kecil

Namiratus Syarifah^{1✉}, Vita Ayu Kusuma Dewi, Gilang Id'fi³

^{1, 2, 3} Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 19-09-2024

Direvisi : 08-10-2024

Diterima : 14-10-2024

Kata Kunci:

Pengendalian Banjir,
Hidrograf, Manggar Kecil

Keywords:

Flood Control, Hydrograph,
Manggar Kecil

ABSTRAK

Sebagai Tindakan pengendalian banjir pada DAS Manggar Kecil, diperlukan perencanaan Pembangunan Bangunan Pengendali Banjir (Bendali). Hal tersebut sejalan dengan program pemerintah Kota Balikpapan, akan tetapi terdapat keterbatasan data debit banjir sungai Manggar Kecil yang termasuk pada parameter utama untuk perencanaan bendali. Untuk mengatasi keterbatasan data debit tersebut, dapat dilakukan analisis transformasi data hujan ke data debit (hujan-debit) sehingga didapatkan nilai debit banjir rancangan. Analisis tersebut dapat diterapkan dengan metode hidrograf satuan sintetik. Metode deskriptif kuantitatif diterapkan pada penelitian ini dan pengumpulan data berupa data sekunder. Hasil analisis data dengan metode hidrograf satuan sintetik Nakayasu, Snyder-Alexeyev, dan Limantara untuk periode ulang 10 hingga 100 tahun meliputi pada metode Nakayasu berkisar 167,02 hingga 212,92 m³/detik, metode Synder-Alexeyev berkisar 123,31 hingga 157,19 m³/detik dan metode Limantara berkisar 202,01 hingga 257,53 m³/detik. Penetapan nilai banjir rancangan menggunakan nilai debit maksimum pada metode hidrograf satuan sintetik Limantara.

ABSTRACT

To control flooding in Manggar Kecil watershed, it's required to design the Flood Control Building (Bendali). This is aligned with the Balikpapan City government program, but there is limitation of flood discharge data in Manggar Kecil river included in the main parameter for bendali planning. To solve the limitation discharge data, transformation analysis of rainfall data to discharge (rainfall-runoff) can be conducted to obtain the value flood discharge. Analysis could using synthetic unit hydrograph methods. Quantitative descriptive is applied in this research and data collection from secondary data. Results of data analysis for return periods 10 to 100 years include the Nakayasu method in the range of 167.02 to 212.92 m³/second, the Synder-Alexeyev method in the range of 123.31 to 157.19 m³/second and the Limantara method in the range of 202.01 to 257.53 m³/second. The determination of design flood value uses maximum discharge value of Limantara method.

Corresponding Author:

Namiratus Syarifah

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Indonesia

Jl. Cakrawala No.5, Sumbarsari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145

Email: namiratussyarifah@gmail.com

PENDAHULUAN

Sungai Manggar Kecil termasuk salah satu sungai primer di Kota Balikpapan yang memiliki potensi kejadian banjir. Terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi kejadian banjir di DAS Manggar Kecil ini, seperti kapasitas tampung sungai tidak terpenuhi, perubahan penggunaan lahan, dan peningkatan curah hujan di Kota Balikpapan (Ghozali et al., 2022; Margaret & Saputra, 2017a). Salah satu alternatif pengendalian banjir dapat dilakukan dengan pembangunan bangunan pengendali banjir (bendali). Alternatif Pembangunan bendali sejalan dengan Program Pemerintah yang tercantum dalam Revisi *Masterplan* Drainase Kota Balikpapan Tahun 2022, yang direncanakan akan dibangun bendali pada beberapa DAS di Kota Balikpapan yang salah satu nya DAS Manggar Kecil (Putra, 2016; Yanti, 2015). Perencanaan bendali tersebut memerlukan data debit air yang akan mengalir pada bendali untuk memperkirakan dimensi, jenis struktur, dan tingkat keandalan bangunan (Ikhsan, 2021).

Data debit air sungai Manggar Kecil hasil observasi belum tersedia dilapangan karena belum terdapat alat ukur debit *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) di sungai Manggar Kecil. Umumnya data yang tersedia di lapangan untuk bangunan air berupa data hujan, sehingga dapat dilakukan transformasi data hujan menjadi data debit dengan analisis hidrologi (Wicaksono et al., 2022). Salah satu analisis hidrologi tersebut dapat berupa metode analisis transformasi hujan-debit dengan hidrograf satuan sintetik (HSS). Hidrograf satuan sintetik tersebut memiliki berbagai metode seperti Nakayasu, Snyder-Alexeyev, ITB, Limantara, SCS dan Gama I.

Penelitian tentang analisis hidrograf satuan sintetik untuk beberapa metode seperti Nakayasu, Snyder-Alexeyev, Limantara telah dilakukan oleh para peneliti (Denik S. Krisnayanti et al., 2021; Humairo Saidah et al., 2022; Id'fi, 2020; Irawan et al., 2020; Kristianto et al., 2019; Natakusumah, 2016; Ridsan et al., 2022; Sarminingsih, 2018). Penelitian tersebut memberikan analisis hidrograf satuan sintetik pada berbagai DAS di Indonesia baik dilakukan kalibrasi dengan data debit observasi dan tanpa kalibrasi akibat tidak tersedianya data debit observasi. Salah satu hasil analisis hidrograf satuan sintetik tersebut berupa debit puncak banjir yang kemudian dapat digunakan sebagai debit banjir rancangan untuk menentukan alternatif pengendalian banjir seperti pembangunan bangunan pengendali banjir (bendungan, kolam retensi, polder) dan pengendalian erosi dan sedimen pada sungai.

Penelitian yang berkaitan dengan DAS Manggar Kecil sebelumnya telah dilakukan oleh Margaret & Saputra (2017) dan membahas tentang evaluasi kinerja sistem drainase untuk Sungai Manggar Kecil. Penelitian tersebut menggunakan data hujan 11 tahun dari tahun 2002 hingga 2013 dan melakukan pemodelan debit hidrologi menggunakan perangkat lunak HEC-HMS. Berdasarkan penelitian tersebut diketahui debit puncak banjir untuk DAS Manggar Kecil dengan periode ulang 25 tahun sebesar 83,20 m³/detik. Berdasarkan penelitian Margaret & Saputra (2017), diketahui bahwa DAS Manggar Kecil telah dilakukan pemodelan transformasi hujan-debit menggunakan perangkat lunak HEC-HMS. Topik penelitian terkait transformasi hujan-debit pada DAS Manggar Kecil ini dilakukan kembali pada penelitian ini. Pembaruan dalam penelitian ini ialah data curah hujan dengan rentang waktu 20 tahun dan digunakan metode hidrograf satuan sintetik analitik meliputi metode Nakayasu, Snyder-Alexeyev, dan Limantara.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui debit puncak banjir sebagai penetapan banjir rancangan hasil analisis transformasi hujan-debit. Selain itu, penelitian ini memberikan hasil perbandingan model hidrograf satuan sintetik pada DAS Manggar Kecil berdasarkan data hujan untuk periode hujan 20 tahun. Diharapkan bahwa penelitian ini dapat membantu dan mendukung program pemerintah untuk perencanaan pembangunan bendali sebagai upaya pengendalian banjir di DAS Manggar Kecil.

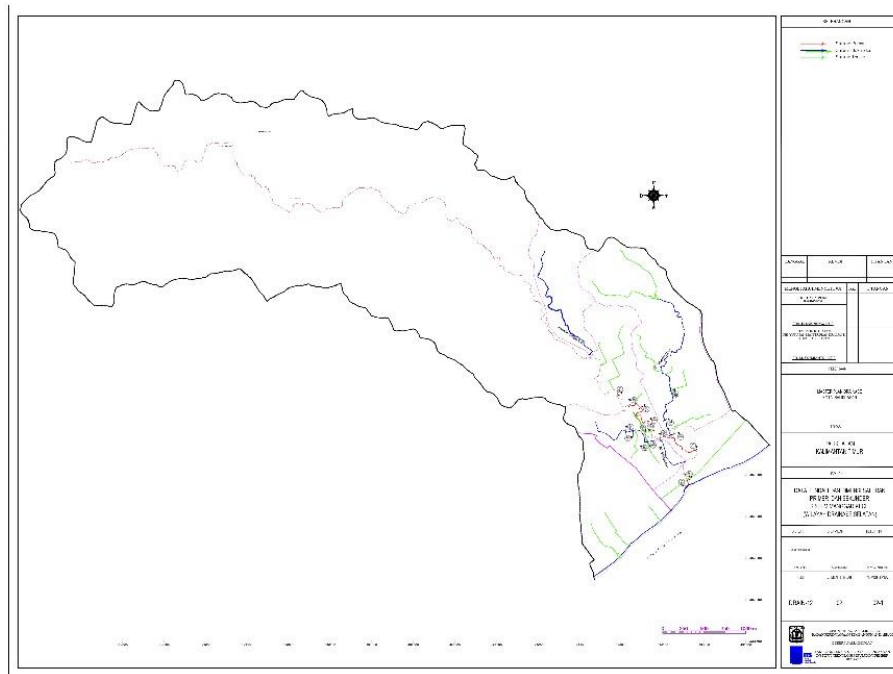
METODE PENELITIAN

Metode deskriptif kuantitatif digunakan pada penelitian ini dengan menginterpretasikan hasil analisis data. Penelitian ini dilakukan pada DAS Manggar Kecil, Kota Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur. Pemilihan lokasi penelitian ini didasarkan pada permasalahan banjir yang

terjadi dan perencanaan pembangunan bendali tetapi tidak tersedia data debit banjir untuk perencanaan bendali. Adapun tahapan-tahapan dalam penelitian ini berupa pengumpulan data, analisis dan perhitungan data serta interpretasi hasil analisis data.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data didasarkan pada data sekunder dengan bersumber dari berbagai literatur dan jenis data. Data sekunder tersebut meliputi data curah hujan, data penggunaan lahan, dan karakteristik DAS Manggar Kecil. Penelitian ini menggunakan data curah hujan Stasiun Meteorologi Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggian dari tahun 2003 hingga 2022 (20 tahun) yang dikumpulkan dari Data Online Pusat Database Badan Meteorologi dan Klimatologi Geofisika (BMKG).



Gambar 1. Peta DAS Manggar Kecil

Analisis dan Perhitungan Data

Tahapan analisis dan perhitungan data untuk penelitian ini berupa perhitungan hidrograf satuan sintetik meliputi Nakayasu, Snyder-Alexeyev, dan Limantara. Adapun tahapan analisis dan perhitungan data untuk penelitian ini antara lain:

Analisis Distribusi Probabilitas Frekuensi Hujan

Tahapan awal dalam analisis ini yaitu dilakukan pemilihan metode distribusi probabilitas frekuensi hujan antara Distribusi Normal, Log Pearson III, Gumbel, dan Log Normal (Triadmojo, 2008). Pemilihan metode didasarkan pada syarat nilai parameter statistik seperti Tabel 1 berikut. Klasifikasi penggunaan metode distribusi apabila salah satu syarat parameter tidak terpenuhi, maka metode distribusi tidak dapat digunakan.

Tabel 1. Syarat Nilai Parameter Statistik untuk Distribusi Probabilitas

Jenis Metode Distribusi	Syarat Parameter Statistik	
	Koefisien Kemencengan (Cs)	Koefisien Ketajaman (Ck)
Normal	Cs = 0	Ck = 3
Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$	$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
Gumbel	Cs = 1,14	Ck = 5,4
Log Pearson III	Selain nilai di atas	

Analisis Distribusi Intensitas Hujan dengan

Hasil metode distribusi probabilitas frekuensi hujan harus memenuhi kedua uji kecocokan distribusi dan dilanjutkan perhitungan distribusi intensitas hujan jam-jaman. Metode Mononobe digunakan pada penelitian ini sebagai metode distribusi intensitas hujan jam-jaman pada DAS Manggar Kecil. Durasi distribusi hujan direncanakan terjadi berkisar 6 jam sesuai dengan nilai durasi hujan rata-rata yang umumnya terjadi di Indonesia (Pulasari et al., 2021; Triadmojo, 2008).

Analisis Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Metode ini termasuk metode analisa hidrograf yang diformulasikan di Jepang oleh Nakayasu (1950). Hidrograf Nakayasu dikembangkan berdasarkan karakteristik sungai dan DAS yang berada di Jepang. Adapun persamaan dalam perhitungan hidrograf Nakayasu seperti Persamaan 1 sampai dengan 6 .

$$t_L = 0,4 + 0,058L \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km} \quad (1)$$

$$t_L = 0,21L^{0,7} \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km} \quad (2)$$

$$t_{0,3} = \alpha + t_L \quad (3)$$

$$t_r = 0,5t_L \text{ sampai } 1t_L \quad (4)$$

$$t_p = t_L + 0,8 t_r \quad (5)$$

$$Q_p = \frac{A.R_o}{3,6 (0,3 t_p + t_{0,3})} \quad (6)$$

dengan t_L = waktu kelambatan (*time lag*) (jam), L = panjang sungai (km), A = luasan DAS (km²), t_p = waktu menuju puncak banjir (jam), t_r = durasi hujan efektif, $t_{0,3}$ = waktu penurunan debit sebesar 30% dari debit maksimum (jam), R_o = hujan satuan (mm), Q_p = debit puncak banjir (m³/detik) dan α = nilai karakteristik DAS. Nilai parameter α yang digunakan pada perhitungan ini sebesar 2 untuk daerah pengaliran biasa.

Analisis Hidrograf Satuan Sintetik Snyder-Alexeyev

Metode ini diformulasikan oleh F.F. Snyder dengan menggunakan beberapa DAS di dataran tinggi Appalachian Amerika Serikat sebagai lokasi penelitian. Terdapat empat parameter pembentuk pada metode Snyder antara lain waktu dasar, waktu kelambatan, aliran puncak, serta durasi standar dari hujan efektif dengan hidrograf satuan berkaitan dengan bentuk fisik dari DAS (Gupta, 1989). Adapun persamaan pada metode hidrograf Snyder sebagai berikut.

$$t_L = C_t(L.L_c)^n \quad (7)$$

$$t_r = \frac{t_L}{5,5} \quad (8)$$

$$t_b = 72 + 3t_L \quad (9)$$

$$t_p = t_L + 0,25 (t_r - t_L) \quad \text{untuk } t_d < t_r \quad (10)$$

$$t_p = t_L + 0,5 t_r \quad \text{untuk } t_d > t_r \quad (11)$$

$$Q_p = 0,278 \frac{C_p A}{t_L} \quad (12)$$

dengan t_L = waktu kelambatan (*time lag*) (jam), L = panjang saluran (km), L_c = panjang titik kontrol ke titik terdekat pusat massa DAS (km), n = koefisien antara 0,2 – 0,3, t_r = durasi hujan efektif (jam), t_p = waktu debit naik/puncak (jam), t_b = waktu dasar (jam), C_t = koefisien kelayakan DAS, Q_p = debit puncak banjir (m³/detik), C_p = koefisien tampungan DAS, A = luas DAS (km²). Nilai C_t dapat berkisar 1,4 sampai 1,7 dan C_p bernilai antara 0,15 sampai 1,40 (Triadmojo, 2008; Natakusumah et al., 2011).

Adapun persamaan parameter untuk mendapatkan lengkung debit hidrograf dengan menggunakan persamaan Alexeyev sebagai berikut (Soemarto, 1995; Pratomo et al., 2014).

$$Q_t = Y. Q_p \quad (13)$$

$$Y = 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}} \quad (14)$$

$$X = \frac{t}{t_p} \quad (15)$$

$$a = 1,32 \cdot l^2 + 0,15 \cdot l + 0,045 \quad (16)$$

$$l = \frac{(Q_p \cdot t_p)}{A \cdot h} \quad (17)$$

dengan Q_t = debit banjir dengan waktu tertentu ($m^3/detik$), Y = rasio debit waktu tertentu dengan debit puncak, t = waktu untuk debit banjir (jam), X = rasio waktu tertentu dengan waktu puncak banjir, h = tinggi/kedalaman hujan, umumnya sebesar 1 mm.

Analisis Hidrograf Satuan Sintetik Limantara

Metode ini diformulasikan oleh Lily Montarchih menggunakan data banjir untuk beberapa wilayah sungai di Indonesia. Lokasi pengembangan metode ini terdiri dari beberapa daerah Indonesia salah satunya Kalimantan Timur (Maulida et al., 2021). Adapun persamaan pada metode hidrograf Limantara sebagai berikut.

$$Q_p = 0,042 \cdot A^{0,451} \cdot L^{0,497} \cdot L_c^{0,356} \cdot S^{-0,131} \cdot n^{0,168} \quad (18)$$

$$n = 0,035 \left(1 + \frac{A_f}{A} \right) \quad (19)$$

$$t_p = t_L + 0,8t_r \quad (20)$$

$$t_L = 0,4 + 0,058L \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km} \quad (21)$$

$$t_L = 0,21L^{0,7} \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km} \quad (22)$$

dengan Q_p = debit puncak banjir ($m^3/detik$), A = luasan DAS (km^2), L = panjang saluran (km), L_c = panjang titik kontrol ke titik terdekat pusat massa DAS (km), t_r = durasi hujan efektif (jam), S = kelandaian sungai, t_p = waktu puncak banjir (jam), t_L = waktu kelambatan (*time lag*) (jam), dan n = koefisien kekasaran DAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Distribusi Probabilitas Frekuensi Hujan

Perhitungan distribusi probabilitas frekuensi hujan dilakukan untuk menentukan nilai hujan rencana. Pemilihan metode didasarkan pada syarat parameter statistik Tabel 1 dengan hasil klasifikasi antara persyaratan dan hasil analisis data hujan seperti Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Klasifikasi Parameter Statistik

Jenis	Syarat Parameter	Hasil Analisis Data Hujan	Klasifikasi
Normal	$C_s = 0$	$C_s = 0,15$	Tidak
	$C_k = 3$	$C_k = 2,37$	Memenuhi
Log Normal	$C_s = 0,8$	$C_s = 0,15$	Tidak
	$C_k = 4,2$	$C_k = 2,37$	Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1,14$	$C_s = 0,15$	Tidak
	$C_k = 5,4$	$C_k = 2,37$	Memenuhi
Log Pearson III	kecuali nilai di atas	-	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa selain metode log pearson III memberikan hasil parameter statistik yang tidak memenuhi syarat nilai parameter statistik Tabel 1. Oleh karena itu, distribusi probabilitas frekuensi menggunakan metode log pearson III dengan hasil perhitungan distribusi seperti Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Nilai Distribusi Probabilitas Frekuensi Log Pearson III

Hujan Rencana (mm)	Periode Ulang (Tahun)			
	10	25	50	100
	183,63	205,37	220,23	234,09

Untuk mengevaluasi hasil hujan rencana dengan data curah hujan dilakukan uji kecocokan distribusi probabilitas dengan uji *Chi-Square* dan Smirnov Kolmogorov. Uji *chi-square* memberikan nilai tingkat kepercayaan (α) = 5%, jumlah kelas = 5, derajat kebebasan (D_k) = 3, *chi-square* kritis tabel = 7,815 serta *chi-square* perhitungan = 3,5. Diketahui bahwa nilai *chi-square* hitung lebih kecil dari nilai *chi-square* kritis tabel ($3,5 < 7,815$), sehingga hasil distribusi log pearson III dapat diterima. Sedangkan pada uji smirnov-kolmogorof dengan tingkat kepercayaan (α) = 5% diperoleh nilai D_{kritis} tabel = 0,29, dan nilai D_{max} = 0,268. Diketahui nilai D_{max} lebih kecil dari D_{kritis} ($D_{kritis} < D_{max}$), sehingga hasil perhitungan log pearson III dapat diterima.

Analisis Distribusi Intensitas Hujan Jam-Jaman

Analisis distribusi intensitas hujan jam-jaman menggunakan nilai hujan rencana yang kemudian akan digunakan pada perhitungan hidrograf satuan sintetik. Analisis distribusi intensitas pada penelitian ini diasumsikan terjadi selama 6 jam seperti Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Distribusi Intensitas Hujan Jam-Jaman Selama 6 Jam

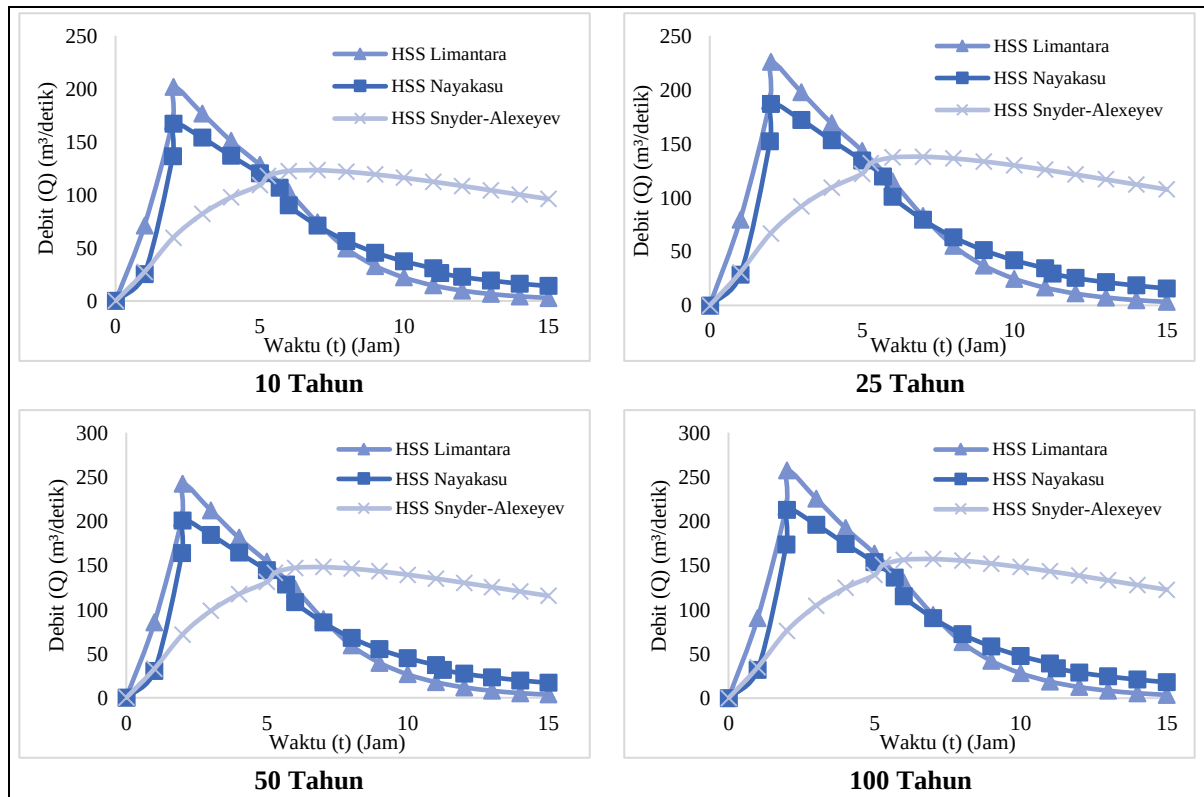
t (jam)	Hujan Rencana dengan Periode Ulang			
	10	25	50	100
	Distribusi Hujan Jam-Jaman (mm)			
	183,63	205,37	220,23	234,09
1	101,05	113,02	121,20	128,82
2	26,27	29,38	31,50	33,48
3	18,42	20,61	22,10	23,49
4	14,67	16,40	17,59	18,70
5	12,39	13,85	14,86	15,79
6	10,83	12,11	12,99	13,80

Analisis Hidrograf Satuan Sintetik

Analisis perhitungan ini memerlukan beberapa parameter input yang disesuaikan dengan karakteristik DAS yang diteliti. Data karakteristik DAS tersebut meliputi panjang sungai Manggar kecil, luasan DAS Manggar Kecil, kemiringan sungai dan karakteristik lainnya sesuai kondisi DAS Manggar Kecil. Data sekunder terkait karakteristik DAS Manggar Kecil tersebut kemudian digunakan sebagai parameter input untuk perhitungan metode hidrograf. Perhitungan hidrograf Nakayasu, Snyder-Alexeyev dan Limantara didasarkan pada persamaan 1 hingga 22 dengan mempertimbangkan kesesuaian karakteristik DAS. Perhitungan hidrograf satuan sintetik memberikan hasil perhitungan berupa variabel pembentuk hidrograf yaitu nilai debit maksimum/puncak banjir (Q_p), waktu menuju puncak banjir (t_p), waktu dasar hidrograf (t_b), dan waktu kelambatan/*time lag* (t_L). Berdasarkan nilai variabel pembentuk hidrograf satuan sintetik Nakayasu, Snyder-Alexeyev dan Limantara, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk nilai debit hidrograf dengan mengalikan nilai parameter koordinat hidrograf dengan distribusi intensitas hujan jam-jaman Tabel 4. Perkalian kedua nilai tersebut memberikan hasil model hidrograf dan debit puncak banjir seperti disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 2.

Tabel 5. Hasil Debit Puncak Banjir Antar Metode

Metode Hidrograf Satuan Sintetik	Hasil Debit Puncak Banjir (m^3/detik)			
	Periode Ulang Tahun			
	10	25	50	100
Nakayasu	167,02	186,80	200,32	212,92
Snyder-Alexeyev	123,31	137,91	147,89	157,19
Limantara	202,01	225,93	242,28	257,53

**Gambar 2. Komparasi Hasil Model Antar Metode Hidrograf Sesuai Periode Ulang**

Melihat pada Gambar 2, menunjukkan bahwa hidrograf Snyder-Alexeyev memberikan waktu menuju puncak banjir dan waktu dasar berlangsungnya banjir paling lama diantara metode lainnya. Selain itu, metode hidrograf Limantara menunjukkan nilai waktu puncak banjir paling cepat diantara metode lainnya. Berdasarkan hasil bentuk hidrograf satuan sintetik, diketahui bahwa metode Nakayasu dan Limantara membentuk hidrograf runcing/curam serta metode Snyder-Alexeyev membentuk hidrograf landai. Bentuk hidrograf runcing/curam tersebut memberikan interpretasi terkait adanya kejadian banjir bandang (Sabriyati & Hadi, 2022). Hasil hidrograf juga menunjukkan kecenderungan peningkatan debit puncak banjir seiring dengan adanya pertambahan periode ulang. Hal tersebut menunjukkan kesesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh Karim, Labdul dan Husnan (2021) bahwa semakin besar periode ulang maka semakin besar pula intensitas hujan rencana dan debit banjir yang dihasilkan (Karim et al., 2021).

Berdasarkan Tabel 5, diketahui nilai debit puncak hidrograf satuan sintetik dengan kala ulang 10 hingga 100 tahun. Dengan nilai debit puncak pada metode Nakayasu berkisar 167,02 hingga 212,92 m^3/detik , metode Synder-Alexeyev berkisar 123,31 hingga 157,19 m^3/detik dan metode Limantara berkisar 202,01 hingga 257,53 m^3/detik . Selain itu pada Tabel 5, menunjukkan bahwa dari ketiga metode perhitungan hidrograf memberikan hasil bahwa hidrograf Limantara memiliki nilai debit puncak banjir paling besar untuk seluruh kala ulang rencana. Sedangkan metode HSS Snyder-Alexeyev memperlihatkan nilai debit puncak banjir paling rendah diantara

metode hidrograf lainnya. Hasil nilai debit puncak banjir memberikan urutan metode hidrograf dengan nilai terbesar ke terendah meliputi Hidrograf Limantara, Nakayasu dan Snyder-Alexeyev.

Umumnya untuk penetapan nilai banjir rancangan suatu DAS menggunakan nilai debit maksimum hidrograf (Denik S. Krisnayanti et al., 2021; Sondak et al., 2019). Dan berdasarkan hasil analisis data untuk analisis transformasi hujan-debit dengan ketiga metode hidrograf satuan sintetik, dapat diketahui bahwa metode Limantara memberikan nilai debit maksimum untuk seluruh periode ulang. Selain itu, kesamaan lokasi penelitian dalam mengembangkan metode hidrograf Limantara dan lokasi penelitian ini juga menunjukkan adanya kesamaan karakteristik DAS untuk wilayah Kalimantan Timur (Maulida et al., 2021; Montarcih, 2009). Oleh karena itu, pada penelitian ini dapat digunakan nilai banjir rancangan hasil analisis hidrograf satuan sintetik Limantara dengan nilai debit berkisar 202,01 hingga 257,53 m³/detik. Namun, untuk mendapatkan nilai debit banjir rancangan yang lebih akurat dapat dilakukan kalibrasi data perhitungan dengan data debit banjir observasi (Setiawan et al., 2022).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis transformasi hujan-debit dengan metode hidrograf satuan sintetik, diketahui nilai debit puncak banjir dengan periode ulang 10 hingga 100 tahun untuk metode hidrograf Nakayasu berkisar 167,02 hingga 212,92 m³/detik, metode Synder-Alexeyev berkisar 123,31 hingga 157,19 m³/detik dan metode Limantara berkisar 202,01 hingga 257,53 m³/detik. Selain itu, penetapan nilai banjir rancangan untuk Sungai Manggar Kecil menggunakan nilai debit maksimum dengan hasil berkisar 202,01 hingga 257,53 m³/detik untuk periode ulang 10 hingga 100 tahun. Nilai debit maksimum tersebut didapatkan berdasarkan hasil analisis transformasi hujan-debit dengan metode hidrograf satuan sintetik Limantara. Penetapan banjir rancangan yang lebih akurat dapat dilakukan kalibrasi dengan data debit observasi.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, untuk penelitian selanjutnya dapat disarankan dengan melakukan kalibrasi hasil analisis hidrograf satuan sintetik dengan data terukur sebagai pembandingan sehingga didapatkan hasil penelitian yang lebih akurat. Diharapkan pula pada penelitian selanjutnya digunakan metode hidrograf satuan sintetik lainnya dan jangkauan data hujan yang lebih panjang dan terbaru untuk analisis debit DAS Manggar Kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Malang atas dana hibah penelitian dengan sumber dana internal UM tahun 2024 untuk jenis usulan "Penelitian Skripsi". Serta ucapan terima kasih juga diberikan kepada Instansi dan dinas terkait yang telah mendukung penelitian ini dengan pemberian data yang dibutuhkan hingga tersusunnya artikel ini.

REFERENSI

- Denik S. Krisnayanti, Ihut, K., & M, T. (2021). Analisis Debit Banjir Rancangan Dengan Metode HSS ITB-1, HSS ITB-2, dan HSS Gama-1 Pada DAS Temef. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 21–34. <https://sipil.ejournal.web.id/index.php/jts/article/view/391>
- Ghozali, A., Yanti, R. M. K., & Dewanti, A. N. (2022). Penanganan Banjir Sub-DAS Posindo Kota Balikpapan dengan Optimalisasi Penyediaan Infrastruktur Hijau. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 20(2), 117. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v20i2.8655>
- Humairo Saidah, Agustono Setiawan, Lilik Hanifah, Agus Suroso, & Anid Supriyadi. (2022). Unjuk Kerja Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, ITB 2 Dan Limantara Untuk Daerah

- Aliran Sungai Berbentuk Memanjang. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 11(2), 157–165. <https://doi.org/10.22225/pd.11.2.5013.157-165>
- Id'fi, G. (2020). Analisa Model Hidrograf Banjir Kali Ngotok Dengan Metode SCS, Snyder Dan Nakayasu. *Bangunan*, 25(2), 1. <https://doi.org/10.17977/um071v25i22020p1-10>
- Ikhsan, M. Y. M. (2021). Analisis Model Transformasi Hujan-Aliran pada DAS Kali Lamong dengan HECHMS. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(4), 387. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v19i4.9597>
- Irawan, P., Sari, N. K., Hidayat, A. K., Nursani, R., & Hendra. (2020). Bandingan HSS Snyder-Alexeyev, Nakayasu, dan Gamma 1 Pada Analisis Banjir Sub DAS Ciliung untuk Perencanaan Bangunan Air. *Jurnal Siliwangi*, 6(1), 1–9.
- Karim, M., Labdul, B. Y., & Husnan, R. (2021). Analisis Pola Distribusi Dan Intensitas Curah Hujan Di Das Bolango Bone. *Composite Journal*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.37905/cj.v1i1.7>
- Kristianto, A. B., Nyoman, N. I., Sila, D. I. G. B., & Yekti, M. I. (2019). Komparasi Model Hidrograf Satuan Terukur dengan Hidrograf Satuan Sintetis (Studi Kasus DAS Tukad Pakerisan). *Jurnal Spektran*, 7(1), 21–31.
- Margaret, R., & Saputra, A. A. I. (2017a). Evaluasi Kinerja Sistem Drainase Manggar Kecil Kota Balikpapan. *Jurnal Saintis*, 17(2), 1–5. <https://journal.uir.ac.id/index.php/saintis/article/view/2030>
- Margaret, R., & Saputra, A. A. I. (2017b). Evaluasi Kinerja Sistem Drainase Manggar Kecil Kota Balikpapan. *Saintis*, 17(3), 1–5.
- Maulida, D. F., Juwono, P. T., & Asmaranto, R. (2021). Analisa Keruntuhan Bendungan Batujai dan Pengga dengan Aplikasi HEC-RAS 5.0.7. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(1), 62–75. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2021.001.01.06>
- Montarchih, L. (2009). Hidrograf Satuan Sintetik Limantara (Studi Kasus di Sebagian DAS di Indonesia). *Jurnal Rekayasa Sipil*, 3(3), 209–226.
- Natakusumah, D. K. (2016). Penggunaan Hidrograf Satuan Sintetis ITB 1 dan ITB-2 Dengan Faktor Debit Puncak (Kp) Dihitung Secara Eksak. *Potensi : Jurnal Sipil Politeknik*, 18(1), 35.
- Natakusumah, D. K., Hatmoko, W., & Harlan, D. (2011). Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(3), 251. <https://doi.org/10.5614/jts.2011.18.3.6>
- Pratomo, M. I. T., Sobriyah, & Wahyudi, A. H. (2014). Analisis Hidrograf Aliran Daerah Aliran Sungai Keduang Dengan Beberapa Metode Hidrograf Satuan Sintetis. *E-Journal MARIKS TEKNIK SIPIL*, September, 360–368.
- Pulasari, L. A. P. W., Andawayanti, U., & Suhartanto, E. (2021). Aplikasi TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) pada Evaluasi Saluran Drainase Perkotaan Berwawasan Lingkungan di Sistem Drainase Sebangau dan Kahayan, Palangka Raya. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(2), 812–825. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2021.001.02.39>
- Putra, A. N. (2016). Analisa Optimalisasi Pada Bendali V Papan Lestari Kota Balikpapan. *KURVA S: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi ...*, 273–285. <http://ejurnal.untag-smd.ac.id/index.php/TEK/article/view/2245%0Ahttp://ejurnal.untag-smd.ac.id/index.php/TEK/article/view/2245/2234>
- Respatiningrum, A. W., Limantara, L. M., & Andawayanti, U. (2021). Analisis Debit Limpasan dan Indeks Erosivitas Hujan pada Metode USLE Akibat Variasi Intensitas Hujan dengan Alat Rainfall Simulator. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(2), 467–477. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2021.001.02.11>

- Ridsan, Y. M., Noor Annisa Ramadan, A., & Rivi Hendaridi, A. (2022). Evaluasi Penentuan Debit Banjir Rencana Di Daerah Tangkapan Air Bendung Manganti Dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Limantara. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(2), 75–84. <https://www.e-journal.unper.ac.id/index.php/JITSi/article/view/781>
- Sabriyati, D., & Hadi, M. P. (2022). Kajian Hidrologi Debit Puncak Penyebab Banjir Bandang Menggunakan Pemodelan Hidrograf Satuan Sintesis-SCS (HSS-SCS). *Jurnal Akuatiklestari*, 5(2), 80–90. <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v5i2.4527>
- Sarminingsih, A. (2018). Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(1), 53. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v15i1.53-61>
- Setiawan, A., Taufik, M., & Larasati, N. A. (2022). Analisis Hidrologi Penentuan Debit Banjir Bendung Tegalduren Kabupaten Purworejo. *Jurnal Surya Beton*, 6(2), 102–111. <http://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/suryabeton>
- Sondak, S. W., Tangkudung, H., & Hendratta, L. A. (2019). Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Girian Kota Bitung. *Jurnal Sipil Statik*, 7(8), 1049–1058. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v2/index.php/jss/article/view/24508>
- Triadmojo, B. (2008). *Hidrologi Terapan* (7th ed.). Beta Offset.
- Wicaksono, M. A., Wahono, E. P., Wijaya, R. C., & Kusumastuti, D. I. (2022). Pemodelan Hujan-Debit Aliran Menggunakan Program HEC-HMS 4.5 di SubDAS Argoguroh-Margatiga. *Journal Rekayasa Sipil Dan Desain (JRSDD)*, 10(2), 321–334.
- Yanti, R. M. K. (2015). *Studi Pengaruh Fungsi Bangunan Pengendali Banjir (Bendali) Pada Pengurangan Debit Puncak Banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.