

**KAJIAN PARAMETER HIDROLOGI DAS RAWASARI KOTA TARAKAN
MENGUNAKAN HEC-HMS****Aswar Amiruddin^{*1} Aneza Ferdani Widiyanti²**

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan
Jalan Amal Lama No. 1, Tarakan Timur, Kota Tarakan, Kalimantan Utara.

*Email: aswaramir89@gmail.com

Abstrak

Kota Tarakan merupakan kota pulau, sehingga dalam penyediaan air bersih mengandalkan sistem konservasi dengan membangun beberapa embung untuk menampung air saat musim hujan. Permasalahan saat ini yang terjadi di Kota Tarakan adalah meningkatnya pertambahan jumlah penduduk yang berpengaruh pada peningkatan alih fungsi lahan dan berkurangnya daya resap air pada setiap daerah tangkapan air di Tarakan. Diperlukan perencanaan yang didukung oleh studi awal terkait analisis hidrologi daerah tangkapan Embung Rawasari. Penelitian ini bertujuan mengkaji parameter hidrologi dan debit limpasan langsung pada daerah aliran sungai (DAS) Rawasari dengan periode ulang 10, 20 dan 50 tahun. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan model HEC-HMS sebagai tools yang membantu mengalasis hujan limpasan. Berdasarkan simulasi HEC-HMS diperoleh beberapa parameter DAS seperti luas DAS sebesar 2.99 km² dengan panjang sungai 1.4 km. Hasil lain yang diperoleh dengan menggunakan HEC-HMS ini adalah nilai debit aliran sebagai alihragam hujan menjadi aliran dimana debit puncak aliran yang diperoleh sebesar 2.672 m³/dtk untuk periode ulang 10 tahun, 2.885 m³/dtk periode ulang 20 tahun dan 2.987 m³/dtk periode ulang 50 tahun

Kata kunci: DAS, HEC-HMS, Periode Ulang

Abstract

"Tarakan City is an island city, so its clean water supply relies on a conservation system by building several reservoirs to store water during the rainy season. The current problem in Tarakan City is the increasing population which impacts land-use change and reduces the water absorption capacity in each catchment area in Tarakan. Planning supported by initial studies on the hydrological analysis of the Rawasari catchment area is needed. This study aims to analyze hydrological parameters and direct runoff in the Rawasari River Basin with return periods of 10, 20, and 50 years. The method used in this study is the HEC-HMS model as a tool to help analyze rainfall-runoff. Based on the HEC-HMS simulation, several basin parameters were obtained, such as a basin area of 2.99 km² with a river length of 1.4 km. Other results obtained using HEC-HMS are the flow rate values as a transformation of rainfall into flow, where the peak flow rate obtained is 2.672 m³/s for a 10-year return period, 2.885 m³/s for a 20-year return period, and 2.987 m³/s for a 50-year return period.

Key words: River Basin, HEC-HMS, Return Period

1. Pendahuluan

Kota Tarakan merupakan kota pulau (Wijaya & Juniwati, 2018), sehingga dalam penyediaan air bersih mengandalkan system konservasi dengan membangun beberapa embung untuk menampung air saat musim hujan. Kota Tarakan memiliki curah hujan rata-rata sebesar 4000 mm/tahun dengan rata-rata jumlah hari hujan sebanyak 230 hari hujan dalam setahun (Frida & Suhartanto, 2010). Embung Rawasari merupakan salah satu embung di Kota Tarakan. Terletak pada koordinat $3^{\circ}20'32.79''\text{LU}$ dan $117^{\circ}34'3.98''\text{BT}$, Embung Rawasari memanfaatkan salah satu aliran sungai pada DAS Persemaian.

Permasalahan saat ini yang terjadi di Kota Tarakan adalah meningkatnya pertambahan jumlah penduduk sehingga berpengaruh terhadap perubahan fungsi lahan yang mengakibatkan berkurangnya daya resap air pada setiap daerah tangkapan air di Tarakan (Asta, 2018). Kondisi ini juga terjadi pada daerah tangkapan Embung Rawasari yang mana ketika terjadi intensitas hujan yang tinggi, daerah sepanjang aliran Sungai Rawasari ini terdampak banjir seperti terlihat pada gambar 1.



**Gambar 1. Luapan air dari Sungai Rawasari
(Sumber: dok pribadi, 2023)**

Untuk mengatasi permasalahan diperlukan perencanaan yang didukung oleh studi awal terkait analisis hidrologi daerah tangkapan Embung Rawasari. Analisis hidrologi meliputi perhitungan debit banjir daerah tangkapan yang memungkinkan terjadinya luapan banjir disekitar Embung Rawasari. Pada penelitian ini akan dianalisis berapa besar debit banjir yang menyebabkan banjir di sekitar Embung Rawasari periode ulang 10, 20 dan 50 tahun.

Saat ini perkembangan teknologi memberikan kemudahan dalam melakukan analisis hidrologi melalui software yang dapat menganalisis parameter hidrologi daerah tangkapan ataupun DAS. Software yang akan digunakan untuk analisis hidrologi penelitian ini adalah software yang dibuat

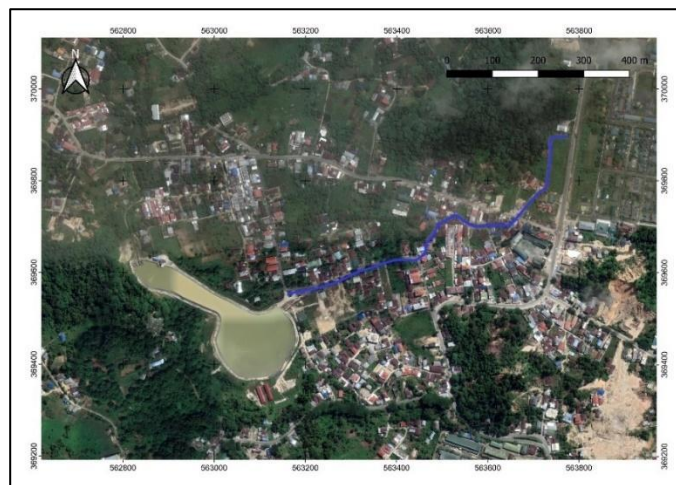
dan dikembangkan oleh USACE atau *US Army Corps Engineers*. Software USACE yang banyak dimanfaatkan untuk analisis hidrologi adalah *Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modelling System* atau lebih dikenal HEC-HMS. HEC-HMS dapat melakukan perhitungan alihragam hujan menjadi aliran sehingga dari proses simulasi dapat diketahui volume limpasan, limpasan langsung dan aliran di saluran (Harsoyo, 2010).

Penelitian tentang kondisi hidrologi telah banyak dilakukan, akan tetapi karakteristik setiap daerah tangkapan berbeda, karena dipengaruhi oleh topografi, meteorologi, dan penutupan lahan (Amiruddin, 2022). Berdasarkan hal tersebut, tujuan penelitian adalah untuk mengkaji parameter hidrologi dan menghitung debit limpasan langsung pada daerah aliran sungai (DAS) Rawasari dengan periode ulang 10, 25 dan 50 tahun. Penelitian ini diharapkan jadi studi awal terkait mitigasi banjir di sekitar Embung Rawasari.

2. Bahan dan Metode

2.1. Lokasi Studi

Objek penelitian ini adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) Rawasari. DAS Rawasari ini merupakan salah satu DAS yang alirannya dimanfaatkan sebagai sumber air bersih di Kota Tarakan. Posisi Embung Rawasari sendiri terletak pada koordinat $3^{\circ}20'37''\text{LU}$ $117^{\circ}34'13''\text{BT}$ seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Embung Rawasari sebagai obyek penelitian (Sumber: Google Earth, 2023)

2.2. Data

Pada penelitian-penelitian hidrologi data yang digunakan merupakan data-data sekunder yang selanjutnya data-data tersebut dianalisis terlebih dahulu menggunakan perhitungan-perhitungan dasar hidrologi untuk selanjutnya digunakan sebagai data masukan pada software HEC-HMS. Data yang digunakan pada penelitian ini diantaranya :

1. Data hujan tahun 2011-2012 yang diperoleh dari Badan Meterologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Juata Kota Tarakan.

2. Data Digital Elevation Model yang diperoleh dari website <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/>
3. Data tutupan lahan Kota Tarakan tahun 2013 yang diperoleh melalui dinas PU Kota Tarakan.
4. Data kelompok hidrologi tanah yang dikembangkan oleh Ross dkk, 2018 (Ross et al., 2018)

2.3. Tahapan penelitian

Tahapan penelitian ini terbagi menjadi dua tahapan besar, yakni menyiapkan data karakteristik DAS dan menyiapkan data parameter hidrologi yang akan digunakan untuk melakukan simulasi hujan aliran menggunakan HEC-HMS. Tahapan menyiapkan data karakteristik DAS dimulai dari melakukan deliniasi batas das menggunakan HEC-HMS. Tahapan deliniasi DAS menggunakan HEC-HMS mengikuti tahapan yang dituliskan oleh Amiruddin, dkk, 2021 dimana data yang digunakan untuk deliniasi DAS adalah data DEMNAS (Amiruddin et al., 2021). Selanjutnya, batas DAS yang diperoleh dari HEC-HMS digunakan untuk melakukan overlay terhadap data spasial tutupan lahan untuk memperoleh luasan dari masing-masing tutupan lahan yang masuk dalam batas DAS Rawasari. Selain itu, data batas DAS ini juga digunakan untuk overlay terhadap data spasial kelompok hidrologi tanah. Parameter tutupan lahan dan kelompok hidrologi tanah selanjutnya digunakan untuk melakukan analisis nilai Curve Number (CN).

Nilai CN pada suatu DAS memiliki rentang antara 30 – 100. Nilai 30 menunjukkan kondisi infiltrasi pada DAS tersebut cukup bagus, sedangkan nilai 100 menunjukkan infiltrasi yang buruk (Fadhilla & Lasminto, 2021). Pada penelitian ini nilai CN mengacu kepada tabel bilangan curve seperti pada pata tabel 1 (Triatmodjo, 2010).

Tabel 1. CN untuk kelompok hidrologi tanah dan tutupan lahan

Tutupan lahan	Kelompok Jenis Tanah (HSoG)			
	A	B	C	D
Tanah olahan yang dikonservasi	72	81	88	91
Tanah olahan yang tidak dikonservasi	62	71	78	81
Padang rumput tutupan jelek	68	79	86	89
Padang rumput tutupan baik	39	61	74	80
Hutan tanaman jarang tutupan jelek	45	66	77	83
Hutan tutupan baik	25	55	70	77
Daerah terbuka, halaman rumput, lapangan golf, kuburan, dsb:				
a. kondisi tertutup rumput 75% atau lebih	39	61	74	80
b. kondisi tertutup rumput 50% - 75%	49	69	79	84
Daerah niaga dan bisnis kondisi 85% kedap air	89	92	94	95

Tutupan lahan	Kelompok Jenis Tanah (HSoG)			
	A	B	C	D
Daerah industry kondisi 72% kedap air	81	88	91	95
Pemukiman 65% kedap air	77	85	90	92
Pemukiman 38% kedap air	61	75	83	87
Pemukiman 30 % kedap air	57	72	81	86
Pemukiman 25% kedap air	54	70	80	85
Pemukiman 20% kedap air	51	68	79	84
Area parkir	98	98	98	98
Jalan perkerasan dengan drainase	98	98	98	98
Jalan kerikil	76	85	89	91
Jalan tanah	72	82	87	89

Sumber: Triatmodjo, 2010

Tiap tiap DAS di dalamnya terdapat beragam tutupan lahan dan jenis tanah, oleh karena itu untuk memperoleh nilai CN dihitung menggunakan CN Komposit menggunakan persamaan (1)

$$CN_{composite} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i CN_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \tag{1}$$

Parameter DAS lainnya yang digunakan pada penelitian ini adalah hujan efektif (Pe), nilai retensi maksimum potensial (S) dan waktu menuju puncak atau sering disebut *time lag* (t_{lag}) yang dihitung menggunakan persamaan (2) – (6)

$$P_e = \frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S} \tag{2}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \tag{3}$$

$$I_a = 0,2 S \tag{4}$$

$$t_{lag} = 0,6 \times t_c \tag{5}$$

$$t_c = \frac{L^{0,8} \times \left(\left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) + 10 \right)^{0,7}}{1900 \times Y^{0,5}} \tag{6}$$

Keterangan untuk masing-masing simbol persamaan adalah sebagai berikut ; CN = Curve Number, Pe = kelebihan hujan (mm), P = kedalaman hujan (mm), S = retensi maksimum potensial (mm), Ia = Initial abstraction, t_{lag} = waktu jeda (jam), t_c = waktu konsentrasi (jam), L = panjang sungai (feet) dan Y = kemiringan sungai.

Tahapan analisis berikutnya adalah melakukan analisis terhadap data hujan, pertama terlebih dahulu data hujan yang diperoleh dikoreksi menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums*

(RAPS), hal ini dikarenakan sumber data hujan yang digunakan hanya berasal dari 1 stasiun hujan (Wangsa et al., 2023). Jika data hujan yang digunakan konsisten, selanjutnya dilakukan perhitungan curah hujan rencana periode ulang 10, 25 dan 50 tahun menggunakan persamaan (7) (Yani et al., 2021). Untuk metode log normal ataupun log pearson 3 persamaan (7) nilai X_T dan \underline{X} diganti menjadi logaritma.

$$X_T = \underline{X} + K_T \cdot S \tag{7}$$

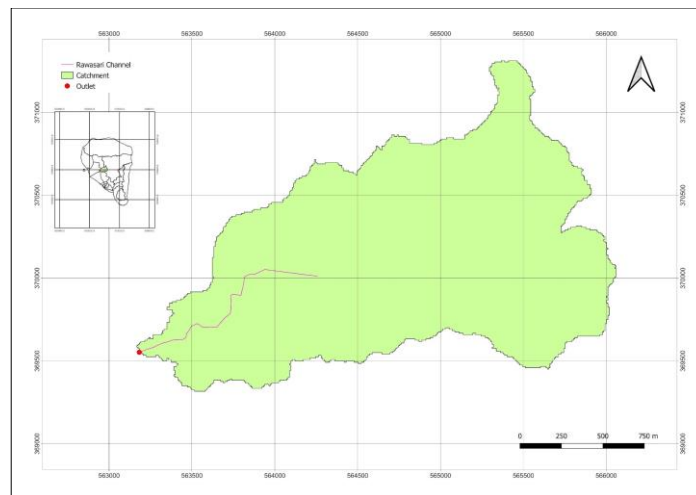
Hujan rencana selanjutnya disebar pada distribusi hujan jam-jaman menggunakan persamaan mononobe seperti pada persamaan (8) (Suripin, 2004).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \tag{5}$$

3. Hasil dan Pembahasan

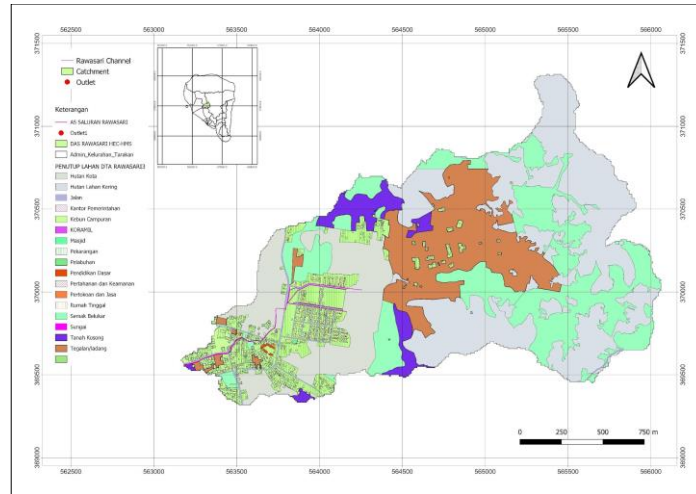
3.1. Analisis Karakteristik DAS

Analisis karakteristik DAS pada penelitian ini adalah menentukan luas DAS setelah melakukan delineasi DAS menggunakan HEC-HMS. Berdasarkan simulasi menggunakan HEC-HMS diketahui luas DAS Rawasari adalah 2,99 km² dan panjang sungai 1,4 km seperti terlihat pada gambar 3. Selain luas dan panjang sungai, dari pengolahan data DEM juga diketahui kemiringan rata-rata Sungai Rawasari adalah 0.008 atau 0.8% dimana kemiringan ini termasuk dalam kelompok kemiringan yang datar. Berdasarkan nilai kemiringan dan panjang sungai utama dapat diketahui waktu puncak banjir yang dihitung menggunakan persamaan (5) dan persamaan (6) dimana diperoleh nilai t_c sebesar 9.44 jam dan tlag sebesar 5.66 jam



Gambar 3. Daerah Aliran Sungai (DAS) Rawasari (Sumber: Hasil analisis, 2023)

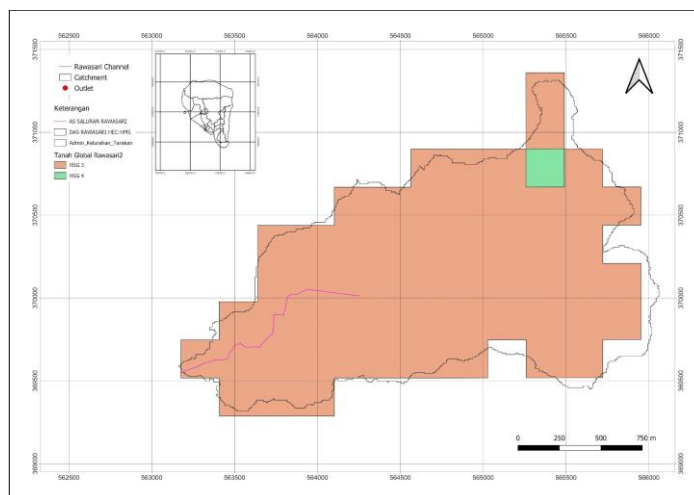
Garis batas DAS hasil pemodelan HEC-HMS ini selanjutnya, digunakann untuk analisis spasial data tutupan lahan dan jenis tanah seperti terlihat pada gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 4. Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai (DAS) Rawasari (Sumber: Hasil analisis, 2023)

Masing-masing tutupan lahan diinterpretasikan secara spasial kemudian dikelompokkan menjadi beberapa jenis tutupan lahan yang memiliki nilai CN. Berdasarkan gambar 4 diketahui kondisi tutupan lahan DAS Rawasari adalah Padang rumput jelek – belukar, hutan, tempat terbuka - pekarangan sedang, tanah yang diolah dan ditanami, industri, pemukiman.

Selain tutupan lahan data lain yang berpengaruh terhadap nilai CN (Curve Number) adalah kelompok Hidrologi tanah (HSG), yang pada penelitian ini juga dianalisis secara spasial menggunakan raster dengan resolusi 250 m seperti terlihat pada gambar 5 (Ross et al., 2018).



Gambar 5. Jenis Tanah Daerah Aliran Sungai (DAS) Rawasari (Sumber: Hasil analisis, 2023)

Berdasarkan gambar 5 diketahui jenis tanah yang berada dalam lingkup DAS Rawasari masuk pada kelompok HSG 3 atau kelompok C. Berdasarkan pengelompokan tutupan lahan dan kelompok hidrologi tanah diperoleh nilai CN seperti terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. CN untuk kelompok hidrologi tanah dan tutupan lahan

Tutupan Lahan	Luas km ²	Persentase	CN Kelompok jenis tanah C	CN Komposit
Padang rumput - jelek - belukar	0.771603	26.155	86	22.49
Hutan	1.334626	45.239	77	34.83
Tempat terbuka - pekarangan sedang	0.260465	8.829	79	6.97
Tanah yang diolah dan ditanami	0.489708	16.599	78	12.95
Industri	0.00141	0.048	91	0.04
Permukiman 3% Kedap Air	0.092341	3.130	83	2.60
Total	2.950153	100.000		79.89

Sumber: Hasil analisis, 2023

Berdasarkan analisis maka diperoleh nilai CN sebesar 79.89 selanjutnya nilai CN dapat digunakan untuk menghitung nilai S dan Ia. Nilai S yang diperoleh berdasarkan nilai CN tabel 2 adalah sebesar 63.933 dan nilai Ia sebesar 12.787. parameter ini selanjutnya dapat digunakan sebagai masukan di HEC-HMS model SCS CN.

3.2. Analisis Hujan Rencana

Setelah memperoleh parameter DAS, parameter berikutnya yang sangat penting adalah hujan rencana yang dianalisis menggunakan metode analisis frekuensi. Data hujan yang digunakan pada penelitian ini adalah data hujan harian maksimum tahun 2010-2022 yang diperoleh dari BMKG seperti terlihat pada tabel 3

Tabel 3. Data curah hujan

Tahun	Data curah hujan maksimum (mm)
2010	137,9
2011	114,6
2012	137,5
2013	117,4
2014	117,4
2015	103,6
2016	135,8
2017	157,2
2018	115,8
2019	132

Tahun	Data curah hujan maksimum (mm)
2020	130,4
2021	101,1
2022	75,4

Sumber: BMKG, 2023

Data selanjutnya dianalisis dengan menggunakan metode log pearson tipe III berdasarkan persamaan (7) untuk memperoleh hujan rencana. Analisis dengan metode log pearson III dimulai dari mengubah sampel pada tabel 3 menjadi bilangan logaritma untuk selanjutnya menghitung nilai LogX rata-rata yang nilainya sebesar 2.0771, Standar deviasi (Sd) yang nilainya sebesar 0,081, koefisien skewness (Cs) sebesar -1.15, koefisien kurtois (Ck) sebesar 3.435 dan koefisien variat (Cv) sebesar 0.03879. Berdasarkan parameter tersebut kita dapat menentukan nilai K_T untuk masing-masing periode ulang 10, 20 dan 50 tahun. Adapun nilai K_T untuk periode ulang 10 tahun sebesar 1.092, periode ulang 20 tahun sebesar 1.2681 dan periode ulang 50 tahun sebesar 1.4065. Nilai K_T selanjutnya digunakan pada persamaan (7) untuk memperoleh nilai hujan rencana 10, 20 dan 50 tahun seperti terlihat pada tabel 4.

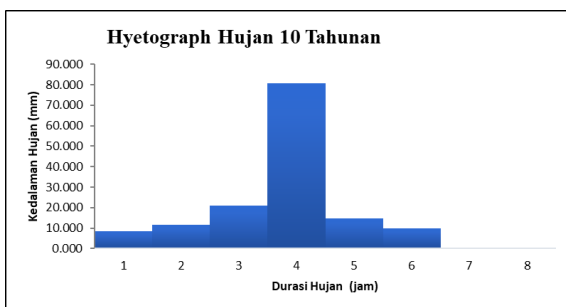
Tabel 4. Curah hujan rencana

Periode Ulang	P(%)	Cs	K_T	LogXrt	Sd	Log X_T	X_T (mm)
10	10	-1.1513	1.0962	2.0771	0.0806	2.1655	146.3737
20	5	-1.1513	1.2681	2.0771	0.0806	2.1793	151.1159
50	2	-1.1513	1.4065	2.0771	0.0806	2.1905	155.0474

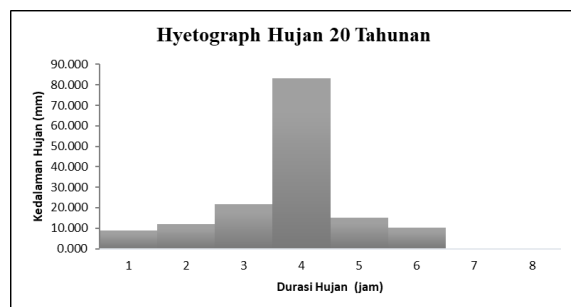
Sumber : Hasil analisis, 2023

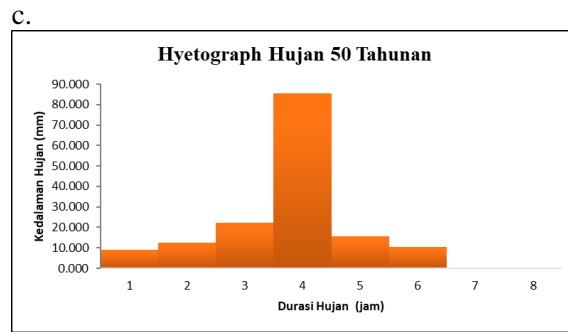
Berdasarkan tabel 4 maka curah hujan rencana untuk periode ulang 10 tahun sebesar 146.3737 mm, periode ulang 20 tahun sebesar 151.1159 mm dan periode ulang 50 tahun 155.0474 mm. Curah hujan rencana ini selanjutnya dibuat dalam bentuk distribusi jam-jam menggunakan metode Alternate Block Method (ABM) seperti terlihat pada gambar 6.

a.



b.

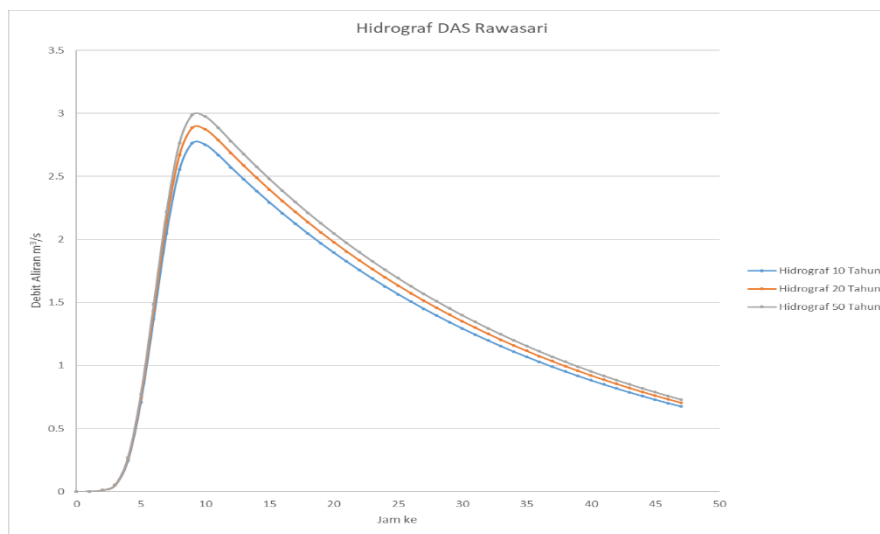




Gambar 6. Hyetograph metode ABM : a. Periode ulang 10 tahun, b. periode ulang 20 tahun dan c. periode ulang 50 tahun (Sumber : Hasil analisis, 2023)

3.3. Pemodelan HEC-HMS

Setelah memperoleh nilai dari setiap parameter masukan HEC-HMS, berikutnya adalah melakukan simulasi menggunakan HEC-HMS. Parameter seperti time series curah hujan (*precipitation gauge*), *meteorologic model*, dan control. Selanjutnya menambahkan simulasi untuk setiap periode ulang hujan rancangan. Berdasarkan simulasi HEC-HMS diperoleh surface runoff untuk data masukan hujan rencana 10 tahun sebesar 2.672 m³/detik, periode ulang 20 tahun sebesar 2.885 m³/detik dan periode ulang 50 tahun sebesar 2.987 m³/detik. Grafik hidrograf seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Hidrograf DAS Rawasari hasil simulasi HEC-HMS

Berdasarkan gambar 7 diketahui perbedaan nilai debit hasil simulasi HEC-HMS untuk periode ulang 10, 20 dan 50 tahun tidak ada perbedaan yang signifikan. Dimana periode ulang 10 tahun dan 20 tahun hanya selisih 0,123 m³/dtk dan periode ulang 20 tahun dan 50 tahun selisih 0.102 m³/dtk. Hasil analisis hidrograf lainnya untuk DAS Rawasari menggunakan perhitungan empiris menggunakan HSS Nakayasu diperoleh nilai debit puncak sebesar 21.99 m³/dtk untuk periode ulang

10 tahun, 22.693 m³/dtk untuk periode ulang 20 tahun dan 23.268 m³/dtk untuk periode ulang 50 tahun (Amiruddin et al., 2023). Jika diperhatikan dengan seksama yang membedakan adalah parameter aliran yang dihitung masing-masing metode sangat berbeda, dimana HSS Nakayasu hanya memperhitungkan panjang sungai untuk memperoleh waktu puncak dan hidrograf satuan sedangkan HEC-HMS memperhitungkan parameter DAS lainnya seperti jenis tanah dan tutupan lahan dalam DAS.

4. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi menggunakan model HEC-HMS diperoleh beberapa parameter DAS seperti luas DAS sebesar 2.99 km² dengan panjang sungai 1.4 km. Hasil lain yang diperoleh dengan menggunakan HEC-HMS ini adalah terdapat nilai debit aliran sebagai alihragam hujan menjadi aliran dimana debit puncak aliran yang diperoleh sebesar 2.672 m³/dtk untuk periode ulang 10 tahun, 2.885 m³/dtk periode ulang 20 tahun dan 2.987 m³/detik periode ulang 50 tahun.

Daftar Pustaka

- Amiruddin, A. (2022). Pemodelan Hujan-Aliran Das Di Kota Tarakan Menggunakan Model Hec-Hms. *Jurnal Sipil Sains*, 12(1), 33–40.
- Amiruddin, A., Asta, A., & Handayani, R. (2021). Penentuan Batas DAS Tojo Berbasis GIS Menggunakan Perangkat HEC HMS 4.4 dan QGIS 3.16. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, 5(3), 273–282. <https://doi.org/10.35334/be.v5i3.2223>
- Amiruddin, A., Fatrizza, R., & Faizal, R. (2023). Angkutan Sedimen Total Saluran Pembawa Embung Rawasari menggunakan Metode Empiris dan Software HEC-RAS 6.0. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, 7(3), 251–265. <https://doi.org/10.35334/be.v7i3.4787>
- Asta, A. (2018). Analisis Kebutuhan Air Bersih Dan Distribusi Jaringan PDAM Persemaian Kota Tarakan (Studi Kasus Kecamatan Tarakan Barat). *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, 2(1), 61. <https://doi.org/10.35334/be.v2i1.613>
- Fadhilla, I. N., & Lasminto, U. (2021). Pemodelan Hujan-Debit DAS Kali Madiun Menggunakan Model HEC-HMS. In *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil* (Vol. 19, Issue 3). <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v19i3.9517>
- Frida, K., & Suhartanto, E. (2010). Studi Potensi Air Baku Dan Rancangan Pemanfaatan Untuk Kebutuhan Domestik Di Pulau Tarakan. *Buana Sains*, 10(2), 121–130.
- Harsoyo, B. (2010). Review Modeling Hidrologi Das Di Indonesia. In *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca* (Vol. 11, Issue 1). <https://doi.org/10.29122/jstmc.v11i1.2179>
- Ross, C. W., Prihodko, L., Anchang, J., Kumar, S., Ji, W., & Hanan, N. P. (2018). HYSOGs250m,

- global gridded hydrologic soil groups for curve-number-based runoff modeling. *Scientific Data*, 5(180091). <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.91>
- Suripin, S. (2004). *Drainase Perkotaan Berkelanjutan*. Andi Offset.
- Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi Terapan: Edisi Kedua*. Beta Offset.
- Wangsa, A. A. R. R., Suryatmaja, I. B., & Andini, A. M. P. (2023). Analisis Hidrologi Rancangan Menggunakan Metode Rasional Pada Saluran Drainase di Kelurahan Sumerta Kelod Kota Denpasar. *Jurnal Ganec Swara*, 17(2), 607–616.
- Wijaya, S., & Juniwati, A. (2018). Rusun Nelayan di Tarakan. *EDIMENSI ARSITEKTUR*, VI(1), 1–8. wijayasiendy@gmail.com; ajs@petra.ac.id
- Yani, P. R. Y., Saidah, H., & Wirahman, L. (2021). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Di Stasiun Hujan Jurang Sate Dan Stasiun Hujan Lingklok Lime Pada Wilayah Lombok Tengah. *Spektrum Sipil*, 8(1), 41–54. <https://doi.org/10.29303/spektrum.v8i1.199>