



Modeling and Visualization of Flooding in the Wai Lamo River, Kao Barat District, North Halmahera Regency

(Pemodelan dan Visualisasi Banjir Sungai Wai Lamo Kecamatan Kao Barat Kabupaten Halmahera Utara)

Marlina Kamis^{1✉} dan Yudit Agus Priambodo¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Maluku Utara, Ternate,, Indonesia,
Email : marlinakamis@gmail.com, sipilummu.yudit@gmail.com

✉ Email Korespondensi : johnalfredpatty62@gmail.com

Info Artikel :	<input checked="" type="checkbox"/> Artikel Penelitian	<input type="checkbox"/> Artikel Pengabdian	<input type="checkbox"/> Riview Artikel
*Diterima : 14 Jan. 2025	*Disetujui : 17 Jan. 2025	*Publikasi On-Line : 17 Jan. 2025	

Abstract

In the North Maluku Province, specifically in the Kao Barat District of North Halmahera Regency, there is the Wai Lamo River which flows through five villages: Pitago Village, Bailengit Village, Soamaetek Village, Parseba Village, and Tuguis Village. These villages are often affected by flooding due to the river's overflow during heavy rainfall. The purpose of this study is to model the flooding caused by the overflow of the Wai Lamo River, especially in these five villages, and to assess the extent of the flood-affected area. The flood modeling method uses a hydrological approach to simulate water discharge in the river using the HEC-HMS software, and flood inundation areas and affected zones are visualized using GIS with HEC-RAS software. The flood discharge rates obtained from hydrological analysis using HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) for return periods of 2, 5, 10, 20, 50, and 100 years at the flood-affected village control points are 115.8 m³/s, 324 m³/s, 550.2 m³/s, 848.5 m³/s, 1376.6 m³/s, and 1897 m³/s, respectively. The results of flood inundation modeling using HEC-RAS (River Analysis System) based on the return period floods show that the overflow of the Wai Lamo River impacts Pitago Village, Bailengit Village, Soamaetek Village, Parseba Village, and Tuguis Village due to their proximity to the riverbanks. Therefore, river embankments and riverbed normalization are required to protect the settlements from the overflow of the Wai Lamo River.

Keyword: Modeling, flooding, Wai Lamo

I. PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang menjadi bencana tahunan di Indonesia. Banjir juga dapat terjadi karena sungai sudah tidak mampu menampung volume air yang ada saat terjadi hujan yang begitu lebat. Hal ini mengakibatkan air yang ada di sungai meluap dan membanjiri daerah disekitarnya. Perlu ada upaya pengurangan risiko bencana. Salah satu upaya untuk menanggulangi hal tersebut adalah melalui

manajemen bencana yang baik, termasuk di dalamnya adalah penyajian peta maupun pemodelan yang memuat wilayah terdampak banjir. Seiring dengan ini, Menurut Pratiwi, Z. N., & Santosa, P. B., (2021), penataan ruang semakin dianggap sebagai mekanisme penting dalam menghadapi risiko banjir.

Pada Jumat, 4 Oktober 2024, pukul 22.00 WIT, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menyebutkan intensitas hujan yang tinggi dengan durasi cukup lama membuat Sungai Wailamo meluap dan

menyebabkan banjir di Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara. Sebanyak 748 kepala keluarga terdampak banjir tersebut. Banjir ini melanda lima desa yang berada di dalam wilayah administratif Kecamatan Kao Barat, yaitu Desa Pitago, Desa Bailengit, Desa Soamaetek, Desa Parseba dan Desa Tuguis dengan tinggi muka air mencapai 80 cm.

Sungai Wai Lamo memiliki luas DAS \pm 768 Km² dengan panjang \pm 34 km. Sungai tersebut berada di wilayah Kecamatan Kao Barat Kabupaten Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara. Kecamatan ini berbatasan dengan Kecamatan Tobelo Barat di bagian utara, berbatasan dengan Kecamatan Kao dan Malifut di bagian selatan, berbatasan dengan Halmahera Barat di bagian barat, dan berbatasan dengan Kecamatan Kao dan Kao Utara di bagian timur dengan luas daerah

kecamatan yaitu 224,54 km² yang terdiri dari 21 desa (Badan Pusat Statistik, 2024).

Untuk antisipasi penanggulangan bencana sebagai mitigasi bencana diperlukan pemodelan banjir yang mempresentasikan kejadian luapan banjir yang mungkin terjadi. Sekarang telah tersedia banyak alat untuk model simulasi mendelineasi daerah rawan banjir salah satunya adalah HEC-RAS yang dikembangkan oleh Hydrologic Engineering Center (HEC) pada US Army Corps of Engineers (USACE). Menurut Hicks, F.E. dan Peacock, T. 2005, routing banjir dan prediksi dari tinggi banjir dapat dibuat pemodelannya dengan baik menggunakan HEC-RAS. Dibandingkan dengan perangkat lunak hidrologi yang lain, HEC RAS dapat menghasilkan keluaran berupa peta dan data prediksi.



Gambar 1. Peta lokasi banjir luapan Sungai Wai Lamo



Gambar 2. Rumah yang tergenang luapan sungai Wai Lamo tanggal 04 Oktober 2024

Tujuan penelitian ini adalah melakukan pemodelan banjir yang disebabkan oleh luapan sungai Wai Lamo khususnya di Kecamatan Kao Barat Kabupaten Halmahera

Utara Provinsi Maluku Utara serta melihat cakupan wilayah genangan banjir. Manfaatnya adalah sebagai langkah mitigasi bencana banjir yang terjadi sehingga dapat

dilakukan tindakan-tindakan untuk meminimalisir dampaknya bagi masyarakat dan lingkungan.

II. METODE PENELITIAN

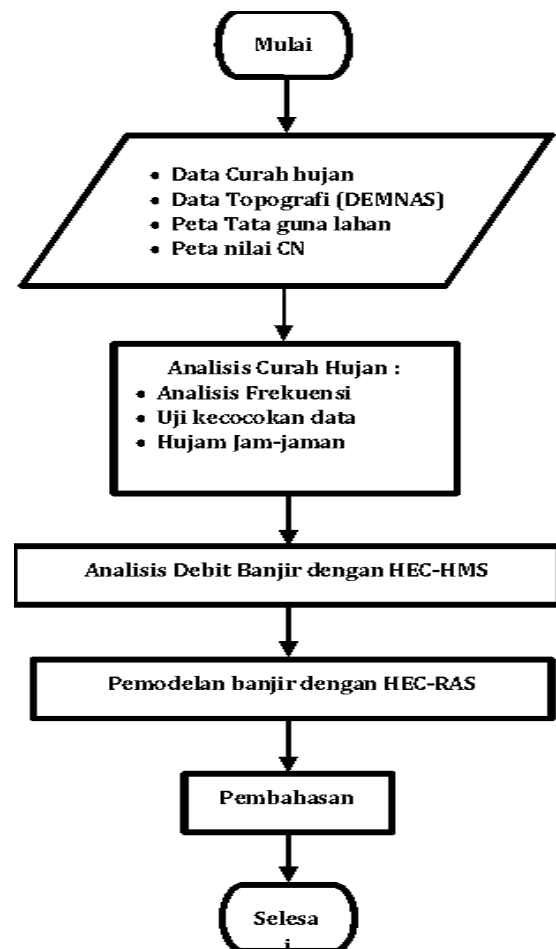
Tahapan penelitian ini dilaksanakan sebagai berikut :

1. Penentuan hujan maksimum tahunan DAS. Data hujan yang digunakan adalah data dari tahun 2014 sampai dengan 2023 yang berasal dari situs resmi Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dengan alamat website <https://dataonline.bmkg.go.id/dataonline-home>, pada terdekat dengan lokasi penelitian yaitu Stasiun Meteorologi Gamar Malamo yang terdapat di Kabupaten Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara.
2. Penentuan debit banjir rancangan. Untuk penentuan debit banjir rancangan langkah-langkah yang dilakukan ialah:
 - a. Menentukan hujan rancangan DAS masing-masing kala ulang dengan menggunakan analisis frekuensi dengan menggunakan aplikasi HEC-SSP dengan cara pemilihan distribusi terbaik menggunakan beberapa metode yang ditawarkan oleh aplikasi tersebut.
 - b. Menentukan Hujan Jam-jaman untuk masing masing hujan rencana periode kala ulang menggunakan metode Mononobe dengan waktu konsentrasi 6 jam (Suripin, 2004).
- c. Data topografi berupa DEM diambil di website <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/> untuk keperluan penentuan luas daerah tangkapan air.
- d. Menentukan delineasi DAS sungai Wai Lamo menggunakan aplikasi HEC-HMS. Hasil delineasi DAS dari aplikasi HEC-HMS menunjukkan hasil yang serupa dengan delineasi yang dihasilkan dalam perangkat ArcGIS dengan tingkat akurasi dan kualitas sangat baik (M. Baitullah Al Amin, dkk, 2020). Hasil delineasi ini selanjutnya dapat diolah dengan memasukkan data hidrologi pada HEC-HMS sehingga diperoleh debit banjir rencana untuk

desain penampang sungai yang dibutuhkan (Agus Priambodo, Y., & Kamis, M, 2020).

- e. Penentuan nilai Curve Number untuk kebutuhan analisis debit banjir pada aplikasi HEC-HMS diperoleh melalui aplikasi QGIS 3.34 Prizren menggunakan plugin Curve Number Generator dan Area Weighted Average. Selanjutnya analisis debit banjir dengan HEC-HMS menggunakan metode SCS Curve Number.
3. Pemodelan genangan banjir sungai Waisenga dengan aplikasi HEC-RAS.
 - a. Menggunakan HEC-RAS untuk memodelkan banjir dengan batas hulu hidrograf banjir hasil dari analisis menggunakan HEC-HMS dan batas hilir menggunakan kemiringan sungai.
 - b. Menentukan luasan genangan banjir untuk tiap kala ulang banjir berdasarkan hasil analisis menggunakan HEC-RAS.

Bagan alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan alir tahapan penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Awal

Data curah hujan yang digunakan dalam analisis ini yaitu data curah hujan harian maksimum tahunan dengan periode pencatatan tahun 2014 sampai dengan tahun 2023 yang disajikan pada Tabel 1. Stasiun pengamatan yang digunakan adalah Stasiun Meteorologi Gamar Malamo.

Tabel 1 Data hujan harian maksimum tahunan

Tahun	Tinggi Hujan (mm)
2014	58.5
2015	157.3
2016	108.5
2017	93.2
2018	82.8
2019	196
2020	104
2021	298
2022	64
2023	83.1

3.2. Analisa Frekuensi Curah Hujan

Untuk analisis distribusi dan frekuensi curah hujan pada penelitian ini digunakan aplikasi HEC-SSP 2.3. Pada Gambar 4 ditampilkan hasil pemilihan berdasarkan uji kecocokan semua jenis distribusi menggunakan metode Product Moments. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat untuk metode analisis frekuensi yang dapat

terbaik yang dapat digunakan adalah metode Generalized Extreme Value sehingga curah hujan rencana yang digunakan adalah hasil dari metode tersebut. Pada Gambar 5 ditampilkan kurva frekuensi menggunakan metode Log-Pearson III. Jadi curah hujan rencana yang digunakan adalah nilai rata-rata pada kurva tersebut. Data curah hujan rencana berdasarkan analisis frekuensi ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis frekuensi curah hujan rencana (mm)

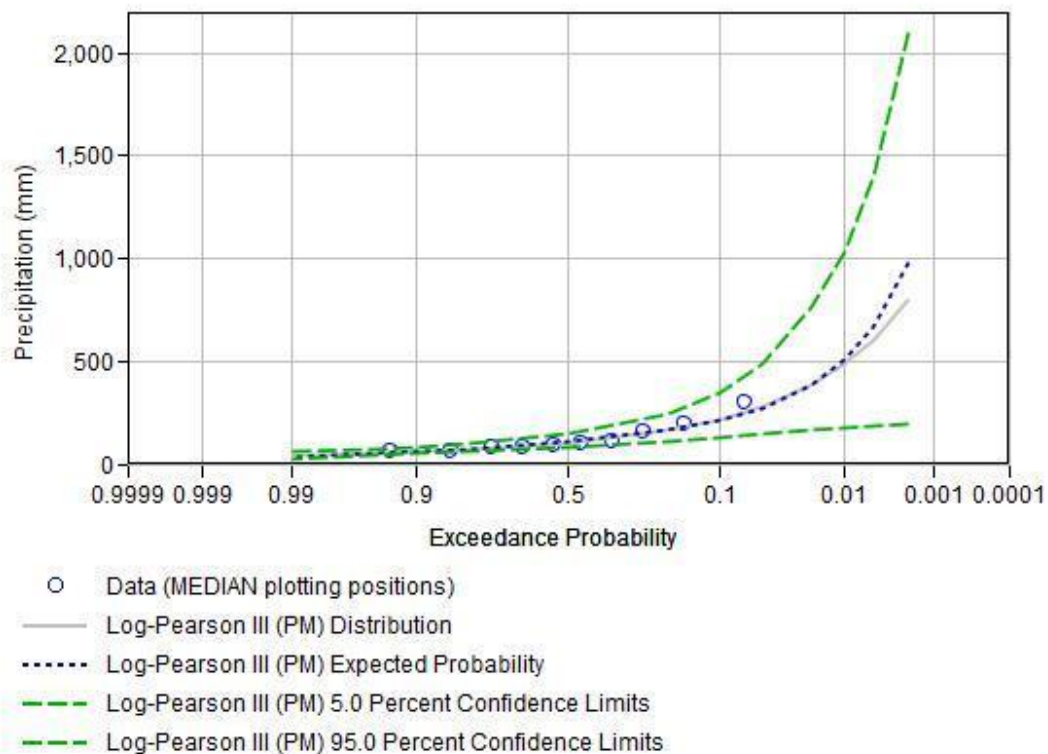
Kala Ulang	Generalized Extreme Value
2	81.21
5	102.13
10	116.07
25	129.52
50	147.02
100	160.21

3.3. Hujan Jam-jaman

Untuk mengetahui curah hujan jam-jaman yang diperoleh dari besaran curah hujan rencana (R_n) periode ulang T (tahun) dari hasil analisa frekuensi. Periode ulang yang digunakan adalah 2, 5, 10, 20, 50 dan 100 tahun. Curah hujan jam-jaman untuk tiap periode kala ulang T (tahun) menggunakan metode Mononobe dengan waktu konsentrasi 6 jam ditampilkan pada Tabel 3.

Standard Product Moments	L- Moments	Maximum Likelihood Estimation
Distribution	Kolmogorov-Smirnov (Test Statistic)	Anderson-Darling (Test Statistic)
Log-Pearson III (PM)	0.152	0.186
Pearson III (PM)	0.178	0.326
Ln-Normal (PM)	0.208	0.326
Generalized Extreme Value (...)	0.208	0.377
Gamma (PM)	0.210	0.445
Normal (PM)	0.286	0.787
Exponential (PM)	0.375	1.378
Beta (PM)	NaN	NaN

Gambar 4. Hasil pemilihan jenis distribusi pada HEC-SSP 2.3



Gambar 5. Kurva frekuensi untuk metode Log-Pearson III pada HEC-SSP 2.3

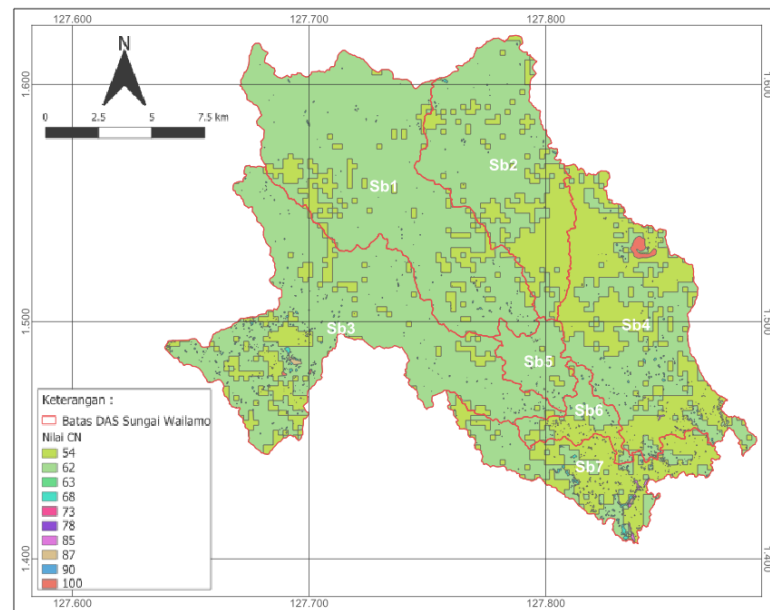
Tabel 3. Hujan efektif jam-jaman pada periode kala ulang

t	Rt	Hujan Netto (Rn, mm) dengan Kala Ulang (Tahun)					
		2	5	10	20	50	100
		102.12	162.68	216.56	280.68	385.59	483.92
(Jam)	(%)	Hujan Netto Jam-jaman = Rn x Rt					
1	55%	56.17	89.47	119.11	154.37	212.07	266.16
2	14%	14.30	22.78	30.32	39.30	53.98	67.75
3	10%	10.21	16.27	21.66	28.07	38.56	48.39
4	8%	8.17	13.01	17.32	22.45	30.85	38.71
5	7%	7.15	11.39	15.16	19.65	26.99	33.87
6	6%	6.13	9.76	12.99	16.84	23.14	29.04

3.4. Pemodelan HEC-HMS untuk Analisis Debit Banjir

Selanjutnya untuk menganalisis besar kuantitas debit banjir kala ulang seperti dari hasil analisis frekuensi yang telah hitung sebelumnya dengan penentuan luas DASnya didelineasi menggunakan HEC-HMS. Luas DAS sungai Wai Lamo untuk titik lokasi terdampak banjir adalah 330.4 km². Untuk

penetapan nilai CN diperoleh menggunakan aplikasi QGIS 3.34 Prizren untuk masing-masing sub das yang terdeteksi ditampilkan pada Gambar 6. Selanjutnya dihitung nilai rata-rata CN (Tabel 4). Hasil dari analisis debit banjir rencana menggunakan HEC-HMS dengan metode SCS Curve Number ditampilkan pada Tabel 5.



Gambar 6. Peta nilai Curve Number pada DAS sungai Wailamo sesuai titik kontrol lokasi terdampak

Tabel 4. Curve Number rata-rata setiap subdas

Nama Subdas	Luas (km ²)	CN Komponen Rata-rata
Sb1	84.62	61.09
Sb2	53.51	59.62
Sb3	81.70	60.91
Sb4	62.21	58.14
Sb5	10.09	61.62
Sb6	9.16	58.97
Sb7	29.12	57.81

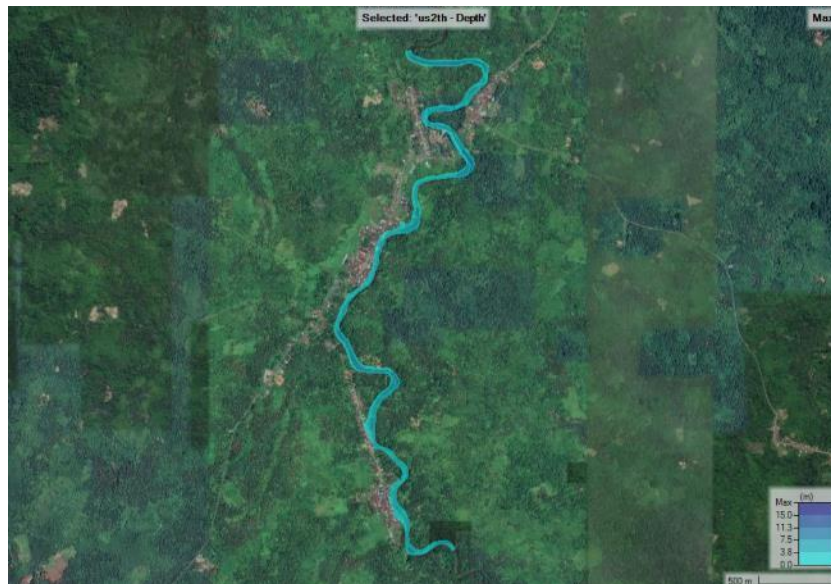
Tabel 5. Debit banjir rencana untuk tiap periode kala ulang

Kala Ulang (tahun)	2	5	10	20	50	100
Debit (m ³ /s)	115.8	324	550.2	848.5	1376.6	1897

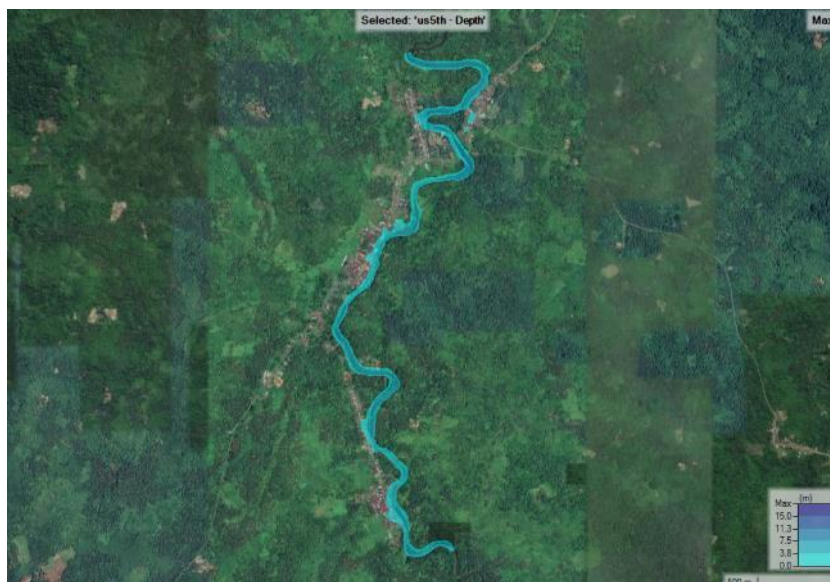
3.5. Pemodelan HEC-RAS untuk Visualisasi Luas Genangan Banjir

Selanjutnya untuk memvisualisasikan besaran luas genangan dan kedalaman genangan banjir yang diakibatkan oleh hujan dengan periode kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun dilakukan dengan bantuan HEC-RAS. Penentuan batas hulu menggunakan hidrograf banjir yang diperoleh dari HEC-HMS untuk tiap kala ulang dan penentuan batas hilir menggunakan kemiringan dasar sungai. Hasil analisis menggunakan HEC-RAS

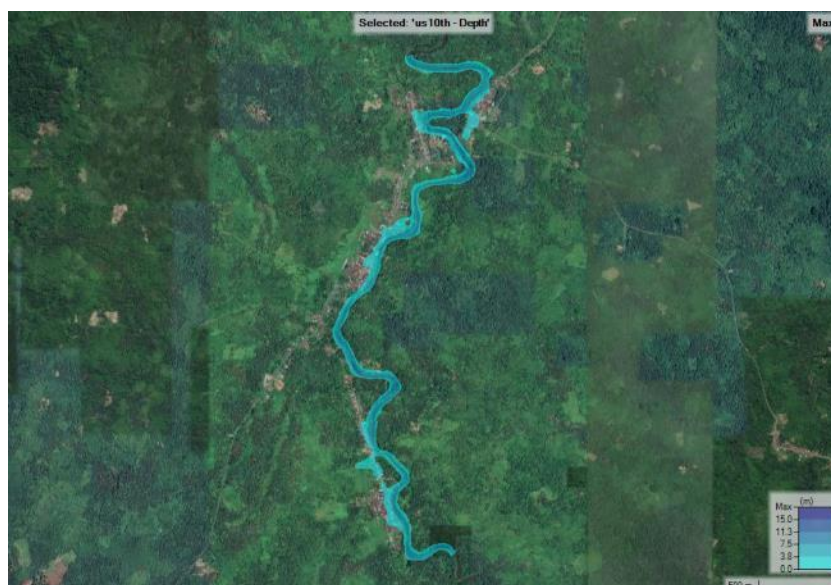
menghasilkan peta genangan banjir di wilayah lima desa yang terdampak menggunakan pendekatan GIS untuk setiap kala ulang yang digunakan ditampilkan dalam Gambar 7 - 12. Sedangkan besar luas genangan banjir yang terjadi ditampilkan pada Tabel 6 untuk setiap kala ulangnya. Hasil simulasi menunjukkan bahwa luas area dan durasi banjir akan meningkat dengan bertambahnya periode ulang yang digunakan (Muin, S. F., Boer, R., dan Suhartono, Y., 2015).



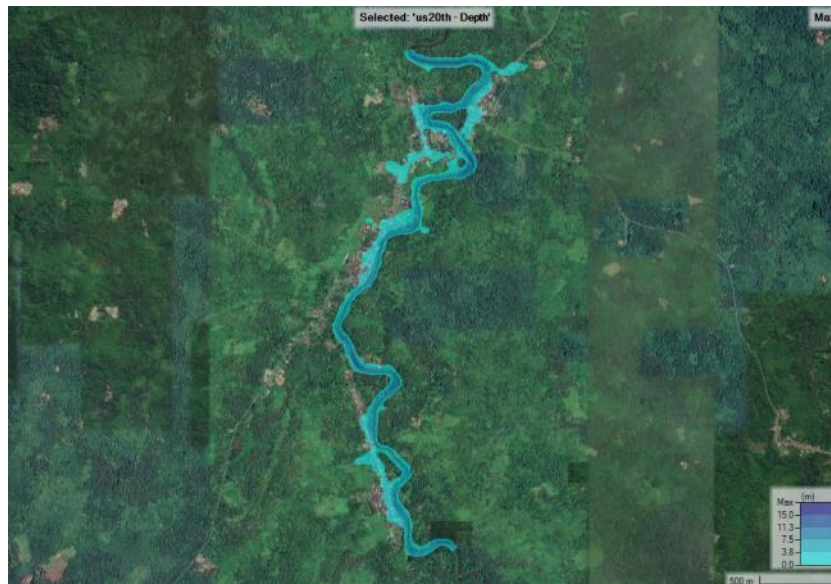
Gambar 7. Luas genangan banjir kala ulang 2 tahunan



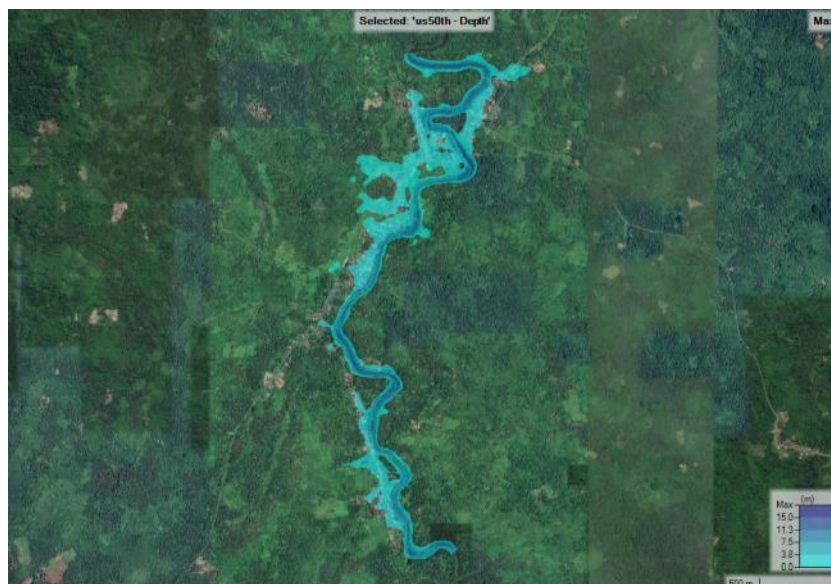
Gambar 8. Luas genangan banjir kala ulang 5 tahunan



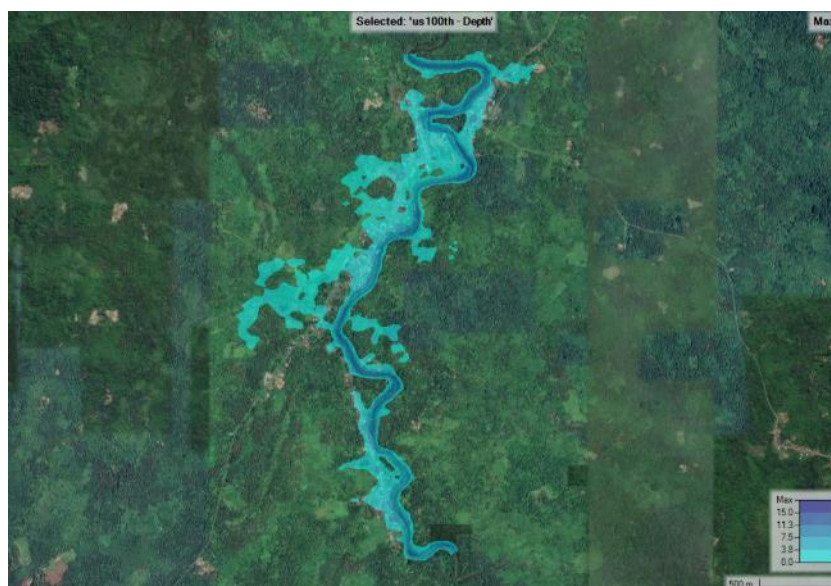
Gambar 9. Luas genangan banjir kala ulang 10 tahunan



Gambar 10. Luas genangan banjir kala ulang 20 tahunan



Gambar 11. Luas genangan banjir kala ulang 50 tahunan



Gambar 12. Luas genangan banjir kala ulang 100 tahunan

Hasil analisis pemodelan genangan banjir untuk kala ulang yang digunakan menggunakan HEC-RAS, memperlihatkan bahwa dampak banjir akibat luapan Sungai Wai Lamo terjadi untuk kala ulang 10, 20, 50, dan 100. Hal ini disebabkan luas DAS Sungai yang cukup luas yaitu 330,4 km² dan intensitas hujan rencana yang tinggi pada kala ulang tersebut. Potensi terdampaknya lima desa yang dilewati oleh sungai Wailamo karena posisi desa yang berdampingan dengan tepi sungai sehingga sangat rawan terhadap luapan air sungai. Jika dilihat dari simulasi terjadinya luapan diketahui bahwa air sungai meluap pertama kali di lokasi dibagian hulu dari tiap-tiap desa tersebut sehingga untuk penanganannya direkomendasikan tanggul-tanggul dan normalisasi dasar sungai untuk penanggulangan jangka panjang.

Karena dalam penelitian ini data topografi menggunakan data dari DEMNAS dengan tingkat akurasi yang rendah maka perlu menggunakan data topografi yang lebih akurat hasil dari pengukuran terestris di lapangan menggunakan alat ukur seperti total station sehingga hasil pemodelan juga lebih akurat dalam tindakan selanjutnya untuk desain bangunan tanggul sungai dan volume pekerjaan normalisasi dasar sungai.

Tabel 6. Luas genangan banjir debit maksimum tiap periode kala ulang

Kala Ulang (tahun)	Luas (km ²)
2	0.2265
5	0.2946
10	0.3753
25	0.4919
50	0.723
100	1.061

IV. PENUTUP

Berdasarkan dari hasil analisa yang telah dilakukan, dimana dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Besar debit banjir yang didapat berdasarkan analisa Hidrologi menggunakan HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) untuk kala ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahunan pada titik kontrol Desa terdampak banjir masing-

masing sebesar 115.8 m³/s, 324m³/s, 550.2 m³/s, 848.5 m³/s, 1376.6 m³/s, dan 1897 m³/s

2. Hasil pemodelan genangan banjir menggunakan HEC-RAS (River Analysis System) berdasarkan banjir kala ulang yang digunakan memperlihatkan bahwa luapan Sungai Wai Lamo berdampak pada Desa Pitago, Desa Bailengit, Desa Soamaetek, Desa Parseba dan Desa Tuguis karena lokasi yang sangat berdekatan dengan tepi sungai. Oleh karena itu diperlukan tanggul-tanggul sungai dan normalisasi dasar sungai untuk melindungi pemukiman dari luapan air sungai Wai Lamo.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Priambodo, Y., & Kamis, M, 2020. Delineasi Das Sungai Penyebab Banjir di Kelurahan Rua Kecamatan Pulau Ternate Kota Ternate Menggunakan HEC-HMS, Jurnal BIOSAINSTEK Vol. 4, No. 2. Hal. 34-41.
- BMKG dataonline (2024) [online]. Available: <https://dataonline.bmkg.go.id/dataonline-home>
- Badan Pusat Statistik, 2024. Kecamatan Kao Barat dalam Angka, BPS Kabupaten Halmahera Utara.
- HEC-HMS User's Manual (2024) [online] Available: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmsum/4.12>
- HEC-RAS User's Manual (2024) [online] Available: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rasum/latest>
- HEC-SSP User's Manual (2024) [online] Available: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/sspdocs/sspum/2.3>
- Hicks, F.E. dan Peacock ,T. 2005 "Suitability of HEC RAS for flood forecasting", Canadian Water Resources Journal, 30:159174.
- M. Baitullah Al Amin, Mona F. Toyfur, Widya Fransiska AF, dan Ayu Marlina, 2020. "Delineasi DAS dan Elemen Model

- Hidrologi Menggunakan HEC-HMS versi 4.4", *Cantilever : Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, vol 9, no. 1, hal: 37-38.
- Muin, S. F., Boer, R., dan Suhartono, Y., 2015. "Pemodelan Banjir dan Analisis Kerugian Akibat Bencana Banjir di DAS Citarum Hulu", *Jurnal Tanah dan Iklim* Vol. 39 No. 2, pp. 75-84.
- Pratiwi, Z. N. dan Santosa P. B., 2021. "Pemodelan dan Visualisasi Genangan Banjir untuk Mitigasi Bencana di Kali Kasin, Kelurahan Bareng, Kota Malang", *Journal of Geospatial Information Science and Engineering, JGISE* Vol. 4 No. 1 (2021), pp. 56 – 64.
- QGIS User Guide (2024) [online] Available: https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user_manual/index.html
- Soemarto, C.D. 1995. "Hidrologi Teknik", Edisi ke 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Suripin, 2004. "Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan", Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Tanahair Indonesia (2023) Demnas. [online]. Available: <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/login>
- Tempo (2024) [online] Available: <https://www.tempo.co/lingkungan/bnpb-banjir-di-halmahera-utara-748-kepala-keluarga-terdampak-2020>.