

Pemodelan Hidrologi-Hidraulik Terpadu untuk Penilaian Resiko Banjir di Daerah Aliran Sungai Tropis Perkotaan

Susanti Rahman¹, Amirudin Miradj²

^{1,2} Universitas Muhammadiyah Maluku Utara

e-mail: susantirahman12@gmail.com

Abstrak

Penilaian risiko banjir di daerah aliran sungai urban tropis dengan data terbatas memerlukan pendekatan terpadu. Penelitian ini menggabungkan model hidrologi HEC-HMS dan model hidraulik HEC-RAS untuk mensimulasikan debit puncak dan luas genangan banjir di DAS Wae Ruhu. Data curah hujan selama 10 tahun digunakan untuk memperoleh hujan rencana melalui analisis frekuensi Gumbel. Debit puncak dari HEC-HMS menjadi input untuk simulasi 1D saluran terbuka dalam HEC-RAS. Hasil menunjukkan bahwa debit puncak meningkat dari 14,7 m³/s (Q2) menjadi 65,4 m³/s (Q100) dan menghasilkan genangan seluas 13,10–17,44 hektar. Area terdampak dominan berada di wilayah tengah dan hilir DAS. Model ini menunjukkan efektivitasnya dalam memberikan dasar ilmiah untuk mitigasi banjir.

Kata Kunci: *Banjir, HEC-HMS, HEC-RAS, Pemodelan Terpadu, Risiko Banjir*

Abstract

Flood risk assessment in urban tropical watersheds with limited data requires an integrated modeling approach. This study combines the HEC-HMS hydrologic model and HEC-RAS hydraulic model to simulate peak discharge and flood inundation area in the Wae Ruhu watershed. Ten years of rainfall data were analyzed using Gumbel frequency distribution to estimate design rainfall. The resulting peak discharge was used as input in a 1D open channel simulation in HEC-RAS. Results showed peak discharge increased from 14.7 m³/s (Q2) to 65.4 m³/s (Q100), resulting in flood inundation ranging from 13.10 to 17.44 hectares. Affected areas are concentrated in the midstream and downstream zones. This integrated model provides an effective tool for flood mitigation planning.

Keywords: *Flood, HEC-HMS, HEC-RAS, Integrated Modeling, Risk Assessment*

PENDAHULUAN

Kota-kota tropis, termasuk Ambon, menghadapi tantangan serius terkait dengan banjir musiman yang semakin sering terjadi. Salah satu penyebab utama dari masalah ini adalah perubahan tata guna lahan, di mana pembangunan infrastruktur dan urbanisasi sering menghapus vegetasi alami yang berfungsi sebagai penyerap air. Proses ini memperburuk kemampuan tanah untuk menyerap air hujan, meningkatkan aliran permukaan, dan akhirnya menyebabkan banjir. Penelitian menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan signifikan dapat berkontribusi pada peningkatan frekuensi dan intensitas banjir (Yang et al., 2023) (Sun et al., 2022).

Di samping perubahan tata guna lahan, adanya peningkatan intensitas hujan ekstrem juga semakin memperburuk kondisi kawasan yang sudah rentan terhadap banjir. Karenanya, sangat penting untuk memiliki data pengamatan debit di daerah aliran sungai (DAS) untuk dapat memprediksi dan memitigasi risiko banjir dengan lebih efektif. Namun, banyak DAS kecil di kawasan urban, termasuk di Indonesia, tidak memiliki data yang memadai untuk pengambilan keputusan (Natarajan et al., 2021), (Roy et al., 2021). Hal ini menciptakan tantangan besar bagi pengelola risiko banjir dalam merancang sistem peringatan dini dan keputusan manajerial lainnya.

Kiranya, sinergi antara model hidrologi dan hidraulik akan sangat berkontribusi dalam menghasilkan simulasi banjir yang lebih realistis. Model HEC-HMS, yang banyak digunakan untuk mensimulasikan debit puncak berdasarkan curah hujan dan parameter DAS seperti curve number

(CN) dan waktu tunda (lag time), menawarkan pendekatan yang kuat dalam memprediksi aliran hujan (Bibi, 2022). HEC-RAS, di sisi lain, lebih difokuskan pada pemodelan aliran sungai serta penyebaran genangan atau banjir di sekitar saluran, sehingga keduanya dapat berfungsi secara sinergis untuk memberikan informasi yang dibutuhkan oleh pihak-pihak terkait dalam menghadapi ancaman banjir (Bibi, 2022), (Xu et al., 2022).

Pengintegrasian kedua model ini tidak hanya menjaga akurasi prediksi, tetapi juga membantu dalam menentukan wilayah yang paling terdampak dan mengevaluasi dampak banjir terhadap infrastruktur dan masyarakat. Misalnya, studi menunjukkan bahwa dengan menggunakan model ini, pemangku kepentingan dapat lebih mudah mengidentifikasi area yang berisiko tinggi, mempersiapkan infrastruktur yang lebih tahan terhadap banjir, dan merencanakan mitigasi bencana yang lebih efektif (Sun et al., 2022);(Natarajan et al., 2021). Hal ini sangat penting bagi masyarakat urban yang rentan, di mana dampak sosial dan ekonomi dari banjir dapat sangat merugikan.

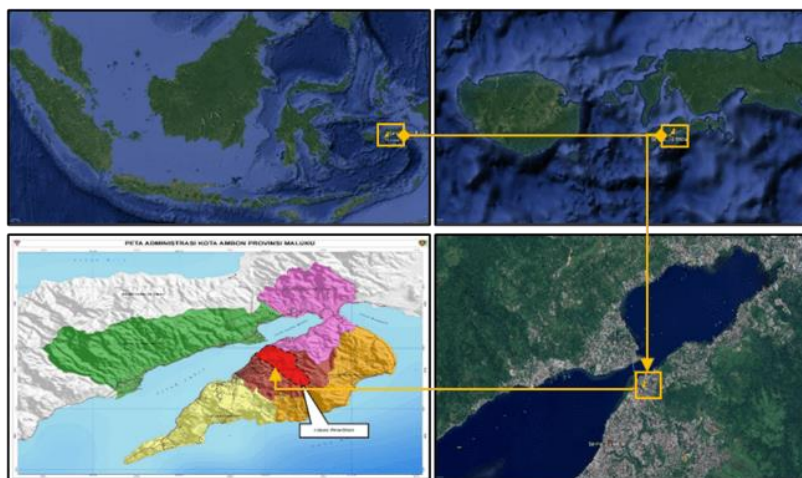
Implementasi dari hasil simulasi ini kemudian dapat diarahkan pada kebijakan tata ruang dan pengelolaan sumber daya air yang lebih baik. Dengan data yang valid dan akurat, perencanaan kota dapat dipertimbangkan dengan lebih serius, di mana integrasi lahan hijau dan tanggul dapat menjadi bagian dari solusi untuk mengurangi risiko banjir di kawasan-kawasan kritis (Chowdhury & Paul, 2021); (Santhanam & Majumdar, 2022). Lebih jauh lagi, partisipasi masyarakat dalam proses perencanaan ini sangat dianjurkan, agar mereka menjadi bagian dari solusi dan bukan korban dari kebijakan yang tidak inklusif.

Secara keseluruhan, penanganan banjir di kota-kota tropis seperti Ambon memerlukan pendekatan yang holistik dan berbasis data. Integrasi model hidrologi dan hidraulik, bersama dengan kebijakan pengelolaan lahan yang baik, akan memperkuat ketahanan kota terhadap banjir yang akan semakin sering terjadi di masa depan akibat perubahan cuaca global dan perubahan penggunaan lahan yang terus berlangsung.

METODE

Penelitian ini dilakukan di DAS Wae Ruhu, Kecamatan Sirimau, Kota Ambon. Data curah hujan harian diperoleh dari BMKG selama 2013-2023. Analisis frekuensi dilakukan menggunakan distribusi Gumbel untuk menghitung hujan rencana periode ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun. Model HEC-HMS digunakan untuk mensimulasikan debit puncak dengan metode SCS-CN. Nilai CN diperoleh dari kombinasi peta tutupan lahan dan jenis tanah.

Output debit dari HEC-HMS dimasukkan ke dalam HEC-RAS versi 6.0 untuk simulasi hidraulik satu dimensi. Penampang sungai diinput dari data survei dan data citra Digital Elevation Model (DEM), serta struktur hidraulik seperti jembatan diperhitungkan. Simulasi dilakukan untuk masing-masing debit puncak dan menghasilkan peta genangan banjir.



Gambar 1. Lokasi Studi di DAS Waeruhu

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Frekuensi

Seperti yang dipaparkan dalam Novie Handjani 2005, dimana analisis frekuensi curah hujan baik jumlah frekuensi persatuan waktu maupun periode ulangnya. Dalam analisis frekuensi data hujan atau data debit guna memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana (I Made Kamiana 2011).

Pada tahapan ini berdasarkan pada ketersediaan data curah hujan yang didapat yaitu 10 tahun data curah hujan dan untuk menentukan metode yang dapat digunakan dalam menjalankan analisis frekuensi. dimana perhitungan awal dilakukan untuk mengetahui nilai Cs dan Ck yang diperoleh dalam pemilihan parameter statistik atau distribusi. Berdasarkan hasil Perhitungan untuk pemilihan analisa distribusi statistik. Untuk persyaratan parameter statistik suatu distribusi, dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan parameter statistik untuk pemilihan metode distribusi analisis frekuensi

N o	Nama Metode	Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Gumbel	Cs = 1.14	1.1 4	Cs 0.50 Tidak Memenuhi
		Ck = 5.4	5.4	Ck 3.92 Tidak Memenuhi
2	Normal	Cs ≈ 0	0	Cs 0.50 Tidak Memenuhi
		Ck ≈ 3.0	3	Ck 3.90 Tidak Memenuhi
3	Log Pearson Type III	Cs ≠ 0	0	Cs 3.80 Memenuhi
4	Log Normal	Cs = Cv3 + 3Cv	2	Cs 0.24 Tidak Memenuhi
		Ck = Cv8+6Cv6+15Cv4+16Cv2+3	4	Ck 3.10 Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Dilihat analisa frekuensi yang memenuhi persyaratan parameter statistik yaitu sebaran log pearson type III. Dari hasil analisa frekuensi diperoleh perhitungan hujan rencana yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hujan rencana berdasarkan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun

Tr (tahun)	Hujan Rencana			
	Gumbel (mm)	Normal (mm)	Log Normal (mm)	Log Pearson Type III (mm)
2	78	79	78	78
5	92	89	89	88
10	101	94	95	95
25	110	99	100	101
50	122	103	106	109
100	130	107	111	115

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Uji Distribusi Probabilitas

Pada tahapan analisa uji distribusi probabilitas dapat dihitung dengan Uji Chi Square dan uji Smirnov Kolmogorof untuk setiap analisis frekuensi yang telah dianalisis sebelumnya, yaitu metode Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Type III. Berikut adalah uji distribusi probabilitas untuk kedua jenis distribusi:

Uji Chi Square

Berdasarkan dari hasil penentuan nilai χ^2_{cr} diatas sesuai dengan parameter chi kuadrat kritis didapat nilai $\chi^2_{cr} = 5,991$ selanjutnya dalam persyaratan untuk menentukan hujan rencana dilihat dari simpangan maksimum terkecil memiliki nilai yang lebih terkecil dari simpangan kritis, maka perbandingan nilai $\chi^2 < \chi^2_{cr}$ pada uji chi square dengan menggunakan metode gumbel, normal, log normal dan log pearson type III dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Perbandingan nilai $\chi^2 < \chi^2_{cr}$

Distribusi Probabilitas	$\chi^2_{terhitung}$	χ^2_{cr}	Keterangan
Gumbel	2,000	5,991	Diterima
Normal	1,000	5,991	Diterima
Log normal	1,000	5,991	Diterima
Log Pearson Type III	2.000	5,991	Tidak Diterima

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Uji Smirnov Kolmogorof

Uji Smirnov Kolmogorof untuk distribusi probabilitas normal, gumbel, log normal dan log pearson type III sebagai syarat uji distribusi probabilitas Smirnov Kolmogorof, berikut adalah penyelesaian untuk simpangan nilai $\Delta P_{max} < \Delta P_{kritis}$:

Diketahui :

$$\Delta P_{max} = 0,041\text{mm}$$

$$\Delta P_{kritis} = 0,41\text{mm}$$

$$\text{Derajat Kepercayaan } \alpha = 5 \%$$

$$\text{Syarat Simpangan} = \Delta P_{max} < \Delta P_{kritis}$$

Dari hasil perhitungan tersebut maka dapat dilihat tabel hasil uji Smirnov Kolmogorof untuk analisis frekuensi distribusi normal, gumbel, log normal dan log pearson tipe III berikut ini.

Tabel 4. Hasil uji smirnov kolmogorof untuk distribusi probabilitas normal, gumbel, log normal dan log pearson type III

Distribusi Probabilitas	ΔP_{max}	$\Delta P_{max\text{ kritis}}$	Keterangan
Gumbel	0,193	0,41	Diterima
Normal	0,193	0,41	Diterima
Log Normal	0,041	0,41	Diterima
Log Pearson Type III	0,041	0,41	Diterima

Sumber : Hasil Analisis, 2024

Berdasarkan hasil perhitungan pada setiap distribusi probabilitas, yang dapat mewakili distribusi statistik adalah distribusi probabilitas Gumbel. Dikarenakan distribusi probabilitas Gumbel memiliki hasil nilai analisis frekuensi yang tinggi dan diterima di setiap uji kecocokan distribusi.

Analisis Intensitas Curah Hujan

Pada perhitungan intensitas curah hujan ini digunakan untuk mengetahui curah hujan jam-jaman yang diperoleh dari besaran curah hujan rencana periode ulang T (tahun) dari hasil Analisa frekuensi yang dapat mewakili distribusi statistik yaitu analisis frekuensi Gumbel dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Intensitas curah hujan periode ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun

Periode Ulang (Tahun)	Hujan Rencana (mm)	T (Jam)					
		1	2	3	4	5	6
2	78	21,63	5,61	3,95	3,14	2,66	2,31
5	92	25,433	6,611	4,637	3,692	3,117	2,725
10	101	28,034	7,287	5,111	4,069	3,436	3,004
20	110	30,530	7,935	5,566	4,431	3,742	3,271

50	122	33,759	8,775	6,155	4,900	4,138	3,617
100	130	36,179	9,404	6,597	5,252	4,435	3,876

Sumber : Hasil Analisis, 2024

Analisis Hidrograf Satuan Sintetik SCS (*Soil Conservation Service*)

Hidrograf satuan sintetik SCS menggunakan fungsi hidrograf tanpa Dimensi untuk menyediakan bentuk standar hidrograf satuan.

Diketahui:

Luas DAS (A) = 15,8413 km²

Konstanta (C) = 2,08

Durasi hujan efektif (*T_c*) = 0,0666 jam

Time Lag = 2,40 menit

Waktu naik (*T_p*) = 6,3573 menit

Tabel 6. Debit puncak HSS SCS

t	t/T _p	q/Q _p	Q	t	t/T _p	q/Q _p	Q
0	0.0	0	0.0000	13	2.0	0.32	1.6586
1	0.2	0.08	0.3887	14	2.2	0.24	1.2439
2	0.3	0.16	0.8293	15	2.4	0.18	0.9329
3	0.5	0.43	2.2287	16	2.5	0.13	0.6738
4	0.6	0.6	3.1098	17	2.7	0.09	0.4768
5	0.8	0.89	4.6128	18	2.8	0.1	0.5079
6	0.9	0.97	5.0275	19	3.0	0.08	0.3887
7	1.1	0.98	5.0793	20	3.1	0.05	0.2488
8	1.3	0.84	4.3537	21	3.3	0.03	0.1788
9	1.4	0.75	3.8872	22	3.5	0.04	0.1868
10	1.6	0.56	2.9025	23	3.6	0.02	0.1088
11	1.7	0.42	2.1768	24	3.8	0.02	0.0777
12	1.9	0.39	2.0214				

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Analisa Nilai *Curve Number* (CN)

Analisa nilai *curve number* (CN) dimaksudkan untuk mengetahui retensi potensial maksimum oleh tanah, *initial abstraction* (parameter yang berhubungan dengan jenis tanah dan kondisi penutupan lahan), dan *impervious area*. Dimana hasil dari analisis nilai CN akan digunakan sebagai nilai input dalam pemodelan untuk masing-masing subdas. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai CN pada setiap subdas.

Tabel 7. Analisis Nilai *Curve Number*, *Initial Abstraction*, dan *Impervious Area*

Nama	Luas (km ²)	Jenis tutupan lahan (km ²)	Luas tutupan lahan	%	CN	% x CN	CN komp	Retensi Potensial maksimum oleh tanah	Initial Abstraction (I _a)	Impervious Area (Imp)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Basin1	1.1182	Hutan	1.01	0.73	70	51.1	72.70	95.38	19.08	0.10
		Pemukiman	0.11	0.27	80	21.6				
Basin2	1.6358	Hutan	1.6358	1	70	70	70.00	108.86	21.77	0.00
Basin3	0.7289	Hutan	0.7289	1	70	70	70	108.86	21.77	0.00
Basin4	1.1338	Hutan	1.1338	1	70	70	70	108.86	21.77	0.00
Basin5	2.4022	Hutan	2.15	0.79	70	55.3	78.5	69.57	13.91	0.10
		Pemukiman	0.25	0.29	80	23.2				
Basin6	1.558	Hutan	1.558	1	70	70	70	108.86	21.77	0.00
Basin7	1.2071	Hutan	1.2071	1	70	70	70	108.86	21.77	0.00
Basin8	1.7101	Hutan	1.7101	1	70	70	70	108.86	21.77	0.00
Basin9	0.8374	Hutan	0.8374	1	70	70	70	108.86	21.77	0.00
Basin10	0.8101	Hutan	0.41	0.58	70	40.6	74.2	88.32	17.66	0.49
		Pemukiman	0.4	0.42	80	33.6				
Basin11	0.4871	Hutan	0.3	0.67	70	46.9	73.3	92.52	18.50	0.39
		Pemukiman	0.19	0.33	80	26.4				
Basin12	0.3866	Hutan	0.25	0.54	70	37.8	74.6	86.48	17.30	0.36
		Pemukiman	0.14	0.46	80	36.8				
Basin13	0.4038	Hutan	0.4038	1	70	70	70	108.86	21.77	0.00
Basin14	0.7639	Hutan	0.7	0.92	70	50.4	68	119.53	23.91	0.20
		Pemukiman	0.1	0.08	80	17.6				
Basin15	0.6538	Hutan	0.32	0.51	70	35.2	74.4	87.40	17.48	0.49
		Pemukiman	0.34	0.49	80	39.2				

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Analisa *Lag Time Subdas Waeruhu*

Analisa *time lag* untuk mengetahui tenggang waktu aliran permukaan masuk ke aliran sungai yang akan menjadi aliran utama saat terjadi hujan, dimana hasil dari analisa *time lag* ini menjadi salah satu nilai input dalam melakukan pemodelan dalam analisa *time lag* dibagi menjadi dua yaitu *time lag* untuk Subdas dan Reach (penggal sungai utama).

Tabel 8. *Time Lag Subdas Waeruhu*

Nama	Luas Das	Panjang Aliran (km)	Kemiringan (S)	Durasi hujan efektif Tc (jam)	Tlag (menit)
Basin1	1.1182	1.2604	0.2838	0.0666	2.40
Basin2	1.6358	3.4702	0.3614	0.1187	4.27
Basin3	0.7289	0.8512	0.0691	0.1601	5.77
Basin4	1.1338	1.4839	0.3114	0.0699	2.52
Basin5	2.4022	4.6502	0.4892	0.1155	4.16
Basin6	1.5580	3.9074	0.3281	0.1410	5.08
Basin7	1.2071	1.3745	0.3114	0.0659	2.37
Basin8	1.7101	1.8183	0.3778	0.0695	2.50
Basin9	0.8374	0.8438	0.0665	0.1643	5.91
Basin10	0.8101	1.2052	0.0748	0.1959	7.05
Basin11	0.4871	0.8712	0.0447	0.2346	8.44
Basin12	0.3866	0.5484	0.0377	0.1893	6.82
Basin13	0.4038	0.5669	0.0478	0.1593	5.74
Basin14	0.7639	1.0593	0.0836	0.1617	5.82
Basin15	0.6583	0.7368	0.0549	0.1737	6.25
Jumlah	15.8413	24.6477	2.9422	2.0860	75.0959

Sumber: Hasil Analisis, 2024

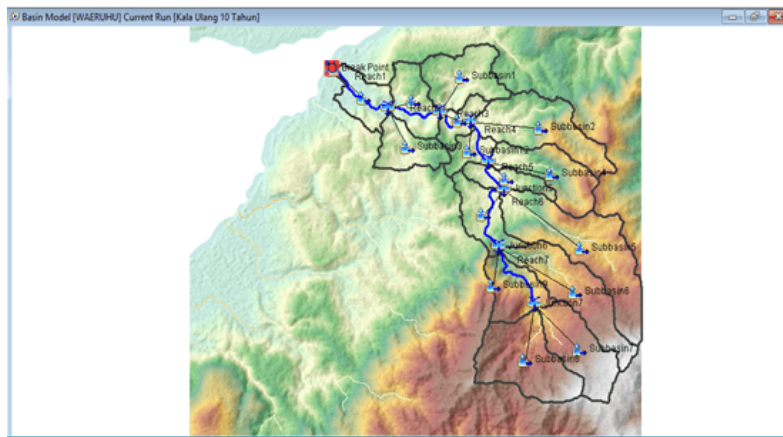
Tabel 9. *Time lag reach Waeruhu*

Reach	Panjang Aliran (km)	Kemiringan (S)	Durasi Hujan Efektif Tc (jam)	Tlag (menit)
Reach1	1.9156	0.0112	1.3666	49.20
Reach2	1.9690	0.0175	0.9616	34.62
Reach3	1.0454	0.0098	0.9584	34.50
Reach4	1.0275	0.7320	0.0258	0.93
Reach5	0.7978	0.0048	1.4125	50.85
Reach6	2.9156	0.0211	1.1128	40.06
Reach7	3.0289	0.0219	1.1109	39.99
Jumlah	12.7000	0.8183	6.9487	250.15

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Pemodelan HEC-HMS DAS Waeruhu

Selanjutnya untuk pemodelan HEC-HMS DAS Waeruhu diperoleh dari hasil analisis debit banjir periode ulang, maka hasil dari tersebut dapat di simulasikan pada DAS Waeruhu dalam bentuk hidrograf yang dihasilkan oleh HEC-HMS.

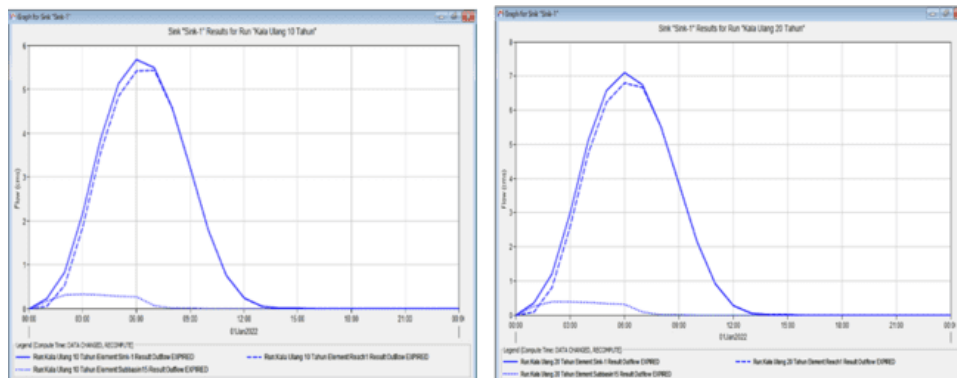


Gambar 2. Hasil *Running* periode ulang 10 tahun dapat dilihat pada kolom *Result*

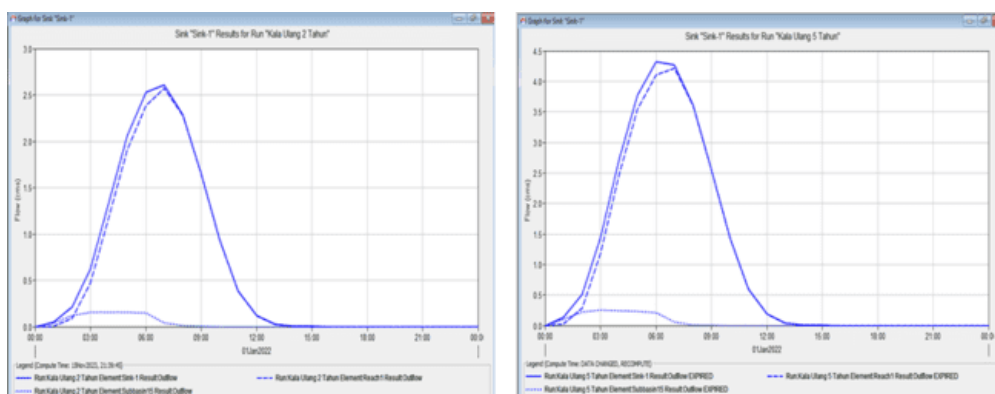
Setelah running selesai, maka output dari analisa dapat dilihat pada menu Results, dan klik pada Run 1. Disana terdapat berbagai macam output diantara nya volume, peak discharge, outflow, dll. Output yang dihasilkan model HEC-HMS merepresentasikan setiap elemen subcatchment, junction, reach hingga sink.

Hasil Pemodelan HEC-HMS

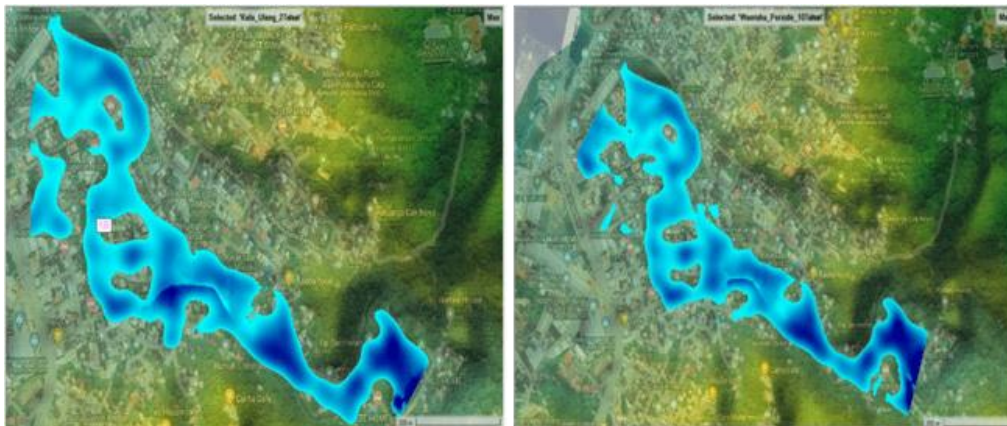
Berdasarkan dari hasil Running Analysis yang telah dijalankan HEC-HMS setelah melalui beberapa tahap seperti yang telah dijelaskan diatas. Dimana hasil dari analisa HEC-HMS akan diambil pada titik *pour point* yaitu pada area keluaran DAS Waeruhu, berikut adalah hasil output dari pemodelan HEC-HMS untuk analisa kala ulang Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{20} , Q_{50} , Q_{100} :



Gambar 3. Hasil output dari pemodelan HEC-HMS DAS Waeruhu Periode Ulang 2 dan 5 Tahun



Gambar 4. Hasil output dari pemodelan HEC-HMS DAS Waeruhu Periode Ulang 10 dan 20 Tahun



Gambar 5. Hasil output dari pemodelan HEC-HMS DAS Waeruhu Periode Ulang 50 dan 100 Tahun

Berdasarkan hasil pemodelan pada HEC-HMS, maka didapatkan hasil rekapitulasi dari setiap hasil pemodelan periode ulang tahun 2, 5, 10, 20, 50 dan 100 tahun

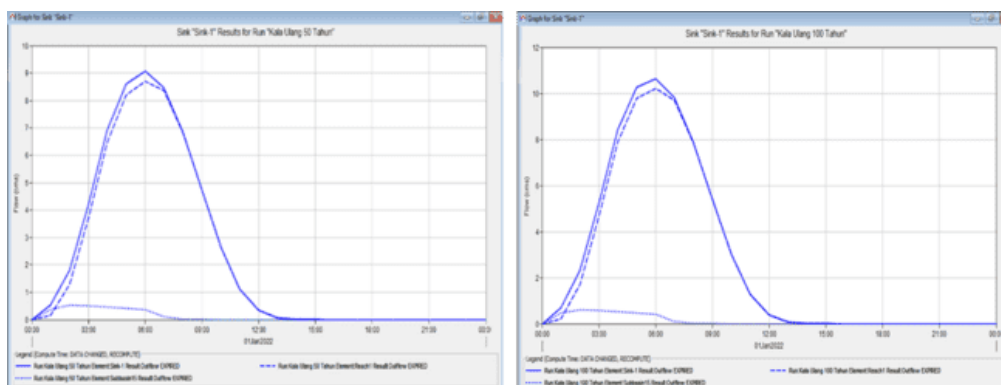
Tabel 10. Peak Discharge Hujan Periode Ulang 2, 5, 10, 20, 50 dan 100 tahun

Q_T Tahun	Peak Discharge (m^3/s)	Volume (mm)	Total Inflow (m^3/s)	Time
2	2,6	3,37	14.7	07:00
5	4,3	5,72	25.5	06:00
10	5,7	7,72	34.0	06:00
20	7,1	9,73	42.7	06:00
50	9,1	12,57	55.3	06:00
100	10,6	14,86	65.4	06:00

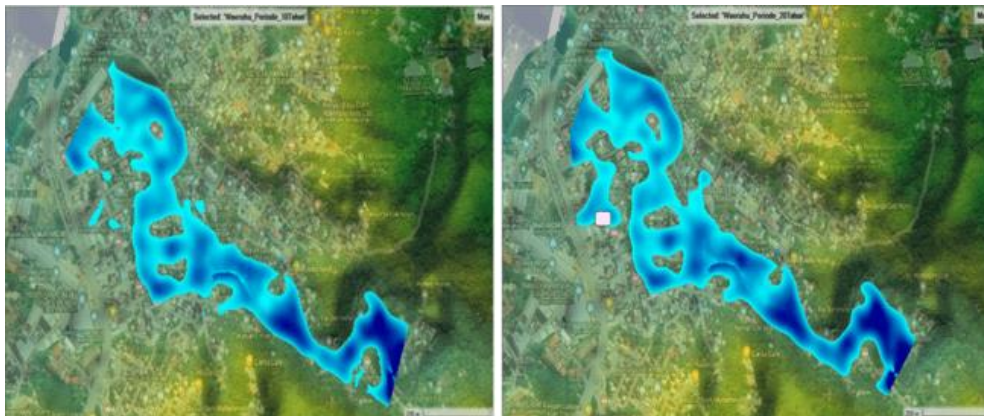
Sumber: Hasil Analisis, 2024

Hasil Pemodelan HEC-RAS

Berdasarkan dari hasil *Running Analysis* yang dibuat pada *software* HEC-RAS melalui beberapa tahap seperti yang telah dijelaskan diatas. Berikut adalah gambar hasil analisis genangan banjir untuk periode ulang Q2, Q5, Q10, Q20, Q50, Q100.



Gambar 6. Hasil *Analysis* genangan banjir Periode ulang 2 dan 5 Tahun



Gambar 7. Hasil *Analysis* genangan banjir Periode ulang 10 dan 20 Tahun



Gambar 8. Hasil *Analysis* genangan banjir Periode ulang 50 dan 100 Tahun

Berdasarkan dari hasil visualisasi banjir pada HEC-RAS dimana dapat dilihat besar luas genangan dari hujan periode ulang 2, 5, 10, 20, 50 dan 100 tahun memiliki kuantitas yang berbeda-beda. Berikut adalah besar luas genangan banjir periode kala ulang yang didapat berdasarakan hasil pemodelan HEC-RAS :

Tabel 11. Luas genangan tiap periode Ulang 2, 5, 10, 20, 50 dan 100 tahun

Q_T Tahun	Length (km)	Area (km²)	Area Hectare (ha)
2	49,60	0,1310	13,10
5	49,89	0,1431	14,31
10	50,23	0,1436	14,36
20	50,93	0,1451	14,51
50	51,57	0,1551	15,51
100	53,22	0,1744	17,44

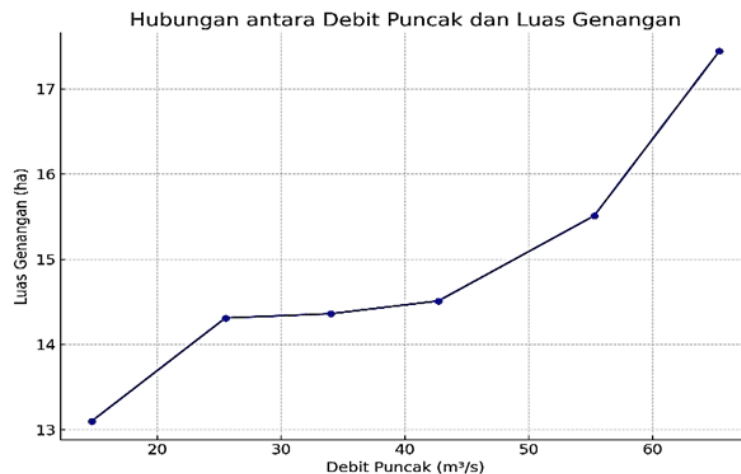
Sumber: Hasil Analisis, 2024

Dari Hasil perhitungan debit puncak simulasi menunjukkan tren meningkat dengan kenaikan periode ulang, dari 14,7 m³/s (Q2) menjadi 65,4 m³/s (Q100). Luas genangan yang dihasilkan dari model HEC-RAS berkisar antara 13,10 ha (Q2) hingga 17,44 ha (Q100), dengan distribusi genangan terkonsentrasi di bagian tengah dan hilir sungai. Pemodelan ini berhasil mengidentifikasi zona rawan genangan dan mencocokkan area yang secara historis pernah terdampak banjir.

Tabel 12. Hubungan antara Debit Puncak dan Luas Genangan

Periode Ulang (Tahun)	Debit Puncak (m ³ /s)	Luas Genangan (ha)
2	14.7	13.10
5	25.5	14.31
10	34.0	14.36
20	42.7	14.51
50	55.3	15.51
100	65.4	17.44

Sumber: Hasil Analisis, 2024



Gambar 9. Grafik Hubungan Debit Puncak dengan Luas Genangan

SIMPULAN

Model terpadu HEC-HMS dan HEC-RAS efektif dalam memprediksi debit dan genangan banjir pada DAS kecil urban di wilayah tropis. Hasil simulasi menunjukkan tren $Q_2 = 14.7 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_5 = 25.5 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{10} = 34.0 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{20} = 42.7 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{50} = 55.3 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $Q_{100} = 65.4 \text{ m}^3/\text{det}$ dan luas genangan yang linier terhadap periode ulang 2 tahun = 13.10 ha, 5 tahun = 14.31 ha, 10 tahun = 14.36 ha, 20 tahun = 14.51 ha, 50 tahun = 15.51 ha dan 100 tahun = 17.44 ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Azalia Fajri Yasin, Agung Pamudjianto Evaluasi Kapasitas Drainase Kelurahan Klasuur Kota Sorong Menggunakan EPA -SWMM, Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah, 2023
- Bibi, T. S. (2022). Modeling Urban Stormwater Management in the Town of Dodola Based on Landuse and Climate Change Using SWMM 5.1. *Journal of Hydrology Regional Studies*, 44, 101267. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101267>
- Chowdhury, M., & Paul, P. K. (2021). Identification of Suitable Sites for Rainwater Harvesting Using Fuzzy AHP and Fuzzy Gamma Operator: A Case Study. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(7). <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06607-4>
- Dr. Ir. Suripin, M. Eng 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan* (Penerbit ANDI Yogyakarta).
- Dyah Laras Pitaloka, Raymond Ch. Tarore, Esli D. Takumansang. "Analisis Debit Puncak dengan Membandingkan Penutupan Lahan Eksisting dan Rencana Tata Ruang di DAS Sario", Sabua : Jurnal Lingkungan Binaan dan Arsitektur, 2024
- Harahap, R. (2017) Pemodelan Indeks Banjir Pada Sungai Deli Berdasarkan Kajian Hidrologi Sebagai Pengendalian Banjir Kota Medan, *Laporan Penelitian*, Universitas Negeri Medan
- Indarto (2010). *Metode Analisis dan Tool Untuk Interpretasi Hidrograf Aliran Sungai* (BUMI AKSARA, Cetakan Pertama).

- Indarto (2010). *Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi* (BUMI AKSARA, Cetakan Pertama).
- Kahfi, A. dan Lipu, S. 2021. "Analisis Hidrograf DAS Poso dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Soil Conservation Service (SCS)". *CivilEngineering Journal on Research and Development* Vol 2, Issue 2 (Halaman 121-128). Universitas Tadulako
- Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kodoatie 2005 *Tata Ruang Air On Integrated Water Resource Management in Indonesia*. Penerbit Andi.
- Natarajan, L., Usha, T., Muthusankar, G., Kasthuri, B. P., Moorthy, P., & Lakshumanan, C. (2021). Flood Susceptibility Analysis in Chennai Corporation Using Frequency Ratio Model. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49(7), 1533–1543. <https://doi.org/10.1007/s12524-021-01331-8>
- Roy, S., Bose, A., & Chowdhury, I. R. (2021). Flood Risk Assessment Using Geospatial Data and Multi-Criteria Decision Approach: A Study From Historically Active Flood-Prone Region of Himalayan Foothill, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(11). <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07324-8>
- Santhanam, H., & Majumdar, R. (2022). Quantification of Green-Blue Ratios, Impervious Surface Area and Pace of Urbanisation for Sustainable Management of Urban Lake – Land Zones in India -a Case Study From Bengaluru City. *Journal of Urban Management*, 11(3), 310–320. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2022.03.001>
- Sun, Z., Li, Z., & Zhong, J. (2022). Analysis of the Impact of Landscape Patterns on Urban Heat Islands: A Case Study of Chengdu, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20), 13297. <https://doi.org/10.3390/ijerph192013297>
- Salsabila, Anisa dan Nugraheni, Irma Lusi. 2020. *Pengantar Hidrologi*. Bandar Lampung: Aura, CV. Anugrah Utama Raharja
- Sari, A. N., Sujono, J., & Jayadi, R. (2014) Kajian Beberapa Metode Perhitungan Hujan Efektif dan Pengaruhnya Terhadap Hidrograf Satuan. Tesis Universitas Gajah Mada
- Siahaan, Firis Adila 2018. " Analisis Debit Banjir Rancangan dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Snyder dan SCS (Soil Conservation Service) DAS Deli Studi Kasus. *Laporan Tugas Akhir*, Universitas Muhammadiyah Sumatera, Medan.
- Syarifudin, A. 2017. *Hidrologi Terapan*. Palembang: Andi
- Toar, R., Kawet, P. L., Wuisan, E. dan Tangkudung, H. 2013. "Studi Perbandingan Antara Hidrograf SCS (Soil conservation Service) dan Metode Rasional pada DAS Tikala". In *Jurnal Sipil Statik* (Vol. 1, Issue 3)
- Ulfah, Marfirah., Kusumastuti, Dyah Indriana., dan Winarno, Dwi joko. 2020. "Analisis Metode Routing Terhadap Hidrograf Banjir Sungai Way Sekampung di Way Kunyir Menggunakan HEC-HMS" dalam *Jurnal Teknik Sipil* Vol 15, No 4 (halaman 251–262). Universitas Bandar lampung
- Vinka Cilsya Tentua, Ellisa J Gaspersz, FeradPuturu."Evaluasi Permukiman Berdasarkan Tingkat Kerawanan Banjir Pada Das Wae Ruhuh", *Jurnal Budidaya Pertanian*, 2018
- Xu, D., Zhang, K., Cao, L., Guan, X., & Zhang, H. (2022). Driving Forces and Prediction of Urban Land Use Change Based on the Geodetector and CA-Markov Model: A Case Study of Zhengzhou, China. *International Journal of Digital Earth*, 15(1), 2246–2267. <https://doi.org/10.1080/17538947.2022.2147229>
- Yang, S., Zhao, B., Yang, D., Wang, T., Yang, Y., Ma, T., & Santisirisomboon, J. (2023). Future Changes in Water Resources, Floods and Droughts Under the Joint Impact of Climate and Land-Use Changes in the Chao Phraya Basin, Thailand. *Journal of Hydrology*, 620, 129454. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129454>