

Pengembangan Model Spasial Banjir untuk Mitigasi Bencana di DAS Kelara Kabupaten Jeneponto

Muhammad Rifaldi Mustamin¹, Sugiarto Badaruddin¹, Andi Muhammad Subhan Saiby¹,
Rut Handayani¹, Mustamin Tuwo², Muh. Rizal Mustamin²

¹Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

²Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sawerigading Makassar, Makassar

*Koresponden email: rifaldi.mustamin@poliupg.ac.id

Diterima: 30 Mei 2026

Disetujui: 6 Juni 2026

Abstract

Land-use conversion in the Kelara Watershed from forested areas to residential and agricultural land has increased surface runoff and river flood discharge. This condition has resulted in recurring flood events, with the most severe floods recorded on January 22, 2019, and June 12, 2020. This study aims to develop a spatial flood hazard model for the Kelara Watershed to support disaster mitigation efforts. Design flood discharge was estimated using the Soil Conservation Service Synthetic Unit Hydrograph (SCS-SUH) method implemented in HEC-HMS software. Flood inundation was then simulated using HEC-RAS, and the affected areas were mapped using ArcMap. The results indicate that nine residential areas have a high level of flood vulnerability, namely Monro-Monro, Sapanang, Balang Toa, Paitana, Empoang Utara, Sidendre, Kayuloe Barat, Balang, and Bonto Ma'tene. Sapanang Village, located in Binamu District, Jeneponto Regency, was identified as the area most severely affected by flooding. The inundated areas classified as low (<0.76 m), moderate (0.76–1.50 m), and high (>1.50 m) hazard levels covered 226.98 ha, 395.89 ha, and 302.24 ha, respectively. The Google Maps-based spatial model effectively disseminates flood hazard information due to its accessibility, informative visualization, and low implementation cost.

Keywords: *flood, hec-hms, hec-ras, flood spatial model, kelara river.*

Abstrak

Alih fungsi lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kelara dari kawasan berhutan menjadi area permukiman dan pertanian telah meningkatkan limpasan permukaan serta debit banjir sungai. Kondisi ini menyebabkan terjadinya banjir berulang, dengan kejadian terbesar tercatat pada 22 Januari 2019 dan 12 Juni 2020. Penelitian ini bertujuan menyusun model spasial kawasan rawan banjir di DAS Kelara sebagai dasar pendukung mitigasi bencana. Analisis debit banjir rencana dilakukan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) *Soil Conservation Service* (SCS) berbantuan perangkat lunak HEC-HMS. Selanjutnya, simulasi genangan banjir dilakukan menggunakan *HEC-RAS* dan hasilnya dipetakan dengan ArcMap. Hasil penelitian menunjukkan terdapat sembilan kawasan permukiman dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap banjir, yaitu Kelurahan Monro-Monro, Desa Sapanang, Kelurahan Balang Toa, Desa Paitana, Desa Empoang Utara, Kelurahan Sidendre, Desa Kayuloe Barat, Kelurahan Balang, dan Desa Bonto Ma'tene. Desa Sapanang, Kecamatan Binamu, Kabupaten Jeneponto merupakan wilayah dengan dampak banjir paling signifikan. Luas genangan banjir kategori rendah (<0.76 m), sedang (0.76–1.50 m), dan tinggi (>1.50 m) masing-masing mencapai 226.98 ha, 395.89 ha, dan 302.24 ha. Model spasial berbasis *Google Maps* yang dikembangkan mampu menyajikan informasi kawasan rawan banjir secara efektif, mudah diakses, dan ekonomis.

Kata Kunci: *banjir, hec-hms, hec-ras, model spasial banjir, sungai kelara*

1. Pendahuluan

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang paling sering terjadi di berbagai negara, termasuk Indonesia. Kondisi topografi wilayah Indonesia yang didominasi dataran rendah, daerah cekungan, serta wilayah pesisir menyebabkan potensi terjadinya banjir cukup tinggi [1], [2]. Kejadian banjir tidak hanya menimbulkan kerusakan infrastruktur, tetapi juga berdampak pada kerugian ekonomi, kerusakan lingkungan, hingga korban jiwa. Pertumbuhan aktivitas masyarakat di kawasan dataran banjir turut meningkatkan tingkat risiko dan kerentanan terhadap bencana banjir sehingga diperlukan langkah penanganan yang lebih terencana dan berkelanjutan [3], [4]. Upaya pengurangan risiko banjir memerlukan kajian menyeluruh terhadap kondisi eksisting sungai serta karakteristik hidrologinya. Analisis tersebut

penting dilakukan untuk mengidentifikasi segmen sungai yang berpotensi mengalami luapan sehingga dapat dirumuskan alternatif penanganan yang sesuai dari aspek hidraulika maupun tata ruang [5], [6].

Secara geografis, DAS Kelara berada pada koordinat $05^{\circ}32'71''$ – $05^{\circ}70'06''$ LS dan $119^{\circ}72'96''$ – $119^{\circ}89'07''$ BT. Secara administratif, wilayah DAS ini mencakup Kabupaten Gowa dan Kabupaten Jeneponto. Bagian hulu berada di Kabupaten Gowa yang meliputi Kecamatan Bontolempangan, Bongaya, Tompobulu, dan Biringbulu, sedangkan bagian hilir berada di Kabupaten Jeneponto yang meliputi Kecamatan Rumbia, Kelara, Turatea, dan Binamu. Luas keseluruhan DAS Kelara mencapai sekitar 39.112 Ha.

Perubahan tata guna lahan pada DAS Kelara, khususnya konversi kawasan hutan menjadi area pertanian dan permukiman, telah memengaruhi respon hidrologi DAS. Kondisi tersebut meningkatkan limpasan permukaan yang berdampak pada kenaikan debit sungai [7]. Penelitian sebelumnya pada DAS Karalloe yang merupakan bagian hulu DAS Kelara menunjukkan adanya peningkatan koefisien limpasan (C) dari 0,166 pada tahun 2009 menjadi 0,173 pada tahun 2018, sehingga memicu kenaikan debit banjir sekitar 7–8% [8].

Data kejadian bencana yang diperoleh dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana menunjukkan bahwa banjir di Kabupaten Jeneponto terjadi berulang pada tahun 2018 - 2020. Banjir besar pada 22 Januari 2019 menggenangi 11 kecamatan dengan tinggi genangan 50–600 cm, menyebabkan 15 korban meninggal dunia, 1 orang hilang, kerusakan 937 rumah, serta kerusakan 48 fasilitas umum. Selanjutnya pada 12 Juni 2020, banjir kembali merendam delapan kecamatan dan menyebabkan empat korban meninggal dunia serta kerusakan 136 rumah. Kejadian tersebut dipicu oleh curah hujan tinggi sebesar 149,19 mm dan 97,2 mm yang menyebabkan Sungai Kelara meluap [9].

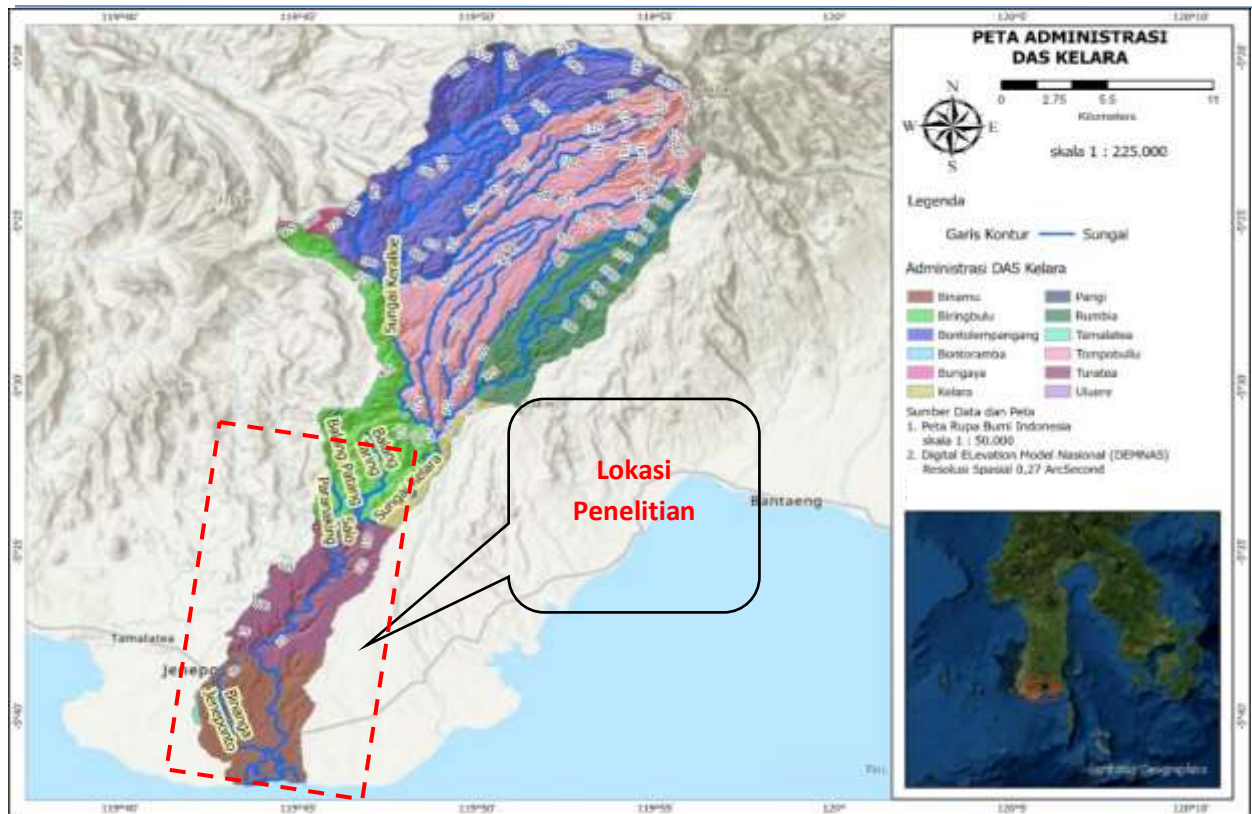
Salah satu langkah strategis dalam mitigasi banjir adalah penyusunan model kawasan rawan banjir yang dapat digunakan sebagai dasar sistem peringatan dini banjir. Selain itu, pemodelan spasial banjir juga penting dalam mendukung perencanaan infrastruktur, pengembangan kawasan, sistem transportasi, serta pengambilan keputusan terkait tata ruang dan perlindungan aset masyarakat. Melihat besarnya dampak banjir Sungai Kelara terhadap permukiman, fasilitas umum, lahan pertanian, dan keselamatan masyarakat, maka diperlukan pemodelan spasial daerah rawan banjir berbasis teknologi geospasial sebagai upaya untuk meminimalkan risiko bencana di Kabupaten Jeneponto.

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian berada di Sungai Kelara pada segmen *downstream* (muara) hingga middle stream sepanjang ± 35 km. Area ini dipilih karena hampir setiap tahun mengalami kejadian banjir. Lokasi penelitian ditunjukkan pada **Gambar 1**.

Penelitian ini menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) SCS dalam analisis hidrologi. Pemilihan metode tersebut mengacu pada penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa HSS SCS merupakan metode paling representatif untuk DAS Kelara berdasarkan analisis debit AWLR [10]. Metode HSS SCS mempertimbangkan karakteristik tanah dan tata guna lahan dalam pembentukan hidrograf satuan, serta dianalisis menggunakan perangkat lunak *HEC-HMS* versi 4.9 [11]. Data topografi pada penelitian ini berasal dari pengukuran penampang sungai yang kemudian dikombinasikan dengan data DEMNAS. DEM Nasional tersebut dibangun menggunakan integrasi beberapa sumber data, yaitu *IFSAR*, *TERRASAR-X*, *ALOS PALSAR*, serta data masspoint hasil stereoplotting, dengan resolusi spasial sebesar 8.4 meter dan menggunakan datum vertikal *EGM2008* [12], [13].

Analisis hidraulika dilakukan menggunakan simulasi banjir dua dimensi (2D) melalui perangkat lunak *HECRAS* versi 6.6 yang telah terintegrasi dengan *RAS Mapper*. Model *HECRAS 2D* unsteady flow memanfaatkan persamaan kontinuitas dan pendekatan Diffusion Wave untuk menghitung elevasi muka air pada interval waktu tertentu [14], [15]. Hasil simulasi genangan selanjutnya dipetakan menggunakan *ArcMap* untuk mengidentifikasi tingkat kerawanan banjir berdasarkan kedalaman genangan. Klasifikasi tingkat bahaya mengacu pada ketentuan BNPB, yaitu kedalaman $< 0,76$ m dikategorikan bahaya rendah, kedalaman $0,76 - 1,5$ m dikategorikan bahaya sedang, dan kedalaman $> 1,5$ m dikategorikan bahaya tinggi [16], [17]. Data spasial hasil pemetaan kemudian diintegrasikan ke dalam platform *Google Maps* agar informasi kawasan rawan banjir dapat diakses secara lebih luas dan praktis oleh masyarakat maupun pemerintah daerah.



Gambar 1: Peta Lokasi Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

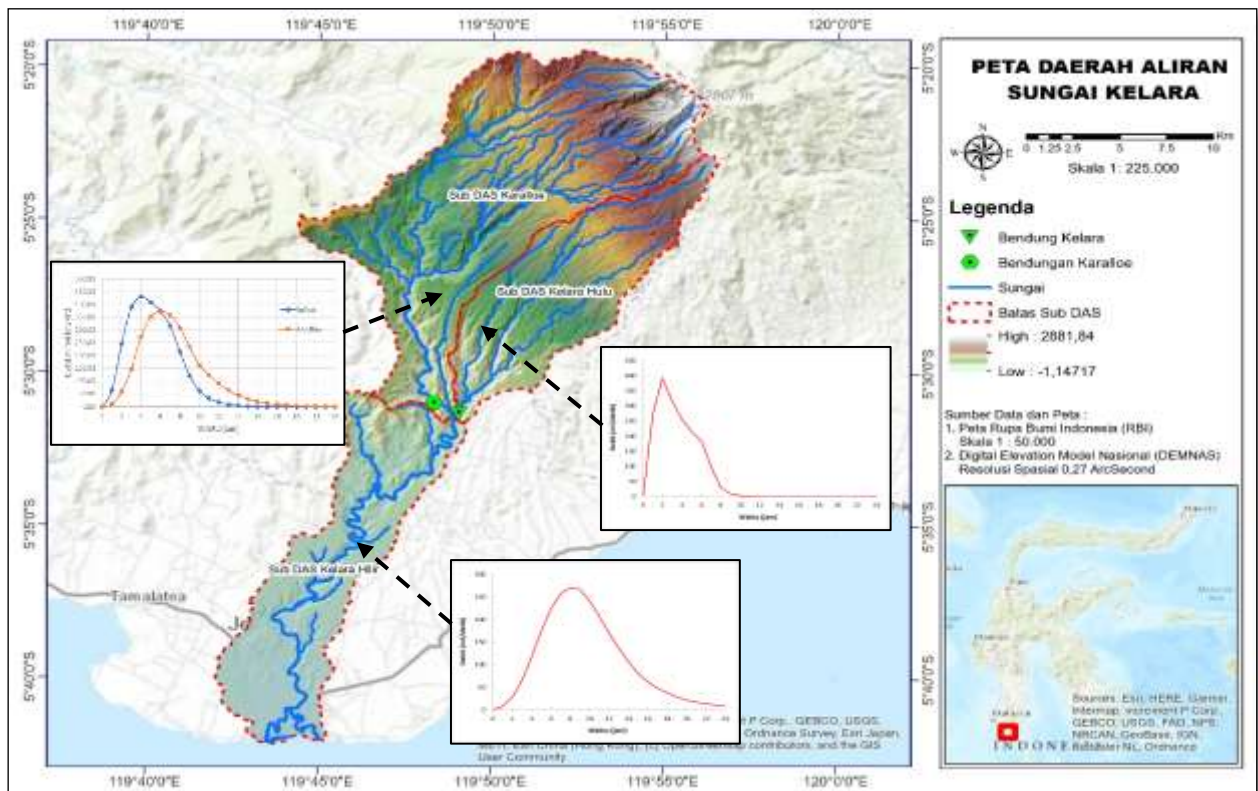
Debit Banjir Rancangan

Pada sungai yang memiliki keterbatasan data hidrograf banjir, perhitungan debit banjir perlu didukung oleh identifikasi karakteristik daerah tangkapan air, meliputi luas DAS, kemiringan wilayah, panjang alur sungai, penggunaan lahan, tipe tanah, serta nilai koefisien limpasan [18]. Parameter tersebut digunakan dalam perhitungan HSS SCS untuk memperoleh hidrograf banjir rencana.. Berdasarkan Peraturan Menteri Mengacu pada Peraturan Menteri PUPR Nomor 28/PRT/M/2015 tentang Garis Sempadan Sungai dan Danau, sungai yang berada di wilayah ibu kota kabupaten/kota harus dapat menampung Q10 – Q20 tahun. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan Q20 tahun sebagai dasar simulasi. Hasil analisis banjir rencana dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **Tabel 1**.

Tabel 1. Nilai Debit Banjir Rancangan Q20 Tahun DAS Kelara

t Jam	Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 20 Tahun (m ³ /det)			
	Sub DAS Karalloe	Sub DAS Kelara Hulu	Sub DAS Kelara Hilir	Superposisi
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	10.89	272.30	7.40	290.59
2	59.58	392.30	27.00	478.88
3	146.60	318.10	62.90	527.60
4	273.23	255.80	117.30	646.33
5	350.99	213.40	174.40	738.79
6	372.36	184.40	222.40	779.16
7	357.90	97.70	256.20	711.80
8	309.06	29.30	270.30	608.66
9	234.48	8.80	266.60	509.88
10	162.99	2.60	241.40	406.99
11	124.38	0.60	206.30	331.28
12	91.12	0.00	169.90	261.02
13	64.89	0.00	135.60	200.49
14	45.25	0.00	105.90	151.15
15	31.09	0.00	80.70	111.79
16	21.09	0.00	61.80	82.89
17	14.17	0.00	47.70	61.87

t Jam	Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 20 Tahun (m ³ /det)			
	Sub DAS Karalloe	Sub DAS Kelara Hulu	Sub DAS Kelara Hilir	Superposisi
18	9.44	0.00	36.80	46.24
19	6.25	0.00	28.40	34.65
20	4.14	0.00	21.80	25.94
21	2.74	0.00	16.80	19.54
22	1.82	0.00	13.00	14.82
23	1.20	0.00	10.00	11.20
24	0.80	0.00	7.70	8.50
Qmaks	372.36	392.30	270.30	779.16

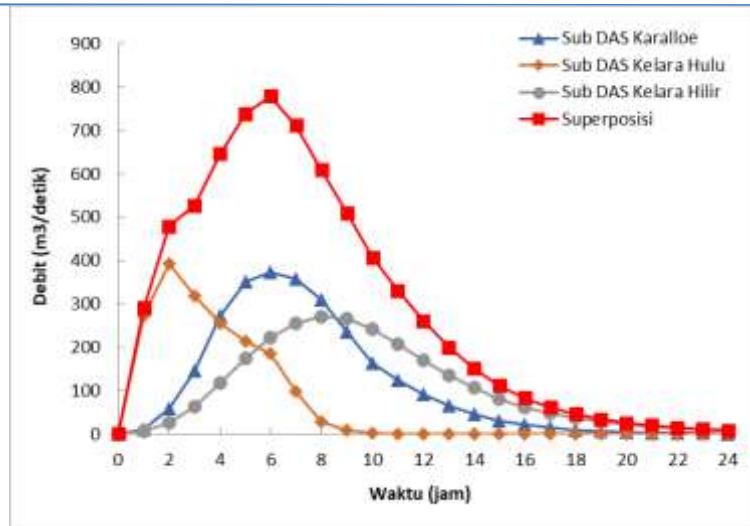


Gambar 2: Hasil Analisis Perhitungan Debit Banjir Rancangan Q20 Tahun

Hasil perhitungan memperlihatkan bahwa setiap sub DAS menghasilkan pola hidrograf yang berbeda-beda karena adanya perbedaan karakteristik wilayah dan respons hidrologi terhadap curah hujan yang terjadi. Pada Sub DAS Karalloe, analisis juga mempertimbangkan keberadaan Bendungan Karalloe yang memengaruhi kondisi hidrograf inflow maupun outflow. Selanjutnya, debit outflow dari bendungan tersebut dikombinasikan melalui proses superposisi dengan debit dari dua sub DAS lainnya untuk mendapatkan debit total pada DAS Kelara.

Kalibrasi model dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi terhadap kondisi lapangan. Namun, keterbatasan data AWLR akibat kerusakan alat di Sungai Kelara menyebabkan pendekatan dilakukan menggunakan data tinggi muka air banjir historis. Pada kejadian banjir 12 Juni 2020, muka air banjir di Bendung Kelara mencapai sekitar 3,25 m di atas mercu bendung dengan debit estimasi sebesar 390.0 m³/det. Nilai tersebut menunjukkan hasil yang mendekati debit analisis kala ulang 20 tahun (Q20) pada Sub DAS Kelara Hulu sebesar 392,3 m³/det, sehingga simulasi yang dilakukan dianggap mampu merepresentasikan kondisi aktual di lapangan dengan cukup baik. Adapun hasil superposisi debit dalam bentuk hidrograf ditampilkan pada **Gambar 3**.

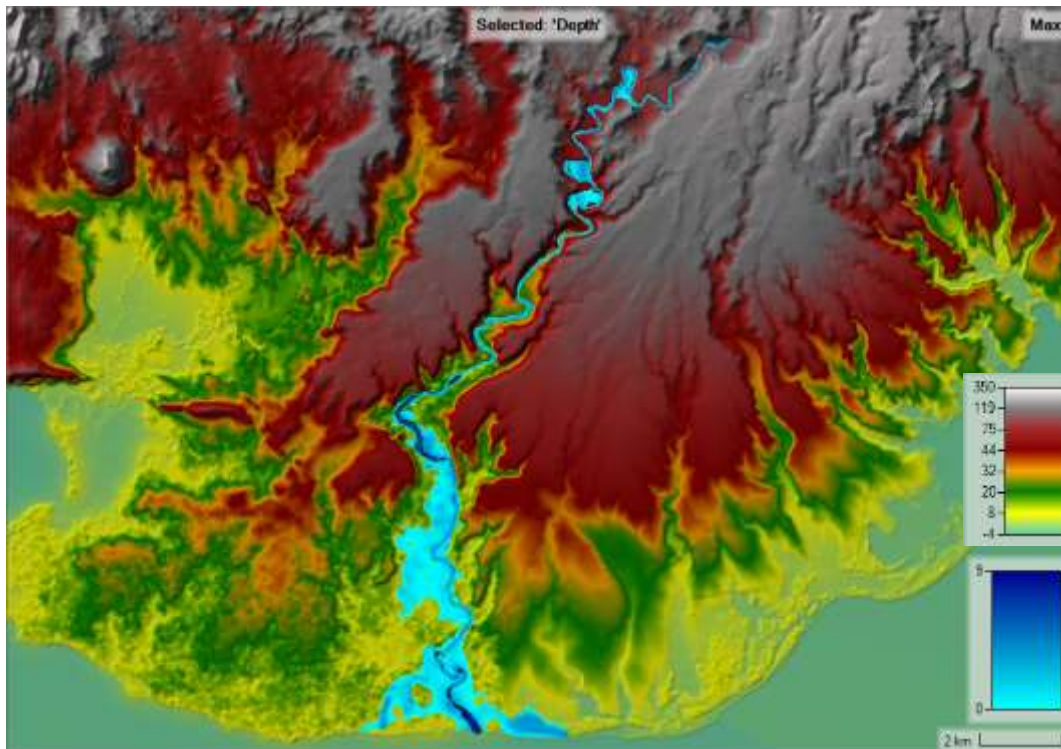
Gambar 3 memperlihatkan bahwa setiap sub DAS menghasilkan pola hidrografi yang tidak sama. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh karakteristik hidrologi dan respons masing-masing sub DAS terhadap curah hujan yang terjadi pada wilayah tangkapan air.



Gambar 3: Hidrografi Superposisi Debit Banjir Rencana Kala Ulang 20 Tahun DAS Kelara

Pemodelan Banjir 2D HEC-RAS

Pemodelan banjir dilakukan dengan memanfaatkan hidrograf rencana, data penampang sungai, serta DEMNAS sebagai data utama. Analisis genangan diterapkan menggunakan pendekatan aliran tak permanen (*unsteady flow*) metode *Diffusion Wave* dengan interval komputasi satu detik guna memperoleh distribusi limpasan secara lebih detail akibat luapan Sungai Kelara. Adapun hasil simulasi banjir dua dimensi menggunakan *HEC-RAS* disajikan pada Gambar 4.

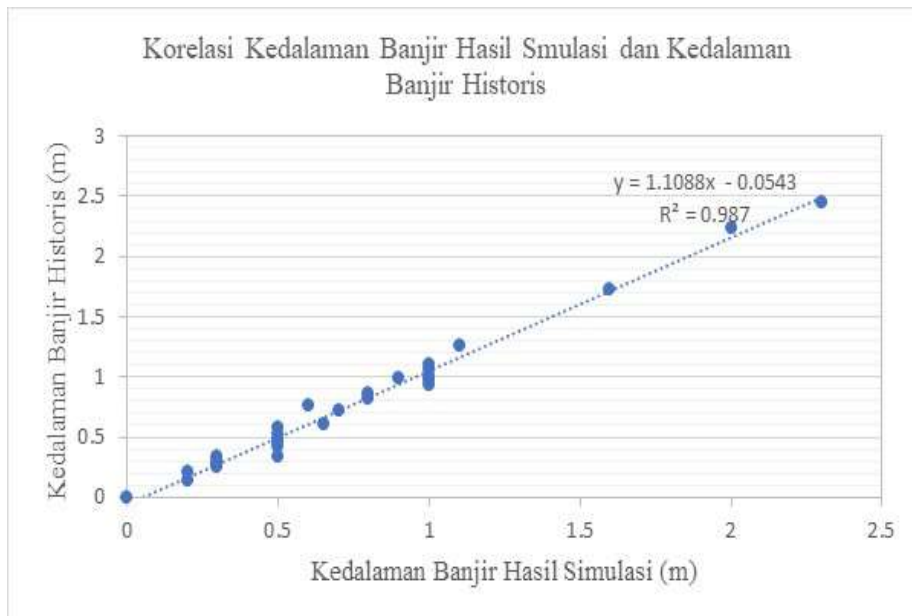


Gambar 4: Hasil Pemodelan Numerik Banjir Dua Dimensi (2D) Sungai Kelara

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa limpasan banjir lebih dominan terjadi pada beberapa lokasi di bagian middle stream, terutama pada sisi kanan alur sungai. Sementara itu, pada bagian downstream, luapan air terjadi hampir di seluruh area yang berada di sekitar sungai. Proses validasi model dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi terhadap data kedalaman banjir historis yang diperoleh melalui survei lapangan dan wawancara masyarakat saat kejadian banjir tanggal 12 Juni 2020. Informasi mengenai kedalaman banjir historis beserta perbandingan antara hasil simulasi dan kondisi aktual ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5: Perbandingan Kedalaman Genangan Hasil Simulasi dengan Banjir Historis Tanggal 12 Juni 2020

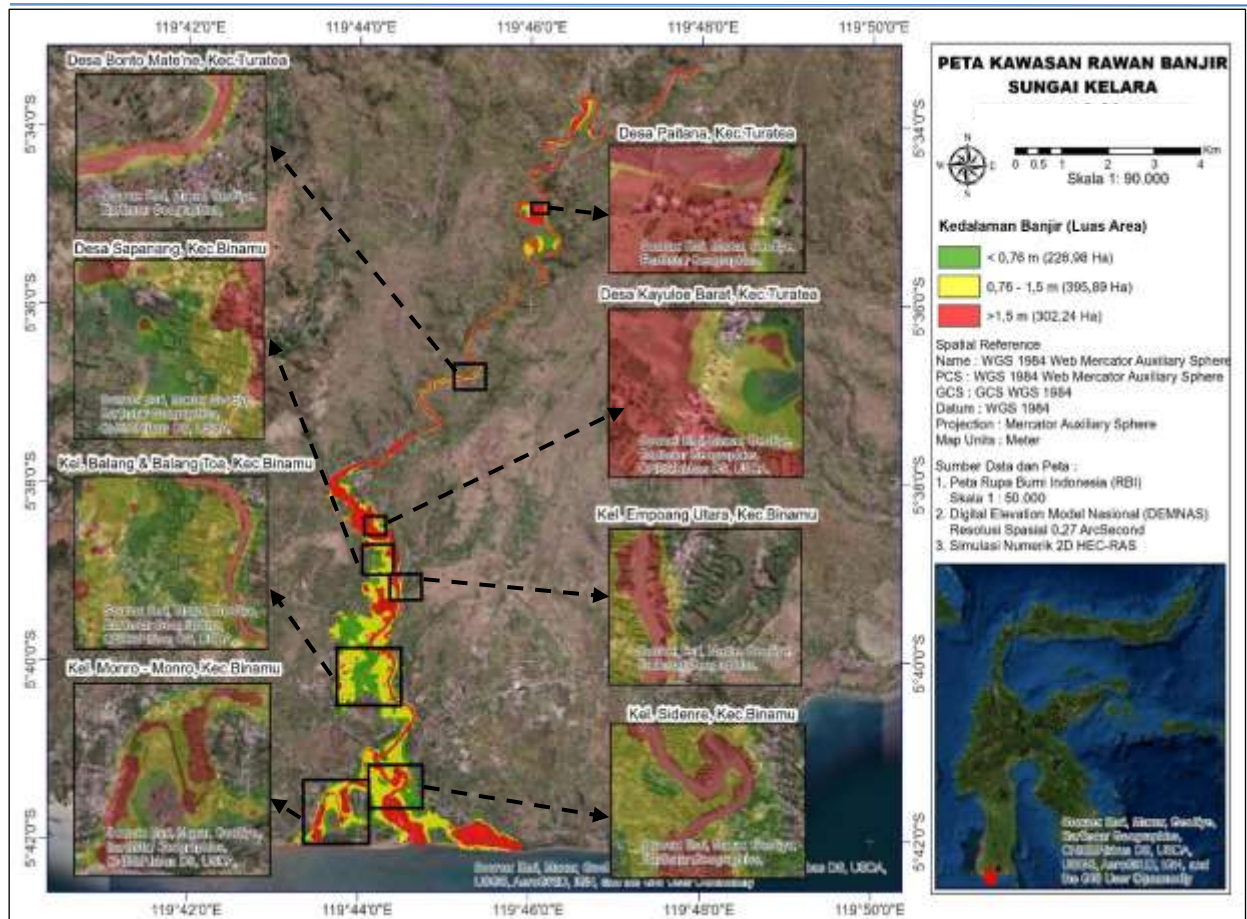


Gambar 6: Hubungan Korelasi antara Data Hasil Simulasi dan Data Banjir Historis

Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,987 yang menandakan hubungan sangat kuat antara data simulasi dan kondisi aktual di lapangan. Dengan demikian, model *HEC-RAS 2D* dinilai layak digunakan untuk pemetaan kawasan rawan banjir.

Model Spasial Kawasan Rawan Banjir

Tahap selanjutnya setelah pelaksanaan simulasi banjir adalah penyusunan peta kerawanan banjir berbasis spasial. Tingkat bahaya banjir pada penelitian ini dibedakan menjadi tiga kategori berdasarkan kedalaman genangan, yaitu tingkat bahaya rendah, sedang, dan tinggi. Hasil klasifikasi kawasan rawan banjir tersebut ditampilkan pada **Gambar 7**.



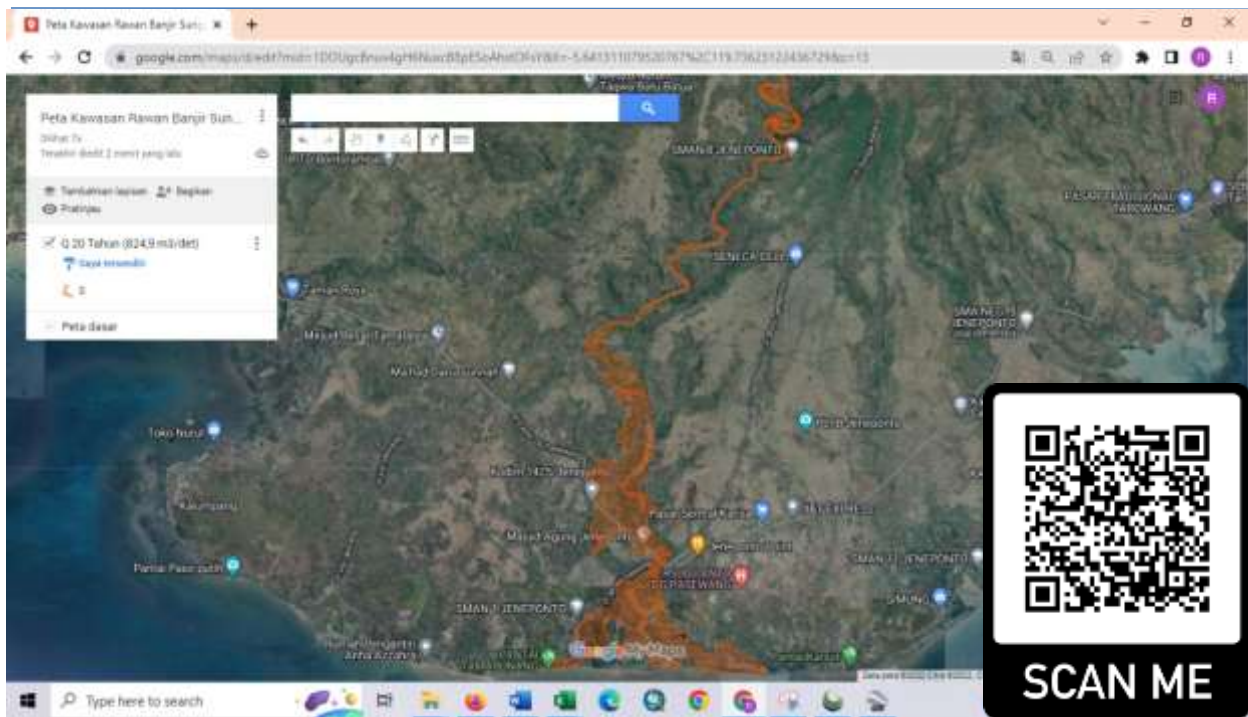
Gambar 7: Peta Sebaran Kawasan Rawan Banjir Sungai Kelara

Hasil pemetaan menunjukkan terdapat sembilan kawasan permukiman dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap banjir, yaitu Kelurahan Monro-Monro, Desa Sapanang, Kelurahan Balang Toa, Desa Paitana, Desa Empoang Utara, Kelurahan Sidendre, Desa Kayuloe Barat, Kelurahan Balang, dan Desa Bonto Ma'tene.

Sebaran luas genangan banjir Sungai Kelara yang berada pada empat kecamatan menunjukkan variasi tingkat bahaya banjir di setiap wilayah. Pada Kecamatan Binamu, Kabupaten Jeneponto, luas genangan dengan kategori bahaya rendah (<0,76 m) mencapai 192,09 Ha, kategori sedang (0,76–1,5 m) sebesar 338,12 Ha, sedangkan kategori tinggi (>1,5 m) mencapai 177,17 Ha.

Kecamatan Kelara, Kabupaten Jeneponto, area genangan untuk tingkat bahaya rendah tercatat seluas 0,62 Ha, tingkat sedang sebesar 1,33 Ha, dan tingkat tinggi mencapai 7,06 Ha. Sementara itu, Kecamatan Turatea memiliki luas genangan kategori rendah sebesar 32,70 Ha, kategori sedang 54,38 Ha, dan kategori tinggi mencapai 112,09 Ha. Pada Kecamatan Biringbulu, Kabupaten Gowa, luas genangan banjir dengan tingkat bahaya rendah tercatat 1,57 Ha, tingkat bahaya sedang 2,06 Ha, dan tingkat bahaya tinggi sebesar 5,93 Ha.

Untuk meningkatkan efektivitas penyebaran informasi, data spasial kawasan rawan banjir diintegrasikan ke dalam *Google Maps* sehingga dapat diakses secara langsung melalui telepon pintar maupun komputer menggunakan *QR Code* yang dapat dilihat pada **Gambar 8**



Gambar 8: Visualisasi Model Kawasan Rawan Banjir Berbasis Google Maps

Selain mudah diakses, model ini juga dapat dibuka dalam format KMZ maupun SHP melalui berbagai aplikasi seperti *ArcGIS*, *Google Earth*, dan *AutoCAD*. Pemanfaatan Google Maps sebagai media penyebaran informasi dinilai lebih efektif dibandingkan peta konvensional karena tidak membutuhkan biaya tambahan, lebih praktis, dan mampu menyajikan informasi detail terkait permukiman terdampak banjir.

4. Kesimpulan

Hasil simulasi numerik dua dimensi menggunakan *HEC-RAS* yang dipadukan dengan pemetaan kawasan rawan banjir menunjukkan terdapat sembilan kawasan permukiman dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap banjir saat curah hujan meningkat. Wilayah tersebut meliputi Kelurahan Monro-Monro, Desa Sapanang, Kelurahan Balang Toa, Desa Paitana, Desa Empoang Utara, Kelurahan Sidendre, Desa Kayuloe Barat, Kelurahan Balang, dan Desa Bonto Ma'tene. Area dengan dampak banjir paling signifikan berada di Desa Sapanang, Kecamatan Binamu, Kabupaten Jeneponto.

Berdasarkan hasil klasifikasi tingkat kerawanan banjir, luas genangan pada kategori bahaya rendah (<0.76 m) tercatat sebesar 226,98 Ha. Untuk kategori bahaya sedang ($0.76-1.5$ m) diperoleh luas genangan sebesar 395.89 Ha, sedangkan kategori bahaya tinggi (>1.5 m) mencapai 302.24 Ha.

Penerapan model spasial berbasis *Google Maps* dinilai efektif sebagai media pemetaan kawasan rawan banjir dibandingkan penggunaan peta konvensional. Selain mudah diakses dan tidak memerlukan biaya tambahan, model ini juga mampu menyajikan informasi lokasi permukiman terdampak banjir secara lebih rinci dan informatif.

5. Referensi

- [1] R. Karamma, S. Badaruddin, M. R. Mustamin, and Z. Saing, "Evaluating the Role of Infiltration Wells in Sustainable Drainage Systems: A Case Study in Sengkang City, Indonesia," *J. Water Manag. Model.*, vol. 34, no. C573, 2026, doi: <https://doi.org/10.14796/JWMM.C573>.
- [2] T. D. Putri, W. A. Zakaria, K. Murniati, A. Herison, and D. Yulianan, "Pemanfaatan Ruang Berbasis Mitigasi Bencana Banjir di Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan," *J. Ilmu Multidisiplin*, vol. 5, no. 1, pp. 569–585, 2026, doi: <https://doi.org/10.38035/jim.v5i1.1800>.
- [3] A. R. Suleman, S. Badaruddin, M. Mustamin, Z. Saing, and M. R. Mustamin, "Flood Mitigation of Bila River in Sidrap Regency Indonesia Based on Eco-Drainage Retention Pond," *Water Pract. Technol.*, vol. 18, no. 5, pp. 1184–1195, May 2023, doi: 10.2166/wpt.2023.051.
- [4] R. Handayani *et al.*, "Simulasi Banjir Sungai Bila dan Evaluasi Efektivitas Penanganannya Berbasis Model HEC-HMS dan HEC-RAS," *J. Appl. Civ. Environ. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 25–36, 2025, doi:

- <https://doi.org/10.31963/jacee.v5i1.5408>.
- [5] R. Karamma, S. Badaruddin, M. R. Mustamin, and M. I. Mukrim, "Flood Risk Assessment and Mitigation Strategies for the Sinjai and Tangka River Catchments in Indonesia using Hydraulic Modeling and Spatial Analysis," *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 15, no. 2, pp. 20623–20634, Apr. 2025, doi: 10.48084/etasr.9837.
- [6] M. R. Mustamin, F. Maricar, and M. P. Hatta, "Effects of Nipa-Nipa Regulation Pond on Flood Control of Tallo River," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Jan. 2023, vol. 1134, no. 1, p. 012002. doi: 10.1088/1755-1315/1134/1/012002.
- [7] S. Samsuar and M. T. Sapsal, "Analisis Ketersediaan Air pada DAS Kelara dalam Mendukung Program Percetakan Sawah Baru di Kabupaten Jeneponto," *J. Agritechno*, pp. 26–34, Apr. 2018, doi: 10.20956/at.v11i1.84.
- [8] K. Riswal and A. S. Sukri, "Kajian Koefisien Aliran Terhadap Perubahan Debit Banjir Pada DAS Karalloe Dengan Aplikasi ArcGIS," *semanTIK*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2020, doi: DOI: 10.5281/zenodo.3818243.
- [9] "Daftar Informasi Bencana Indonesia (DIBI)," *Badan Nasional Penanggulangan Bencana*, 2021. <https://dibi.bnpb.go.id>
- [10] M. R. Mustamin, F. Maricar, and R. Karamma, "Hydrological Analysis In Selecting Flood Discharge Method In Watershed Of Kelara River," *INTEK J. Penelit.*, vol. 8, no. 2, p. 141, Dec. 2021, doi: 10.31963/intek.v8i2.2874.
- [11] M. R. Mustamin, F. Maricar, R. T. Lopa, and R. Karamma, "Flood Discharge Using Creager Graph Based on DAM Data in Jeneberang River Region," *6th Int. Symp. Infrastruct. Dev. (6th ISID)*, p. 237, 2025.
- [12] H. Nirwana, A. Afrisal, N. Inayah, U. Maulidia, and Nurmadinah, "Implementasi Algoritma D8 untuk Pencarian Titik Terendah pada Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS)," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform.*, pp. 269–273, 2022.
- [13] S. Irene, P. Persadanta, and W. Adrian, "Airport Plan Topographic Examination: Accuracy Analysis By DEMNAS and Aster GDEM Method In Terrestrial Surveys," *J. Airt. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 12–21, 2023, doi: <https://doi.org/10.52989/jaet.v4i1.116>.
- [14] M. R. Mustamin, F. Maricar, R. T. Lopa, and R. Karamma, "Integration of UH SUH, HEC-RAS, and GIS in Flood Mitigation with Flood Forecasting and Early Warning System for Gilireng Watershed, Indonesia," *Earth*, vol. 5, no. 3, pp. 274–293, Jul. 2024, doi: 10.3390/earth5030015.
- [15] A. S. 2017 Alzahrani, "Application Of Two-Dimensional Hydraulic Modeling In Riverine System Using HEC - RAS," Universitas Dayton, 2017.
- [16] A. Urbanus, R. L. E. Sela, and A. E. Tungka, "Mitigasi Bencana Banjir Struktural dan Non-Struktural di Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan," *J. Spasial*, vol. 8, no. 3, pp. 443–458, 2021, doi: <https://doi.org/10.35793/sp.v8i3.36350>.
- [17] D. Fitriani, E. Suhartanto, and U. Andawayanti, "Studi Pemetaan Daerah Rawan Banjir Berbasis Sistem Informasi Geografis Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Pada DAS Welang," *J. Teknol. dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 4, no. 2, pp. 1323–1337, 2024, doi: <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.02.135>.
- [18] A. R. Suleman, H. Djufri, M. R. Mustamin, and M. L. Palembang, "Structural Mitigation of Bila River, Sidrap Regency," *Turkish J. Comput. Math. Educ.*, vol. 12, no. 6, pp. 3573–3577, 2021.