



Evaluasi Model Elevasi Digital dalam Pemodelan Genangan Banjir di DAS Wae Mese

Evaluation of Digital Elevation Model in Flood Inundation Modelling in the Wae Mese Watershed

Pankrasio Mario Yudarsi¹⁾, Albert Wicaksono^{1)*}, Obaja Triputera Wijaya¹⁾

¹⁾Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit No. 94, Bandung, Indonesia

*Corresponding author: albert.wicaksono@unpar.ac.id

Diterima: 03 Februari 2026; Direvisi: 28 Februari 2026; Disetujui: 30 Mei 2026

Abstract

On 7 March 2019 and 31 December 2021, extreme rainfall events occurred in the Wae Mese Watershed, West Manggarai Regency, resulting in the inundation of several villages and agricultural fields. Currently, detailed records regarding the area and depth of these flood events are unavailable, hindering the formulation of comprehensive disaster mitigation plans. This study aims to reconstruct the flood inundation area and depth in the Wae Mese Watershed, while simultaneously evaluating the accuracy of various open-access Digital Elevation Models (DEM). The flood inundation simulation was performed using a two-dimensional (2D) HEC-RAS hydraulic model, driven by flood discharge values derived from a rainfall-runoff model using recorded rainfall data during the events. The flood model simulation results were calibrated against the inundation depth from the 2019 flood event in Golo Bilas, Macang Tanggar, and Gorontalo Villages. The inundation modeling incorporated four open-access DEMs: SRTM DEM, Merit DEM, NASA DEM, and DEMNAS. Simulation results indicated that DEMNAS yielded an inundation depth of 1.03–2.03 m and an inundation area closest to the actual flood event on 7 March 2019. The statistical indicators, such as an RMSE of 0.38, a BIAS of 0.15, a correlation coefficient of 0.92, and a RVE of 10.6%, show that the results are close to the actual flood. The superior performance of DEMNAS is attributed to its higher spatial resolution compared to the other DEMs, providing a more precise representation of surface topography for modeling inundation areas and river channels. Consequently, DEMNAS is recommended as a reliable reference for developing flood hazard maps and planning flood mitigation strategies in the Wae Mese Watershed.

Keywords: flood, Wae Mese Watershed, HEC-RAS, DEM

Abstrak

Pada tanggal 7 Maret 2019 dan 31 Desember 2021 terjadi hujan ekstrem di DAS Wae Mese, Kabupaten Manggarai Barat yang mengakibatkan beberapa desa dan persawahan tergenang. Saat ini belum tersedia pencatatan detail mengenai sebaran genangan dan kedalaman banjir tersebut sehingga mitigasi pencegahan bencana belum dapat disusun secara komprehensif. Studi ini bertujuan untuk mensimulasikan ulang sebaran genangan dan kedalaman banjir yang terjadi pada DAS Wae Mese, sekaligus mengevaluasi akurasi Digital Elevation Model (DEM) yang tersedia bebas. Simulasi genangan banjir dilakukan berdasarkan nilai debit banjir yang diturunkan dari model hujan-limpasan berdasarkan data curah hujan yang tercatat saat kejadian banjir, dan model hidraulik menggunakan HEC-RAS dua dimensi (2D). Hasil simulasi model banjir dikalibrasi terhadap data kedalaman genangan pada kejadian banjir tahun 2019 pada kawasan permukiman di Desa Golo Bilas, Macang Tanggar, dan Gorontalo. Pemodelan daerah genangan disimulasikan menggunakan empat jenis peta DEM yang tersedia bebas, yaitu SRTM DEM, Merit DEM, NASA DEM, dan DEMNAS. Berdasarkan hasil simulasi, peta DEMNAS menghasilkan kedalaman genangan sebesar 1,03–2,03 m dan sebaran genangan yang menyerupai kejadian banjir pada 7 Maret 2019. Hasil ini didukung oleh nilai RMSE sebesar 0,38, BIAS sebesar 0,15, korelasi sebesar 0,92, dan RVE sebesar 10,6%. Kesesuaian hasil ini dikarenakan resolusi DEMNAS yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ketiga peta DEM lainnya sehingga model geografi permukaan yang dimiliki menjadi lebih presisi dalam memodelkan luas genangan dan model aliran sungai. Dengan demikian, DEMNAS dapat direkomendasikan sebagai acuan dalam menyusun peta potensi banjir dan perencanaan mitigasi bencana banjir di DAS Wae Mese.

Kata Kunci: banjir, DAS Wae Mese, HEC-RAS, DEM

PENDAHULUAN

Banjir adalah bencana yang dihadapi oleh semua negara, baik negara maju maupun berkembang (Tamang dkk., 2023). Di Indonesia, bencana ini termasuk yang sering terjadi hampir di seluruh wilayah, terutama pada musim hujan (Amira dkk., 2020; Matondang dkk., 2022). Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) terdapat 8.333 bencana banjir terjadi di Indonesia sepanjang tahun 2014 hingga 2023. Hal ini menunjukkan masalah banjir menjadi salah satu bencana yang sering terjadi dan memerlukan perhatian khusus guna mengurangi kerugian yang akan terjadi.

Banjir dapat diidentifikasi sebagai kondisi naiknya permukaan air di daerah pesisir, waduk, sungai dan kanal sehingga mengakibatkan genangan pada lahan di sekitarnya (Iswardoyo dkk., 2023; Latue dkk., 2023; Robot dkk., 2014). Secara spesifik, banjir sungai terjadi ketika air sungai meluap dan menyebabkan genangan pada sebuah lahan karena kapasitas sungai yang tidak dapat menampung aliran debit banjir yang terjadi akibat curah hujan yang ekstrem (Harsanto dkk., 2022; Nkwunonwo dkk., 2020). Daerah yang terletak di dataran rendah atau muara sungai lebih rentan terhadap banjir karena banjir yang terjadi dapat disebabkan aliran banjir dari hulu, kondisi pasang-surut, atau kombinasi keduanya (Syahputra, 2015). Kondisi ini juga yang mungkin dialami oleh daerah Labuan Bajo yang berada di pesisir laut dan dilintasi oleh Sungai Wae Mese.

Sungai Wae Mese merupakan salah satu sungai di Labuan Bajo, Kabupaten Manggarai Barat yang berperan penting dalam penyediaan air untuk kebutuhan air minum dan irigasi. Daerah Aliran Sungai (DAS) Wae Mese memiliki luas sebesar 304,59 km² dengan panjang sungai utama sepanjang 40,5 Km. Secara geografis Sungai Wae Mese terletak di 8°24'1.16" - 8°42'8.442" LS dan 119°47'57.84" - 120°59'6" BT. Sedangkan secara administratif Sungai Wae Mese melintasi empat kecamatan, yaitu Kecamatan Komodo, Sano Nggoang, Boleng, dan Mbelilling. Pada tanggal 6 dan 7 Maret 2019 terjadi hujan ekstrim selama dua hari berturut-turut dengan total hujan yang tercatat pada pos BMKG Labuan Bajo sebesar 125,2 mm. Gambar 1 menyajikan foto lapangan kejadian banjir yang terjadi pada tanggal 6-7 Maret 2019 tersebut.

Masalah serupa kembali terjadi pada tanggal 31 Desember 2021, yang menggenangi area di lokasi-lokasi tersebut. Melihat area terdampak pada kedua kejadian banjir berada pada lokasi yang relatif sama, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengkaji wilayah terdampak banjir pada DAS Wae Mese pada berbagai periode ulang

banjir. Analisis sebaran area genangan ini dilakukan untuk mengetahui potensi daerah yang akan terdampak banjir dan menyusun mitigasi pencegahan banjir di daerah terdampak. Potensi area genangan disimulasikan menggunakan model hidraulik 2D dengan bantuan perangkat lunak HEC-RAS. Pemodelan hidraulik 2D dilakukan menggunakan peta dasar yang bersumber dari beberapa jenis peta Digital Elevation Model (DEM). Peta DEM digunakan karena tidak tersedianya pengukuran kawasan yang cukup luas dan memadai di DAS Wae Mese ini. Berdasarkan beberapa studi yang dilakukan oleh McClean dkk., (2020), Fereshtehpour dkk., (2022), dan Ciurte dkk., (2023) menyatakan bahwa pada pemodelan genangan banjir menggunakan peta DEM cukup mampu memberikan hasil yang mendekati kondisi sebenarnya, terlebih pada peta dengan tingkat resolusi yang tinggi.

Berbagai penelitian sebelumnya telah menegaskan bahwa kualitas *Digital Elevation Model* (DEM) berpengaruh signifikan terhadap akurasi simulasi genangan banjir. Studi yang dilakukan oleh Sutisna, dkk. (2019) menunjukkan bahwa perbedaan resolusi spasial dan proses koreksi topografi pada DEM dapat menghasilkan variasi luasan serta kedalaman genangan yang cukup signifikan dalam model hidraulik. Penelitian oleh (Xu dkk., 2021) juga menunjukkan bahwa koreksi hidraulik pada DEM global seperti SRTM mampu meningkatkan representasi morfologi sungai dan akurasi simulasi banjir.



Sumber: Tribunnewsntt / Pos Kupang

Lokasi	Keterangan
Lokasi 1	Area pemukiman Desa Golo Bilas
Lokasi 2	Area pemukiman Desa Macang Tanggar
Lokasi 3	Area pemukiman Desa Gorontalo

Gambar 1 Kejadian Banjir Wae Mese 6-7 Maret 2019

Pada konteks Indonesia, penelitian di kawasan Ibu Kota Nusantara, Javas dkk., (2024) menunjukkan bahwa penggunaan DEMNAS, SRTM, dan Merit-Hydro menghasilkan karakteristik

genangan yang berbeda pada simulasi HEC-RAS. Namun demikian, studi-studi tersebut umumnya masih berfokus pada perbandingan produk DEM untuk wilayah tertentu, sehingga cakupan penelitian yang mengevaluasi kinerja produk DEM yang tersedia bebas (DEMNAS, MERIT-Hydro, SRTM, dan NASADEM) terhadap bukti genangan berbasis kejadian (*event-based flood evidence*) pada DAS di Indonesia masih terbatas. Keterbatasan ini menunjukkan adanya kebutuhan melakukan evaluasi terhadap berbagai produk DEM yang tersedia bebas guna mengidentifikasi data elevasi yang paling representatif untuk pemodelan banjir di wilayah Indonesia.

Keterbatasan data pengamatan banjir membuat sebaran area genangan yang disimulasikan hanya untuk kejadian banjir pada tahun 2019. Walaupun demikian, studi ini diharapkan dapat menyumbangkan bukti berbasis peristiwa tentang sensitivitas pemodelan genangan banjir menggunakan produk DEM untuk DAS di Indonesia, yang seringkali langka data. Secara khusus, keberadaan peta sebaran area genangan ini diharapkan dapat dimanfaatkan pula dalam perencanaan mitigasi untuk menciptakan kawasan DAS Wae Mese yang bebas banjir.

METODOLOGI

Rangkaian alur metodologi dalam studi ini disampaikan pada Gambar 2. Penjelasan detail mengenai kegiatan ini dapat dibagi menjadi pengumpulan data, analisis hidrologi, dan analisis hidraulika sebagaimana dijelaskan di bawah ini.

Pengumpulan Data

Data yang perlu dikumpulkan merupakan data yang terkait dengan kebutuhan studi untuk melakukan pemodelan dan verifikasi area genangan. Data tersebut meliputi foto kejadian banjir di wilayah-wilayah yang tergenang, hujan yang terjadi pada dua kejadian banjir, hasil perhitungan debit banjir pada berbagai periode ulang, dan peta DEM. Foto kejadian banjir diperoleh baik dari dokumentasi pribadi maupun foto yang tersedia di dunia maya. Data hujan pada kejadian banjir diperoleh berdasarkan data pencatatan hujan dari BMKG Labuan Bajo, yang dianalisis lebih lanjut menjadi debit banjir. Sementara itu, analisis debit banjir rencana diperoleh dari hasil analisis hujan-limpasan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS. Peta DEM yang akan digunakan terdiri dari DEMNAS (resolusi 8,1 m), Merit-Hydro (resolusi 90 m), SRTM (resolusi 30 m) dan NASADEM (resolusi 30 m). Data ini diperoleh dari dinas setempat yang terkait, maupun informasi bebas di internet seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Sumber Data

No	Jenis Data	Sumber
1	Curah Hujan: a. Pos Darat b. Data Satelit GPM	a. BMKG Labuan Bajo dengan panjang data 20 tahun b. GPM.nasa.gov
2	Batas DAS Wae Mese	SHP Batas DAS Dinas KLHK, 2022
3	DEM: a. DEMNAS b. Merit-Hydro c. NASA DEM d. SRTM DEM	a. Badan Indonesia Geospasial b. Geospasialcatalog.com c. Earthdata.nasa.gov d. Indonesia-geospasial
4	Tata guna lahan	ESRI Sentinel-2

Analisis Hidrologi

Setelah data dikumpulkan akan dilakukan analisis hidrologi untuk mendapatkan besaran debit banjir yang akan digunakan sebagai data masukan dalam melakukan analisis hidraulika. Analisis hidrologi dilakukan untuk menghitung debit banjir pada dua kejadian banjir yang akan dianalisis. Data hujan yang diperoleh dari BMKG Labuan Bajo berupa data hujan harian, sementara untuk mensimulasikan kejadian banjir ini diperlukan hujan yang terdistribusi jam-jaman. Pola distribusi jam-jaman diperoleh dari hujan jam-jaman data hujan satelit GPM, yang diubah menjadi persentase hujan setiap jam. Perkalian persentase hujan dan hujan harian ini menjadi intensitas hujan setiap jam yang dipakai untuk simulasi kejadian banjir.

Perhitungan debit banjir dilakukan berdasarkan analisis hujan-limpasan dengan metode *Soil Conservation Service-Curve Number* (SCS-CN) menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-HMS. Metode SCS-CN dipilih karena mampu memberikan gambaran yang baik terhadap karakteristik DAS yang ditinjau (Sari dkk., 2016; Sahour dkk., 2016; Dahal dkk., 2025). Pada metode ini, hujan yang jatuh ke lahan akan mengalami kehilangan yang disebabkan oleh penutupan lahan dan infiltrasi berdasarkan jenis tanah dimana hujan tersebut jatuh (Faisal dkk., 2020). Besar kehilangan air yang terjadi direpresentasikan dalam nilai CN yang berkisar antara 0-100 yang berkorelasi dengan besarnya debit limpasan lahan yang mungkin terjadi. Nilai CN ditetapkan berdasarkan dua karakteristik DAS, yaitu jenis tanah berdasarkan Hydrologic Soil Group (HSG) dan jenis tutupan atau penggunaan lahan. Nilai CN juga akan mempengaruhi waktu keterlambatan (*lag time*) yang menentukan waktu dan debit puncak banjir yang dihitung berdasarkan persamaan (1).

$$t_l = \frac{1^{0.8}(2540 - 22.86 \text{ CN})^{0.7}}{14104 \text{ CN}^{0.7}\sqrt{Y}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- tl : time lag (jam)
- l : panjang sungai (m)
- CN : curve number
- Y : kemiringan lahan (m/m)

Total curah hujan yang jatuh (P) di atas tanah dengan potensi maksimal tanah untuk menahan air (S) tertentu akan dibagi menjadi; laju aliran (Q), infiltrasi (F) dan Abstraksi awal (Ia) dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- Q : Volume limpasan
- Ia : Abstraksi awal
- P : hujan harian (mm)
- S : volume simpanan permukaan

Dalam menentukan kedalaman hujan korelasi nilai Ia dan S dapat dihitung seperti persamaan (3) berikut:

$$I_a = 0.2 S \dots\dots\dots (3)$$

Dalam memudahkan perhitungan kelembaban awal, US SCS menentukan nilai S dengan persamaan berikut:

$$S = \frac{25400 - 254\text{CN}}{\text{CN}} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan CN merupakan bilangan kurva aliran air

SCS mengembangkan sistem klasifikasi tanah berdasarkan sifat tanah dan dikelompokkan menjadi 4 kelompok hidrologi Hydrologic Soil Group (HSG). Adapun definisi pada setiap kelompok tanah tersebut disesuaikan dengan melihat kesamaan terhadap potensi limpasan permukaan pada kondisi cuaca dan tata guna lahan yang sama. Dimana nilai CN berkisar antara 0-100, seperti yang disajikan pada Tabel 2 berikut ini. Data penggunaan lahan akan memberikan bobot CN yang berupa CNkomposit, yang dihitung dengan menggunakan persamaan 5 berikut ini.

$$CN_k = \frac{\sum A_i CN_i}{\sum A_i} \dots\dots\dots(5)$$

Dengan A_i adalah luas lahan suatu jenis tutupan lahan suatu DAS.

Analisis Hidraulika

Analisis banjir akan dilakukan dengan menggunakan model hidraulik 2D (dua dimensi).

Model ini merujuk pada pemodelan yang menghitung ketinggian air secara dua dimensi untuk mengidentifikasi titik, luas dan kedalaman genangan banjir (Matondang dkk., 2022; Safitri dkk., 2022). Analisis hidraulik banjir dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-RAS 2D yang sering digunakan dalam rekayasa sipil dan lingkungan untuk menganalisis air sungai, danau dan saluran air (Sinurat dkk., 2022).

Beberapa penelitian telah membuktikan keandalan HEC-RAS 2D dalam pemodelan genangan banjir. Studi yang dilakukan Vashist dkk., (2023) menunjukkan bahwa pemodelan HEC-RAS 2D mampu memprediksi kejadian banjir dengan tingkat kesalahan kurang dari 10% dibandingkan data observasi pada lokasi DAS Krishna, Pakistan. Selain itu, penelitian oleh Ciurte dkk., (2023) menemukan bahwa kombinasi HEC-RAS 2D dengan penginderaan jauh mampu memetakan daerah banjir pada wilayah perkotaan yang memiliki struktur hidraulik yang kompleks seperti pada DAS Carpathians Timur, Romania.

Pada pemodelan HEC-RAS 2D, persamaan dasar yang digunakan berupa persamaan kekekalan massa dan persamaan momentum yang menggambarkan perubahan kecepatan dan tekanan fluida sepanjang ruang dan waktu. Secara khusus untuk aliran pada kedalaman yang cukup dangkal, seperti pada sungai dan muara, karakteristik aliran dapat dijelaskan secara sistematis dengan persamaan yang sering disebut sebagai *St Venant Equation* (SWE). Konsep pemodelan di atas dapat ditulis dalam persamaan (6)-(10) berikut:

$$\frac{\delta H}{\delta t} + \frac{\delta(uH)}{\delta x} + \frac{\delta(vH)}{\delta y} = 0 \dots\dots(6)$$

$$\frac{\delta(uH)}{\delta t} + \frac{\delta(Hu^2 + \frac{g}{2}H^2)}{\delta x} + \frac{\delta(Huv)}{\delta y} = gH(S_x - S_{fx}) \dots\dots(7)$$

$$\frac{\delta(vH)}{\delta t} + \frac{\delta(Hv^2 + \frac{g}{2}H^2)}{\delta x} + \frac{\delta(Huv)}{\delta y} = gH(S_y - S_{fy}) \dots\dots(8)$$

$$S_{fx} = \frac{nM^2 u \sqrt{U^2 + v^2}}{H^{\frac{4}{3}}} \dots\dots(9)$$

$$S_{fy} = \frac{nM^2 v \sqrt{U^2 + v^2}}{H^{\frac{4}{3}}} \dots\dots(10)$$

Dimana:

- H : kedalaman air (m)
- u : kecepatan air dalam arah x (m/s)
- v : kecepatan air dalam arah y (m/s)
- g : percepatan gravitasi (m/s²)
- Sx, Sy : kemiringan saluran arah x, y
- Sfx, Sfy : kekasaran saluran arah x, y
- nM : koefisien Manning

Pada pemodelan HEC-RAS 2D, untuk menguji kestabilan model (Mihu dkk., 2019), *time step*

didefinisikan sesuai dengan bilangan *Courant-Friedrich-Lewy* (CFL). Nilai CFL dihitung dengan menggunakan Persamaan 11 berikut.

$$C = \frac{V \Delta T}{\Delta x} \quad \dots\dots(11)$$

Dimana:

- C : bilangan Courant
- V : kecepatan (m/detik)
- Δt : time step (detik)
- Δx : ukuran grid cell (m).

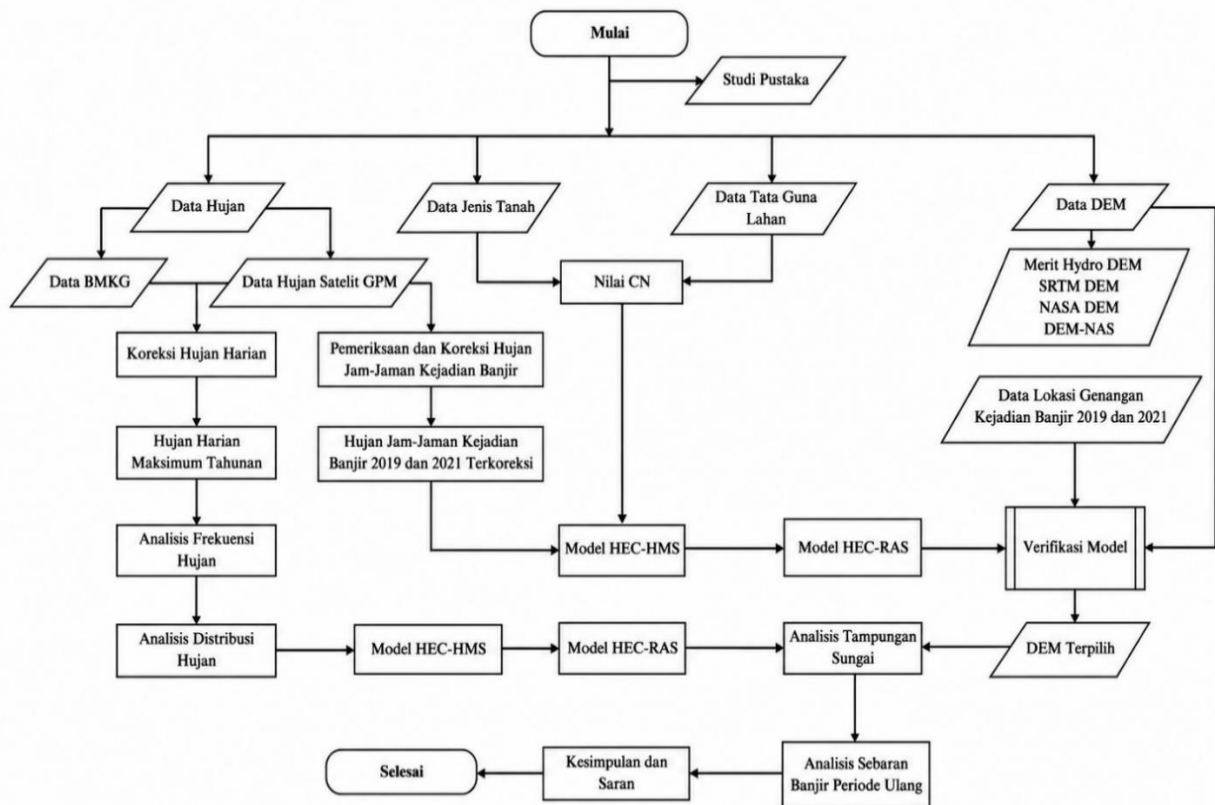
Untuk menjaga stabilitas model, nilai C harus lebih kecil atau sama dengan nilai maksimum yang

direkomendasikan (C_{max}). Pada umumnya, nilai $C_{max}=1,0$ dianggap stabil dan ideal (Psomiadis dkk., 2021; Quiroga dkk., 2016).

Pada penelitian ini, proses simulasi banjir akan dilakukan pada 4 jenis DEM yang ada. Dari keempat jenis peta DEM tersebut akan dipilih satu jenis DEM yang cocok dengan kondisi topografi DAS Wae Mese berdasarkan data kejadian banjir pada 7 Maret 2019. Secara umum, langkah penelitian akan ditampilkan pada Gambar 2, dan parameter model yang digunakan dalam studi ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter Model

Komponen	Parameter	Nilai/Spesifikasi	Sumber/Keterangan	
Topografi (DEM)	DEM1 (DEMNAS)	Resolusi 8.1 m	BIG (https://tanahair.indonesia.go.id)	
	DEM2 (Merit-DEM)	Resolusi 90 m	Yamazaki et.al (https://global-hydrodynamics.github.io/MERIT_Hydro/)	
	DEM 3 (NASA)	Resolusi 30 m	NASA (Home OpenTopography)	
	DEM4 (SRTM)	Resolusi 30 m	NASA (Digital Elevation/Terrain Model (DEM) NASA Earthdata)	
	Sistem koordinat	UTM Zona 50S/WGS 1984	Digunakan seragam	
HEC-HMS	Metode losses	SCS-Curve Number	Berdasarkan tata guna lahan	
	CN	71-100		
	Initial Abstraction	0.25	Default SCS (S dihitung menggunakan persamaan 4)	
	Transform Method	SCS-UH	Tc berdasarkan persamaan 1	
	Lag Time	0.6 tc		
	Baseflow:	Recesion	Metode pendekatan	
	Initial Flow	0,75		
Recession Constant	0,35			
	Rasio to Peak	0,25	Metode pendekatan	
HEC-RAS	Terrain preprocessing	Reprojection	Semua DEM diproses sama sesuai proyeksi peta	
	Computational mesh	10 m x 10 m	Untuk aliran air	
		50 m x 50 m	Untuk pemodelan genangan bagian kiri dan kanan sungai	
	Time step	30 detik	Didapatkan dari hasil analisis HEC-HMS	
	Simulation time	24 jam		
	Boundary condition:	Upstream		Inflow hydrograph
		Downstream		Stage hydrograph
Initial condition	Dry			
Validasi Banjir	Data Validasi:	Kejadian 7 Maret 2019	Dokumentasi kejadian	
	Estimasi kedalaman	Objek referensi	Rumah, kendaraan, manusia	
	Jumlah titik	5 titik	Perbandingan nilai model dan hasil pendugaan kedalaman banjir	
	Metrik Validasi	RMSE		



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

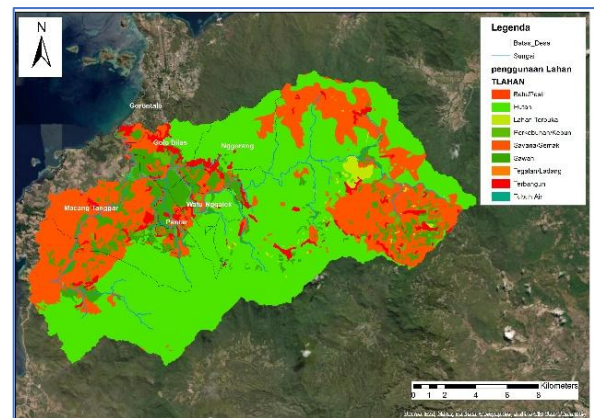
Klasifikasi Penggunaan Lahan

Klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan metode digitasi pada citra satelit SENTINEL-2 (S-2) yang didapatkan dari website ESRI. Data ini memiliki akurasi yang baik dimana tingkat akurasinya mencapai 70,95%, jika dibandingkan dengan Citra LANDSAT 8 (Nivedita dkk., 2018, Wang dkk., 2018).

Berdasarkan hasil digitasi peta didapatkan klasifikasi tutupan lahan pada DAS Wae Mese masih didominasi oleh kawasan hutan dan padang rumput. Sementara hanya 2,6% saja kawasan yang sudah beralih menjadi kawasan terbangun atau permukiman di bagian hilir DAS. Pemetaan lengkap tutupan lahan pada DAS Wae Mese disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Tabel 3 Jenis Tutupan Lahan DAS Wae Mese

Tata Guna Lahan	Luas (km ²)
Hutan/Pohon	239,72
Lahan Terbuka	0,0014
Padang Rumput	42,87
Peremukiman/Terbangun	7,94
Sungai dan Rawa	0,79
Sawah	14,60



Gambar 3 Peta tutupan lahan DAS Wae Mese

Klasifikasi Jenis Tanah

Berdasarkan klasifikasi jenis tanah yang didapatkan dari peta jenis tanah FAO, DAS Wae Mese terdiri dari dua jenis tanah yaitu Leptosol dan Andosol. Menurut Hydrologic Soil Group (HSG), kedua jenis tanah tersebut termasuk dalam kategori Clay (D) dan Loam (C). Berdasarkan data tersebut, jenis tanah pada DAS Wae Mese didominasi oleh tanah jenis Clay (D) dengan luas sebesar 181,28 km², sedangkan jenis tanah Loam (C) sebesar 123,28 km².

Analisis Debit Banjir Histori DAS Wae Mese

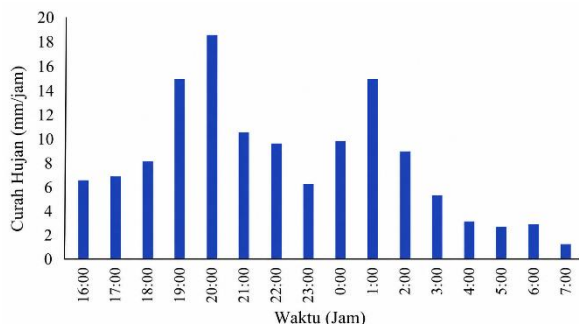
Berdasarkan ketersediaan data yang ada, perhitungan debit banjir dilakukan dengan menentukan nilai Curve Number (CN) pada DAS Wae Mese. Nilai CN yang digunakan untuk masing-masing jenis tata guna lahan pada DAS Wae Mese dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai CN DAS Wae Mese

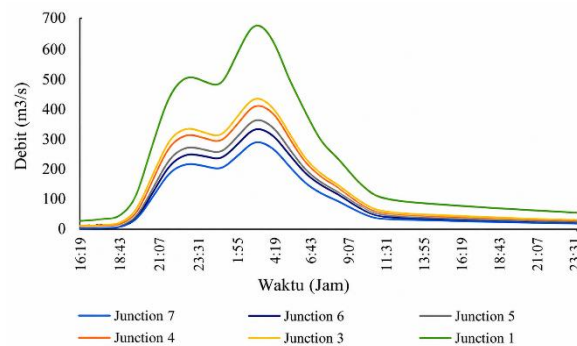
Tata Guna Lahan	C	D
Hutan/Pohon	73	74
Lahan Terbuka	79	81
Padang Rumput	71	74
Permukiman/Terbangun	74	77
Sungai dan Rawa	100	100
Sawah	73	78

Analisis debit banjir yang pertama yang dilakukan adalah perhitungan debit banjir pada tanggal 6-7 Maret 2019. Pencatatan hujan di pos hujan BMKG Labuan Bajo menunjukkan bahwa curah hujan yang terjadi pada kedua kejadian banjir tersebut sebesar 124,59 mm dan 69 mm, secara berurutan. Namun, ketiadaan pencatatan distribusi hujan jam-jaman pada BMKG Labuan Bajo memerlukan pendekatan dari pencatatan hujan jam-jaman dari data satelit GPM. Berdasarkan data hujan satelit GPM pada dua kejadian banjir tersebut, didapatkan distribusi hujan pada masing-masing kejadian hujan seperti pada Gambar 4. Terlihat bahwa hujan yang terjadi pada tanggal 6-7 Maret 2019 terdistribusi selama 15 jam dengan dua puncak hujan, yaitu pada pukul 20:00 WITA dan 01:00 WITA dengan intensitas mencapai 18 mm/jam.

Kombinasi dari koefisien CN, tinggi hujan, dan distribusi hujan jam-jaman ini menghasilkan hidrograf banjir sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5. Kejadian dua puncak hujan pada tanggal 6-7 Maret 2019 menghasilkan debit puncak banjir yang mencapai 646 m³/s, yang mendekati debit banjir periode ulang 25 tahun.



Gambar 4 Nilai curah hujan jam-jam GPM 6-7 Maret 2019



Gambar 5 Nilai debit banjir DAS Wae Mese Maret 2019

Simulasi Area Genangan Banjir

Simulasi kondisi banjir histori dilakukan untuk memvalidasi model hidraulik yang digunakan dengan membandingkan area dan tinggi genangan yang terjadi. Kondisi awal simulasi diasumsikan bahwa sungai dalam kondisi kering karena tidak ada informasi terkait kondisi sungai sebelum kejadian banjir terjadi. Nilai debit input sesuai dengan besaran debit banjir pada setiap pertemuan sungai sesuai hasil perhitungan debit sebelumnya. Pada pemodelan banjir 2D, diperlukan nilai koefisien Manning untuk merepresentasikan lahan di sekitar sungai yang diperkirakan berdasarkan jenis penggunaan lahan pada peta ESRI dengan nilai koefisien yang diberikan pada Tabel 5 (Bhola dkk., 2019).

Tabel 5 Nilai Manning DAS Wae Mese

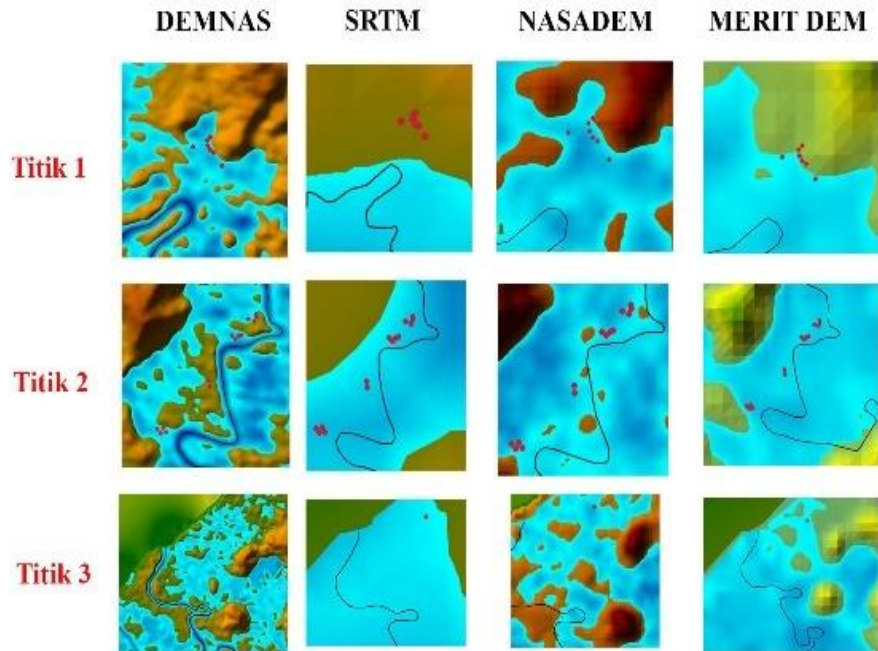
Tata Guna Lahan	Nilai Manning
Padang Rumput	0,05
Permukiman	0,06
Badan Air	0,03

Simulasi genangan banjir tanggal 7 Maret 2019 pada empat jenis peta DEM dapat dilihat pada Gambar 6. Evaluasi daerah genangan dilakukan pada tiga lokasi yang mewakili daerah terdampak. Ketiga lokasi tersebut adalah Desa Golo Bilas, Desa Macang Tanggar, dan Desa Gorontalo. Ketiga lokasi ini dipilih karena hanya pada tiga lokasi ini terdapat dokumentasi genangan yang terjadi saat kejadian banjir tersebut. Sebagaimana terlihat pada Gambar 6, masing-masing peta DEM menghasilkan sebaran area genangan yang berbeda. Secara detail, hasil dari setiap model disampaikan pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9. Warna lebih gelap menunjukkan banjir yang lebih dalam.

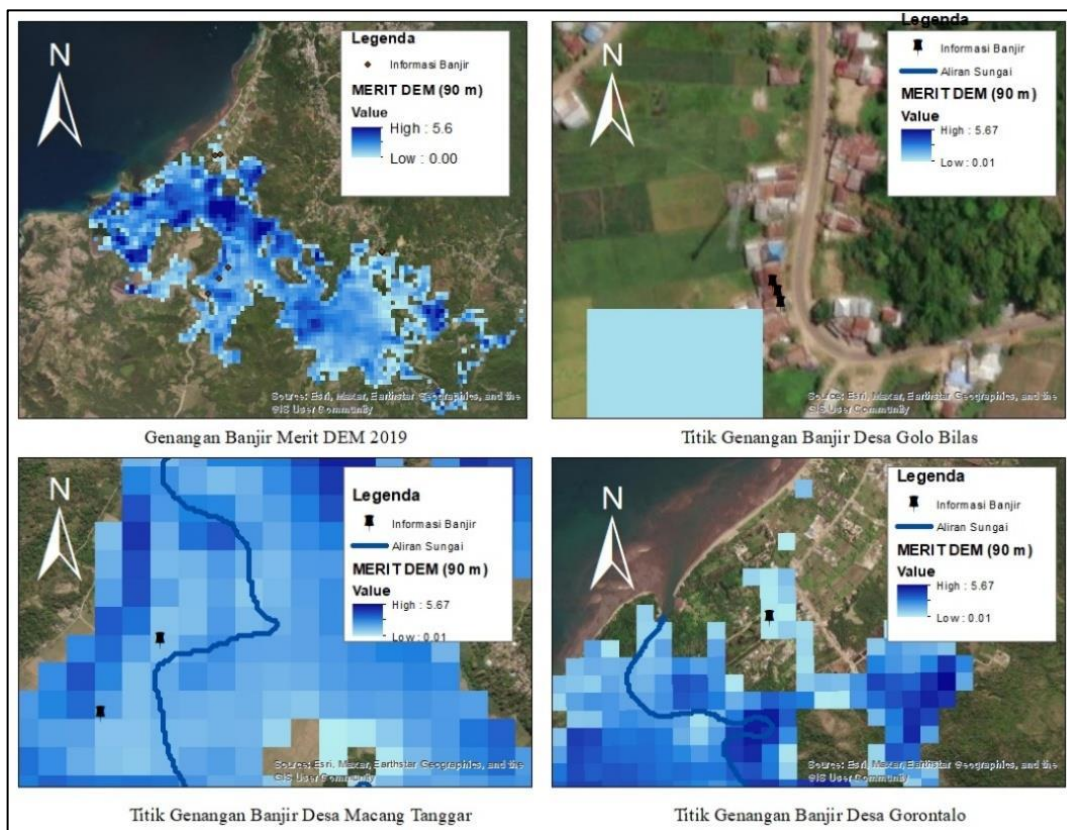
Hasil simulasi kedalaman banjir dari masing-masing DEM ini divalidasi berdasarkan dokumentasi kejadian banjir tanggal 7 Maret 2019. Validasi dilakukan dengan mengestimasi kedalaman genangan banjir pada dokumentasi foto yang tersedia berdasarkan objek referensi yang

memiliki ukuran yang diketahui, seperti tinggi bangunan, tubuh manusia, maupun infrastruktur di sekitar lokasi, sebagaimana disampaikan pada Gambar 10. Hasil validasi menunjukkan bahwa kedalaman banjir hasil simulasi menunjukkan

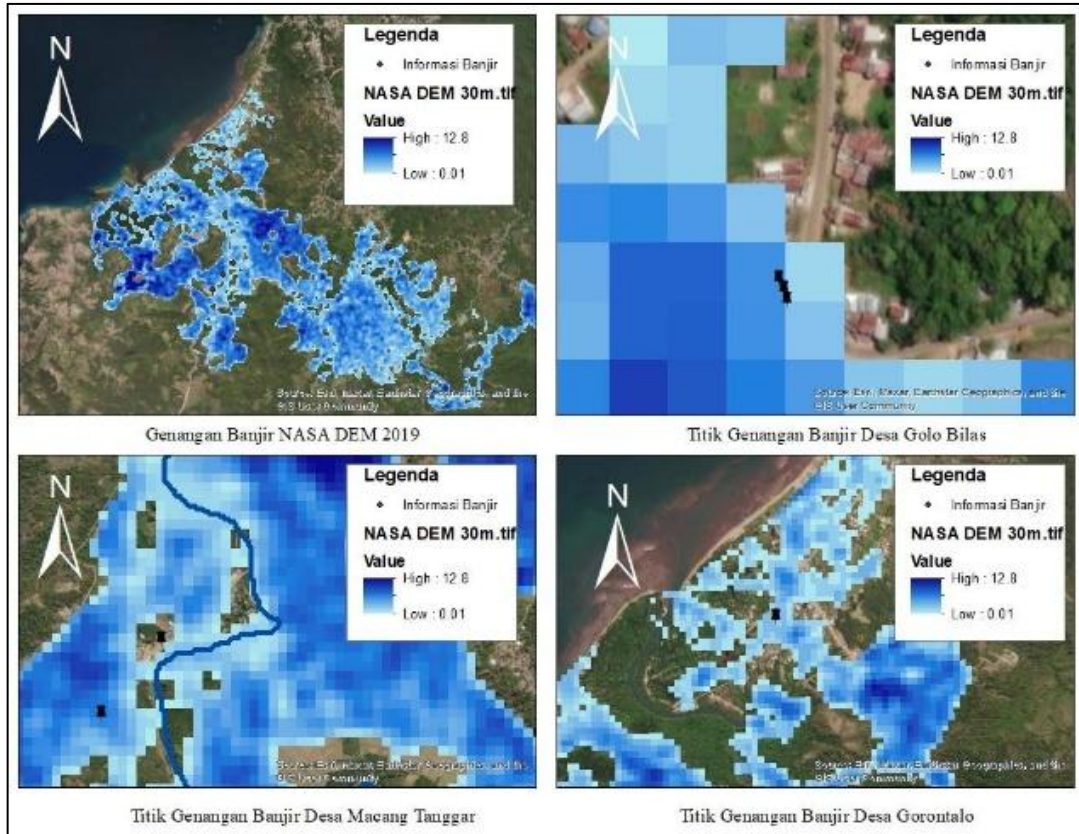
kedalaman yang relatif serupa dengan perkiraan kedalaman banjir pada dokumentasi foto, sehingga hasil simulasi ini dianggap mampu memberi gambaran terhadap kondisi banjir aktual.



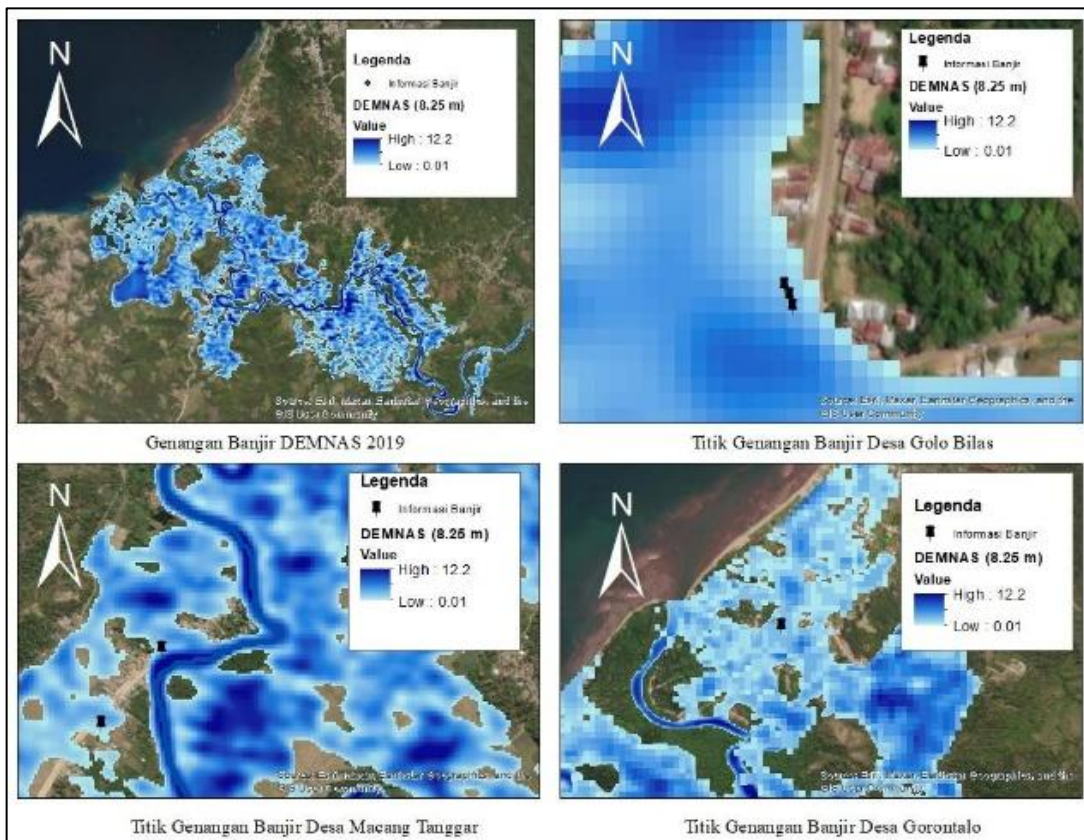
Gambar 6 Simulasi Kedalaman Banjir 6-7 Maret 2019 pada Berbagai Jenis DEM



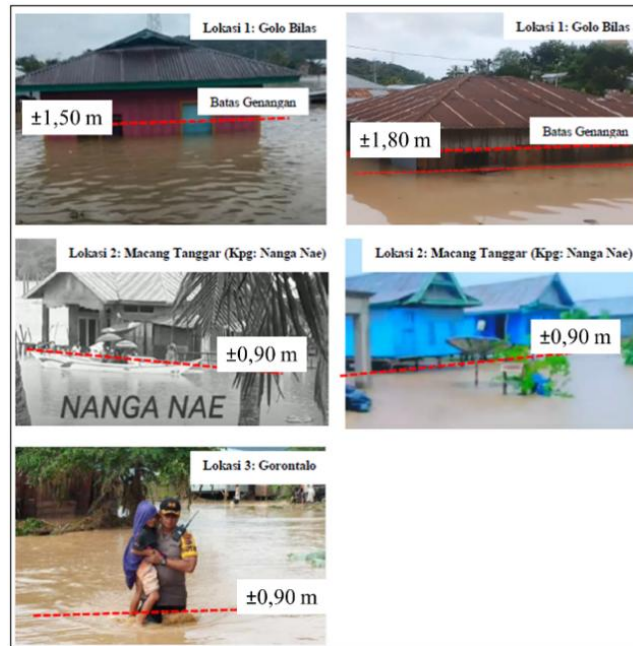
Gambar 7 Simulasi Kedalaman Banjir berdasarkan peta Merit-Hydro



Gambar 8 Simulasi Kedalaman Banjir berdasarkan peta NASA DEM



Gambar 9 Simulasi Kedalaman Banjir berdasarkan peta DEMNAS



Gambar 10 Pendugaan kedalaman banjir

Tabel 6 Kedalaman Banjir Wae Mese Maret 2019

Lokasi	Kedalaman Banjir (m)				
	Visualisasi Foto	Merit DEM	SRTM	NASA DEM	DEMNAS
Lokasi 1 Desa Golo Bilas	1,50	tidak banjir	tidak banjir	1,97	1,73
	1,80	tidak banjir	tidak banjir	2,06	2,03
	1,40	tidak banjir	tidak banjir	1,25	1,25
Lokasi 2 Desa Macang Tanggar	0,90	2,80	1,50	1,04	1,03
Lokasi 3 Desa Gorontalo	0,90	0,60	1,10	1,20	1,19
<i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>		1,36	1,18	0,42	0,38
Koefisien Korelasi		-0,71	-0,91	0,87	0,92
<i>Relative Volume Error (RVE)</i>		-47,7%	-60,0%	15,7%	10,6%

Hasil simulasi pada Tabel 6 menunjukkan bahwa peta DEM SRTM dan Merit DEM tidak menunjukkan genangan pada lokasi Desa Golo Bilas dan Desa Gorontalo, sementara genangan tersimulasikan pada peta NASADEM dan DEMNAS di kedua lokasi tersebut. Sementara, semua peta DEM mampu mensimulasikan area genangan pada Desa Macang Tanggar. Walaupun demikian, kedalaman genangan yang dihasilkan oleh peta DEM masih memiliki perbedaan dengan perkiraan kedalaman pada setiap lokasi.

Pemilihan Peta DEM

Berdasarkan hasil perbandingan sebaran area dan kedalaman genangan hasil simulasi dan data banjir tahun 2019, sebagaimana disampaikan pada Gambar 6, diketahui bahwa peta DEMNAS mampu memodelkan lokasi genangan banjir lebih baik dibandingkan dengan peta lain. Hasil simulasi dengan NASA DEM dan DEMNAS menunjukkan lokasi yang serupa dengan titik koordinat kejadian

banjir saat itu yang didapatkan dari informasi yang telah dikumpulkan. Pada pengukuran kedalaman genangan, sebagaimana disajikan pada Tabel 6, terlihat hasil pemodelan menggunakan DEMNAS menghasilkan korelasi yang cukup baik yaitu 0,918 dalam memprediksi tinggi banjir pada lokasi kejadian banjir. Sementara Merit-Hydro memiliki hasil yang kurang memuaskan dimana pada perhitungan nilai fungsi objektif, mendapatkan simpangan yang terlalu jauh dari data genangan yang terjadi. Sedangkan NASA DEM memiliki hasil yang cukup baik, dengan nilai korelasi sebesar 0,87.

Walaupun peta NASA DEM juga mampu mensimulasikan lokasi genangan, namun kedalaman genangan dari peta DEMNAS menunjukkan hasil yang lebih mendekati kedalaman yang sebenarnya terjadi. Selain itu, hasil simulasi juga menunjukkan jika DEMNAS mampu memodelkan aliran pada alur sungai. Hasil ini juga serupa dengan disampaikan oleh penelitian yang

dilakukan oleh Zufriamar dkk., (2023) pada pemodelan alur Sungai Kuranji di Sumatera Barat, yang menyatakan bahwa korelasi DEMNAS terhadap pengukuran drone resolusi tinggi untuk estimasi palung sungai adalah 0,992 sementara untuk SRTM DEM hanya 0,954. Selain itu, dengan resolusi DEMNAS yang lebih tinggi dibandingkan dengan ketiga DEM lainnya mendukung keunggulan DEMNAS dalam memodelkan daerah genangan banjir pada lokasi DAS Wae Mese. Hasil yang sama juga ditemukan oleh McClean dkk., (2020), Fereshtehpour dkk., (2022), dan Ciurte dkk., (2023) menyatakan bahwa pada pemodelan genangan banjir DEM dengan resolusi tinggi memungkinkan analisis yang lebih detail dan akurat.

KESIMPULAN

Area genangan banjir yang terjadi pada 6-7 Maret 2019 di Desa Golo Bilas, Macang Tanggar, dan Gorontalo dapat dikreasikan ulang menggunakan pemodelan hidraulik 2D berdasarkan peta Model Elevasi Digital (DEM). Kedalaman genangan yang dihasilkan oleh model simulasi berdasarkan empat jenis peta DEM menunjukkan akurasi kedalaman genangan yang cukup baik dengan rentang nilai RMSE antara 0,38-1,36, koefisien korelasi antara -0,91-0,92, dan RVE antara -60%-10,6%. Evaluasi terhadap empat peta DEM tersebut menunjukkan bahwa peta DEMNAS merupakan DEM yang paling sesuai untuk mensimulasikan genangan banjir DAS Wae Mese dibandingkan peta DEM lainnya. Hal ini ditunjukkan dengan RMSE sebesar 0,38, koefisien korelasi sebesar 0,92 dan RVE sebesar 10,6% karena resolusi DEMNAS yang lebih tinggi dibandingkan dengan peta DEM lainnya. Pemanfaatan peta DEM, secara khusus peta DEMNAS juga bermanfaat dalam memprediksi sebaran genangan yang akan terjadi sehingga dapat menjadi acuan dalam penyusunan peta potensi bahaya banjir dan perencanaan mitigasi bencana banjir di DAS Wae Mese. Selain itu, studi ini menunjukkan bahwa DEM resolusi tinggi berpotensi meningkatkan akurasi pemodelan genangan banjir pada suatu DAS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada BMKG Labuan Bajo, Dinas Tata Ruang Manggarai Barat, dan semua yang terlibat dan membantu dalam proses penelitian baik dalam hal penyediaan data maupun saran dan kritikan sehingga tulisan ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

Amira, F. R., Surjandari, I., & Laoh, E. (2020). Jakarta Flood Risk Mapping Using Index-based Approach and Spatial Analysis. *7th International Conference on ICT for Smart Society: AIoT for*

Smart Society, ICISS 2020 - Proceeding.
<https://doi.org/10.1109/ICISS50791.2020.9307583>

Ciurte, D. L., Mişu, A. P., Urzică, A., & Grozavu, A. (2023). Integrating Lidar Data, 2D HEC-RAS Modeling and Remote Sensing to Develop Flood Hazard Maps Downstream of a Large Reservoir in The Inner Eastern Carpathians. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 18(1), 149–169. <https://doi.org/10.26471/cjees/2023/018/248>

Dahal, D., & Kojima, T. (2025). *Evaluating the Performance of Hydrological Models for Flood simulation in Wangchu River Basin, Bhutan.* Preprints. <https://doi.org/10.20944/preprints202502.0052.v1>

Faisal, A., Indarto, I., Novita, E., & Budiyo, B. (2020). Pemetaan potensi bahaya banjir di kabupaten manokwari melalui pemanfaatan data global precipitation measurement (gpm) dan analisis bentang lahan. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 9(2), 96–103. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v9.i2.96-103>

Fereshtehpour, M., Esmailzadeh, M., Alipour, R. S., & Burian, S. J. (2024). Impacts of DEM type and resolution on deep learning-based flood inundation mapping. *Earth Science Informatics*, 17(2), 1125–1145.

Harsanto, P., Prihatmanti, H. E., & Wisnulingga, B. K. (2022). Aplikasi Metode Nash Pada Perhitungan Limpasan Langsung Menggunakan Data Hujan GPM 3IMERGHH Studi Kasus SubDAS Winongo Hulu. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 1(2), 121–132. <https://doi.org/10.56860/jtsda.v1i2.27>

Iswardoyo, J., & Satria, H. (2023). Analisis Daerah Terdampak Banjir Bandang Menggunakan HEC-RAS 2 Dimensi di Sungai Sat, Kabupaten Pati, Jawa Tengah. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 14(1), 13–26. <https://doi.org/10.32679/jth.v14i1.717>

Javas, J., Roesbianto, A. S. B., Sihombing, Y. I., Farid, M., Adityawan, M. B., Kuntoro, A. A., Suwarman, R., & Yosa, I. M. (2024). Open-access digital elevation model (DEM) selection for flood inundation modelling using HEC-RAS in Capital City of Nusantara. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1343(1), Article 012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1343/1/012036>

Latue, T., & Latue, P. C. (2023). Pemodelan Spasial Daerah Rawan Banjir di DAS Batu Merah Kota Ambon. *Buana Jurnal Geografi, Ekologi dan Kebencanaan*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.56211/buana.v1i1.341>

- Matondang, M. A., Perwira Mulia, A., & Faisal, M. (2022). Analisa Area Genangan Banjir Sungai Babura Berbasis Hec-Ras dan Gis. *Jurnal Syntax Admiration*, 3(1), 180–201. <https://doi.org/10.46799/jsa.v3i1.381>
- McClean, F., Dawson, R., & Kilsby, C. (2020). Implications of Using Global Digital Elevation Models for Flood Risk Analysis in Cities. *Water Resources Research*, 56(10). Article e2020WR028241. <https://doi.org/10.1029/2020WR028241>
- Mihu, A. P., Cîmpianu, C. I., Stoleriu, C. C., Pérez, M. N., & Paveluc, L. E. (2019). Using High-Density LiDAR Data and 2D Streamflow Hydraulic Modeling to Improve Urban Flood Hazard Maps: A HEC-RAS Multi-Scenario Approach. *Water (Switzerland)*, 11(9), Article 1832. <https://doi.org/10.3390/w11091832>
- Nivedita Priyadarshini, K., Kumar, M., Rahaman, S. A., & Nitheshnirmal, S. (2018). A Comparative Study of Advanced Land Use/Land Cover Classification Algorithms Using Sentinel-2 Data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII05, 665–670. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-5-665-2018>
- Nkwunonwo, U. C., Whitworth, M., & Baily, B. (2020). A Review of the Current Status of Flood Modelling for Urban Flood Risk Management in the Developing Countries. *Scientific African*, 7, Article e00269. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00269>
- Psomiadis, E., Tomanis, L., Kavvadias, A., Soulis, K. X., Charizopoulos, N., & Michas, S. (2021). Potential Dam Breach Analysis and Flood Wave Risk Assessment Using HEC-RAS and Remote Sensing Data: A Multicriteria Approach. *Water (Switzerland)*, 13(3), Article 364. <https://doi.org/10.3390/w13030364>
- Quiroga, V. M., Kure, S., Udo, K., & Mano, A. (2016). Application of 2D Numerical Simulation for the Analysis of the February 2014 Bolivian Amazonia Flood: Application of the New HEC-RAS version 5. *Ribagua*, 3(1), 25–33. <https://doi.org/10.1016/j.riba.2015.12.001>
- Robot, J. A., Mananoma, T., Wuisan, E., & Tangkudung, H. (2014). Analisis Debit Banjir Sungai Ranoyapo Menggunakan Metode HSS GAMA-I dan HSS LIMANTARA. *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 1–12.
- Safitri, D., Putra, R. A. M., & Dewantoro, D. F. (2022). Analisis Pola Aliran Banjir Pada Sungai Cimandi, Provinsi Banten dengan HEC-RAS. *Journal of Infrastructural in Civil Engineering (JICE)*, 3(1), 47 – 54.
- Sahour, H., Mokhtari, A., & Ghahfarokh, S. S. (2016). Rainfall-runoff modeling using remotely sensed data and the hydrologic modeling system (HEC-HMS). *Ecology, Environment & Conservation*, 22(4), 163–173.
- Sari, A. N., Sujono, J., & Jayadi, R. (2016). Perhitungan Hujan Efektif dengan Metode SCS-CN dan Pengaruhnya Terhadap Hidrograf Satuan. *Jurnal Inersia*, 8(1), 27–38.
- Sinurat, M., Mulia, A. P., & Faisal, M. (2022). Analisis Spasial Daerah Banjir Menggunakan HEC-RAS dan QGIS untuk Sub Das Babura. *Jurnal Syntax Admiration*, 3(1), 141–162. <https://doi.org/10.46799/jsa.v3i1.382>
- Sutisna, A. S., & Putro, H. (2019). Evaluasi Tingkat Akurasi Digital Elevation Model (DEM) SRTM dan ASTER GDEM dalam Pemodelan Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 24(2), 105–112.
- Syahputra, I. (2015). Kajian hidrologi dan analisa kapasitas tampang Sungai Krueng Langsa berbasis HEC-HMS dan HEC-RAS. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 1(1), 15–28.
- Tamang, S., & Bhattarai, P. (2023). Flood Hazard Mapping of West Rapti and Assessing Impact on Agricultural Production in Dang District using HEC-RAS 2D. *Proceedings of 13th IOE Graduate Conference*, 13, 102–106.
- Vashist, K., & Singh, K. K. (2023). HEC-RAS 2D modeling for flood inundation mapping: a case study of the Krishna River Basin. *Water Practice and Technology*, 18(4), 831–844. <https://doi.org/10.2166/wpt.2023.048>
- Wang, D., Wan, B., Qiu, P., Su, Y., Guo, Q., Wang, R., Sun, F., & Wu, X. (2018). Evaluating the performance of Sentinel-2, Landsat 8 and Pléiades-1 in mapping mangrove extent and species. *Remote Sensing*, 10(9), 1468. <https://doi.org/10.3390/rs10091468>
- Xu, K., Fang, J., Fang, Y., Sun, Q., Wu, C., & Liu, M. (2021). The Importance of Digital Elevation Model Selection in Flood Simulation and a Proposed Method to Reduce DEM Errors: A Case Study in Shanghai. *International Journal of Disaster Risk Science*, 12(6), 890–902. <https://doi.org/10.1007/s13753-021-00377-z>
- Zufrimar, & Zainal, E. (2023). Perbandingan Elevasi Dasar Sungai Berdasarkan Hasil Analisis pada DEM DRONE, DEMNAS dan DEM SRTM. *Sigma Teknika*, 6(2), 471–478.