

Kajian Hidrologi-Hidrolika Banjir di Sungai Ancar, Kota Mataram Akibat Hujan Tanggal 6 Juli 2025

Ihza Mei Ardana¹, M. Khalis Ilmi², Ari Ramadhan Hidayat³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Mataram, Mataram, Indonesia

danufmly@gmail.com

ABSTRACT

Keywords:

Floods,
Ancar River,
Hydrology,
Hydraulics,
HEC-RAS,
Nakayasu HSS.

Abstract: The flood event that occurred in Mataram City on July 6, 2025, highlights the need to evaluate the relationship between rainfall characteristics, discharge generation, and the capacity of the Ancar River. This study aims to investigate the hydrological and hydraulic characteristics of the flood and to evaluate the capacity of the Ancar River cross-sections to convey the flood discharge during the event and under several return periods. The hydrological analysis used rainfall data from three stations, namely Sesaot, Bertais, and Gunungsari, covering the period from 2010 to 2024. Areal rainfall was calculated using the Thiessen Polygon method, data consistency was assessed using the Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS) method, rainfall distributions were analyzed using the Log-Pearson Type III distribution, rainfall intensity was calculated using the Mononobe method, and effective rainfall was transformed into a hydrograph using the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph (SUH) method. Hydraulic analysis was conducted using HEC-RAS 6.6 through an Unsteady Flow simulation with river geometry derived from a Digital Elevation Model (DEM). The results indicate that the areal rainfall on July 6, 2025, was 152.65 mm, which was closest to the 25-year return-period design rainfall of 155.84 mm. The peak discharge generated by the Nakayasu SUH reached 57.93 m³/s. The simulation results indicate that the existing capacity of the Ancar River was insufficient to accommodate this discharge. The percentage of safe cross-sections decreased from 34.13% for the 2-year return period to 0% for the 25-year return period, while the proportion of unsafe cross-sections increased from 65.87% to 100%. These findings indicate a high vulnerability of the river's conveyance capacity and highlight the need for capacity enhancement and flood mitigation measures. The identified contributing factors include extreme rainfall, changes in riverbed elevation, differences in bank elevations, relatively small cross-sectional dimensions, non-uniform Manning's roughness coefficients, and sediment deposition at several locations. The findings can serve as a basis for technical evaluation and flood preparedness along the Ancar River.

Kata Kunci:

Banjir,
Sungai Ancar,
Hidrologi,
Hidrolika,
HEC-RAS,
HSS Nakayasu.

Abstrak: Banjir pada 6 Juli 2025 di Kota Mataram menunjukkan perlunya evaluasi hubungan antara karakteristik hujan, pembentukan debit, dan kapasitas Sungai Ancar. Penelitian ini bertujuan mengkaji karakteristik hidrologi-hidrolika banjir serta mengevaluasi kemampuan penampang Sungai Ancar terhadap debit banjir pada kejadian tersebut dan beberapa kala ulang. Analisis hidrologi menggunakan data curah hujan tiga stasiun, yaitu Sesaot, Bertais, dan Gunungsari, periode 2010–2024. Curah hujan wilayah dihitung dengan Polygon Thiessen, konsistensi data diuji menggunakan Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS), distribusi hujan dianalisis dengan Log Pearson Tipe III, intensitas hujan dihitung dengan Mononobe, kemudian hujan efektif ditransformasikan menjadi hidrograf menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu. Analisis hidrolika dilakukan dengan HEC-RAS 6.6 menggunakan simulasi Unsteady Flow dan geometri sungai berbasis Digital Elevation Model (DEM). Hasil menunjukkan curah hujan wilayah 6 Juli 2025 sebesar 152,65 mm dan paling mendekati hujan rancangan kala ulang 25 tahun sebesar 155,84 mm. Debit puncak HSS Nakayasu mencapai 57,93 m³/det. Simulasi menunjukkan kapasitas eksisting Sungai Ancar belum mampu menampung debit tersebut. Persentase penampang aman menurun dari 34,13% pada kala ulang 2 tahun menjadi 0% pada kala ulang 25 tahun, sedangkan kondisi tidak aman meningkat dari 65,87% menjadi 100%. Temuan ini menunjukkan kerentanan kapasitas sungai yang tinggi dan perlunya peningkatan kapasitas serta mitigasi banjir. Faktor penyebab yang teridentifikasi meliputi hujan ekstrem, perubahan elevasi dasar sungai, perbedaan elevasi tebing, penampang relatif kecil, ketidakseragaman kekasaran Manning, dan sedimentasi pada beberapa titik. Hasil kajian dapat menjadi dasar evaluasi teknis dan kesiapsiagaan banjir di sepanjang Sungai Ancar.

Article History:

Received : 01-10-2026

Accepted : 30-11-2026



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

A. PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang berkaitan erat dengan karakteristik hujan, kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS), serta kemampuan sungai dalam mengalirkan debit. Pada kawasan perkotaan, peningkatan aktivitas dan perubahan penggunaan lahan dapat memperbesar limpasan permukaan sehingga tekanan terhadap sistem drainase alami dan buatan semakin tinggi. Kajian banjir karena itu perlu menghubungkan proses hidrologi yang mengubah hujan menjadi debit dengan analisis hidrolika yang mengevaluasi respons penampang sungai terhadap debit tersebut.

Kota Mataram mengalami kejadian banjir pada 6 Juli 2025 yang berdampak pada beberapa wilayah di sekitar Sungai Ancar. Data pemantauan menunjukkan curah hujan harian sebesar 91,5 mm di Stasiun Sesaot, 182,4 mm di Stasiun Bertais, dan 22,0 mm di Stasiun Gunungsari. Kejadian tersebut menunjukkan adanya hujan dengan intensitas tinggi di DAS Ancar dan memperlihatkan pentingnya evaluasi kapasitas sungai terhadap debit banjir. Pemodelan banjir berbasis hidrologi dan hidrolika telah banyak digunakan untuk menilai kapasitas sungai serta potensi limpasan pada kondisi ekstrem (Iliadis et al., 2023; Suyarto et al., 2023).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa integrasi hidrograf banjir dengan HEC-RAS dapat digunakan untuk mengevaluasi kapasitas sungai dan mendukung mitigasi banjir. Saputra (2019) menggunakan pendekatan hidrologi-hidrolika untuk mengkaji banjir pada DAS Opak, sedangkan Sideng et al. (2023) memanfaatkan HEC-RAS 2D dan GIS untuk analisis bahaya banjir secara spasial. Mustamin et al. (2024) mengintegrasikan hidrograf satuan, HEC-RAS, dan GIS dalam sistem mitigasi dan peringatan dini. Penelitian ini berbeda karena berfokus pada kejadian aktual 6 Juli 2025 di DAS Ancar dan mengevaluasi keamanan penampang Sungai Ancar terhadap debit kala ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun menggunakan HSS Nakayasu dan HEC-RAS 6.6.

Tujuan penelitian adalah mengkaji karakteristik hidrologi dan hidrolika banjir Sungai Ancar akibat hujan 6 Juli 2025, menentukan debit banjir yang dihasilkan, mengevaluasi kemampuan penampang sungai terhadap debit banjir pada beberapa kala ulang, serta mengidentifikasi faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya luapan. Hasil kajian diharapkan menjadi informasi teknis untuk evaluasi kapasitas sungai dan penguatan kesiapsiagaan banjir di kawasan sekitar Sungai Ancar.

B. METODE

1. Lokasi dan Data Penelitian

Penelitian dilakukan pada DAS Ancar yang berada di wilayah Kota Mataram dan Kabupaten Lombok Barat. Data utama meliputi curah hujan harian Stasiun Sesaot, Bertais, dan Gunungsari selama 2010–2024, data hujan 6 Juli 2025, data debit Sungai Ancar 2010–2024, karakteristik DAS dan sungai, data tutupan lahan, serta *Digital Elevation Model* (DEM). Data curah hujan dan debit diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, sedangkan data spasial digunakan untuk mendukung penentuan karakteristik DAS dan geometri sungai. Penggunaan data tersebut mengikuti basis data yang digunakan dalam skripsi dan tidak menambahkan data baru di luar sumber penelitian. Komposisi data dan parameter utama yang digunakan dalam analisis diringkas pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter utama analisis

Parameter	Nilai / sumber	Keterangan
Periode data hujan	2010–2024	15 tahun
Stasiun hujan	Sesaot; Bertais; Gunungsari	Data harian
Luas DAS	22,78 km ²	DAS Ancar
Panjang sungai	16,728 km	Parameter HSS Nakayasu
Koefisien limpasan	0,33	Rata-rata tertimbang tutupan lahan
Base flow	0,71 m ³ /det	Rata-rata debit minimum 2010–2024

Parameter	Nilai / sumber	Keterangan
Manning n	0,030	Saluran alami
Friction slope	0,009	Kondisi batas hilir

2. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi diawali dengan penentuan curah hujan wilayah menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Konsistensi data hujan diuji dengan *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS), kemudian dilakukan analisis frekuensi dan uji kesesuaian distribusi. Distribusi Log Pearson Tipe III dipilih untuk menentukan hujan rancangan. Intensitas hujan jam-jaman dihitung dengan metode Mononobe dan selanjutnya ditentukan curah hujan efektif berdasarkan koefisien limpasan rata-rata DAS. Koefisien limpasan ditentukan secara tertimbang berdasarkan jenis tutupan lahan, sehingga karakteristik ruang DAS tetap diperhitungkan dalam transformasi hujan menjadi limpasan.

Transformasi hujan efektif menjadi debit banjir dilakukan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu. Karakteristik DAS yang digunakan dalam perhitungan meliputi panjang sungai 16,728 km dan luas DAS 22,78 km². Waktu konsentrasi diperoleh sebesar 1,3702 jam, waktu satuan hujan sekitar 1 jam, dan waktu puncak hidrograf sekitar 2 jam. Debit aliran dasar dihitung dari rata-rata debit minimum tahunan 2010–2024 dan diperoleh sebesar 0,71 m³/det. Debit hasil HSS selanjutnya digunakan sebagai input hidrograf pada pemodelan hidrolika.

3. Analisis Hidrolika

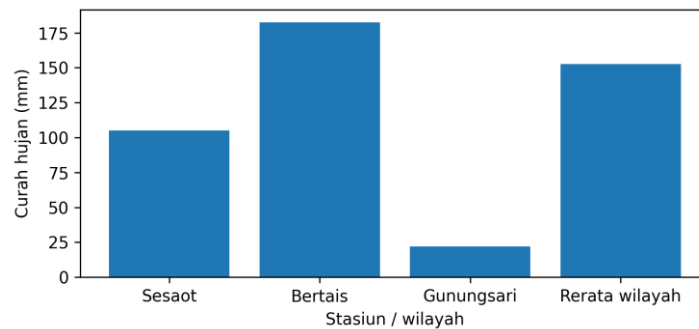
Analisis hidrolika dilakukan dengan HEC-RAS 6.6 menggunakan pendekatan satu dimensi dan simulasi Unsteady Flow. Geometri sungai dibentuk berdasarkan data penampang dan DEM, sedangkan nilai koefisien Manning yang digunakan adalah 0,030. Kondisi batas hulu menggunakan hidrograf debit banjir rancangan, sedangkan kondisi batas hilir menggunakan metode normal depth dengan friction slope sebesar 0,009. Evaluasi keamanan penampang dilakukan dengan membandingkan elevasi muka air hasil simulasi terhadap elevasi tebing sungai. Penampang dikategorikan aman apabila muka air masih berada di bawah tebing dan tidak aman apabila muka air melampaui elevasi tebing.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Hujan dan Limpasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa curah hujan wilayah pada 6 Juli 2025 sebesar 152,65 mm. Nilai tersebut paling mendekati hujan rancangan kala ulang 25 tahun sebesar 155,84 mm sehingga kejadian aktual berada pada kondisi hujan yang relatif jarang tetapi berpotensi menghasilkan dampak besar. Pada analisis hujan jam-jaman, curah hujan yang digunakan untuk transformasi menjadi limpasan terdiri atas 91,136 mm pada jam pertama, 23,688 mm pada jam kedua, 16,617 mm pada jam ketiga, 13,229 mm pada jam keempat, dan 11,171 mm pada jam kelima. Dengan koefisien limpasan rata-rata 0,33, curah hujan efektif pada lima jam tersebut masing-masing menjadi 30,075; 7,817; 5,484; 4,365; dan 3,686 mm.

Penentuan koefisien limpasan mempertimbangkan empat kelompok tutupan lahan pada DAS Ancar. Perkotaan seluas 5,24 km² menggunakan koefisien 0,80, pertanian lahan kering campur seluas 3,46 km² menggunakan 0,20, sawah seluas 12,49 km² menggunakan 0,15, dan pemukiman seluas 1,58 km² menggunakan 0,50. Hasil pembobotan luas dan koefisien menghasilkan nilai rata-rata 0,33. Pendekatan tertimbang ini digunakan karena nilai koefisien limpasan tidak seragam antarjenis tutupan lahan, sehingga penggunaan satu nilai tanpa mempertimbangkan komposisi DAS dapat mengabaikan variasi karakteristik permukaan. Perbandingan curah hujan pada tiga stasiun dan curah hujan wilayah hasil perhitungan ditampilkan pada Gambar 1 untuk memperlihatkan variasi spasial hujan pada kejadian 6 Juli 2025.



Gambar 1. Perbandingan curah hujan 6 Juli 2025 pada stasiun hujan dan curah hujan wilayah

2. Debit Banjir Hasil HSS Nakayasu

Hasil HSS Nakayasu menghasilkan debit banjir puncak kala ulang 25 tahun sebesar 57,93 m³/det yang terjadi pada jam ke-2 sejak awal hujan efektif. Hidrograf ini kemudian digunakan sebagai input pada simulasi *Unsteady Flow* HEC-RAS 6.6. Hasil tersebut menjadi penghubung utama antara analisis hidrologi dan hidrolika, karena debit puncak dan perubahan debit terhadap waktu digunakan untuk menguji kemampuan penampang sungai. Pendekatan transformasi hujan menjadi hidrograf kemudian diteruskan ke model hidrolika sejalan dengan penggunaan integrasi model hidrologi-hidrolika pada penelitian banjir sebelumnya (Mustamin et al., 2024; Suyarto et al., 2023).

Parameter HSS menunjukkan waktu konsentrasi 1,3702 jam, waktu satuan hujan sekitar 1 jam, dan waktu puncak sekitar 2 jam. Debit puncak 57,93 m³/det terjadi pada waktu ke-2 jam, sehingga hidrograf tersebut digunakan sebagai input utama untuk simulasi *Unsteady Flow*. Hasil ini menegaskan bahwa puncak debit terjadi relatif cepat setelah hujan efektif, sehingga respons sungai terhadap hujan ekstrem perlu diperhitungkan dalam evaluasi kapasitas. Ringkasan hasil hidrologi yang paling berpengaruh terhadap simulasi hidrolika disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan hasil analisis hidrologi

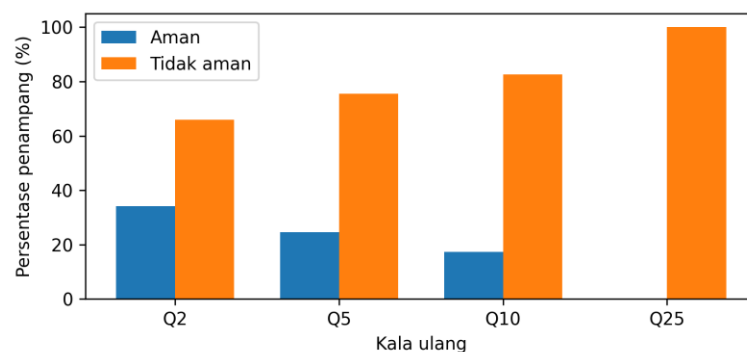
Hasil hidrologi	Nilai
Curah hujan wilayah 6 Juli 2025	152,65 mm
Hujan rancangan kala ulang 25 tahun	155,84 mm
Hujan rancangan kala ulang 2 tahun	91,39 mm
Hujan rancangan kala ulang 5 tahun	122,57 mm
Hujan rancangan kala ulang 10 tahun	138,97 mm
Koefisien limpasan rata-rata	0,33
Base flow	0,71 m ³ /det
Debit puncak HSS Nakayasu kala ulang 25 tahun	57,93 m ³ /det
Debit puncak HSS Nakayasu kala ulang 2 tahun	34,99 m ³ /det
Debit puncak HSS Nakayasu kala ulang 5 tahun	46,09 m ³ /det
Debit puncak HSS Nakayasu kala ulang 10 tahun	51,926 m ³ /det
Waktu puncak	2 jam

3. Kapasitas hidrolika Sungai Ancar

Hasil simulasi HEC-RAS menunjukkan bahwa muka air pada sejumlah penampang melampaui elevasi tebing sungai. Pada Station 9200 di sekitar Perumahan Riverside Park Residence, muka air mencapai elevasi 40,56 m, sedangkan elevasi tebing kiri dan kanan masing-masing 37,85 m dan 39,85 m. Pada Station 2000 yang merepresentasikan wilayah hilir, muka air mencapai 18,61 m, sementara elevasi tebing kiri 14,75 m dan kanan 13,67 m. Kondisi ini menunjukkan bahwa luapan

tidak hanya terjadi pada satu lokasi, tetapi dapat berkembang dari bagian hulu menuju hilir ketika debit meningkat.

Evaluasi terhadap seluruh penampang memperlihatkan penurunan keamanan seiring meningkatnya kala ulang. Pada Q2, penampang aman sebesar 34,13% dan tidak aman 65,87%. Pada Q5, kondisi aman turun menjadi 24,55% dan tidak aman naik menjadi 75,45%. Pada Q10, kondisi aman tinggal 17,37% dan tidak aman mencapai 82,63%. Pada Q25, tidak terdapat penampang yang dikategorikan aman dan seluruh penampang, yaitu 100%, berada dalam kondisi tidak aman. Pola ini menunjukkan bahwa kapasitas eksisting Sungai Ancar sudah terbatas bahkan terhadap debit dengan kala ulang relatif kecil. Perubahan persentase keamanan penampang untuk Q2, Q5, Q10, dan Q25 memperlihatkan pola penurunan kapasitas efektif sungai. Gambar 2 menyajikan perbandingan kondisi aman dan tidak aman berdasarkan hasil simulasi.



Gambar 2. Persentase keamanan penampang Sungai Ancar pada berbagai kala ulang

Nilai persentase keamanan dan kerentanan penampang yang digunakan dalam evaluasi dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase keamanan penampang Sungai Ancar

Kala ulang	Aman	Tidak aman
Q2	34.13%	65.87%
Q5	24.55%	75.45%
Q10	17.37%	82.63%
Q25	0.00%	100.00%

4. Faktor Penyebab Banjir dan Implikasi

Faktor penyebab banjir yang teridentifikasi dari hasil kajian meliputi hujan ekstrem, perubahan elevasi dasar sungai pada bagian tengah, perbedaan elevasi tebing kiri dan kanan, ukuran penampang sungai yang relatif kecil, nilai kekasaran Manning yang tidak seragam di kondisi lapangan, serta sedimentasi pada beberapa titik. Hujan ekstrem meningkatkan limpasan dan debit sungai, sedangkan faktor geometrik dan hidraulik mengurangi kemampuan penampang untuk mengalirkan debit tanpa meluap. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menekankan bahwa banjir perkotaan dipengaruhi oleh kombinasi faktor hujan, karakteristik sungai, dan kondisi wilayah tangkapan (Shrestha et al., 2025; Wulandari et al., 2025).

Kedekatan curah hujan aktual 152,65 mm dengan hujan rancangan kala ulang 25 tahun, yaitu 155,84 mm, memperkuat interpretasi bahwa kejadian 6 Juli 2025 merupakan kejadian hujan ekstrem. Namun, kesesuaian nilai hujan tidak berarti seluruh variasi banjir dapat dijelaskan oleh curah hujan saja. Distribusi spasial hujan, karakteristik tutupan lahan, bentuk DAS, kondisi dasar sungai, dan geometri penampang turut menentukan besarnya debit dan kemampuan sungai dalam

mengalirkannya. Oleh karena itu, hasil hidrologi perlu dibaca bersama hasil hidrolika, bukan sebagai dua analisis yang berdiri sendiri.

Nilai koefisien limpasan 0,33 menunjukkan bahwa sebagian curah hujan dihitung sebagai hujan efektif setelah memperhitungkan karakteristik tutupan lahan. Komposisi DAS didominasi sawah berdasarkan luas, tetapi wilayah perkotaan dan pemukiman mempunyai koefisien limpasan lebih tinggi. Dengan demikian, pembobotan berdasarkan luas memberikan nilai yang lebih representatif terhadap kondisi DAS dibandingkan memilih koefisien terbesar secara langsung. Hasil ini juga menunjukkan pentingnya mempertahankan keterkaitan antara tata guna lahan dan pembentukan limpasan dalam analisis banjir.

Dari sisi hidrolika, penurunan persentase penampang aman dari 34,13% menjadi 0% memperlihatkan sensitivitas Sungai Ancar terhadap peningkatan debit. Kondisi pada Q2 yang telah menghasilkan 65,87% penampang tidak aman menunjukkan bahwa masalah kapasitas tidak hanya muncul pada kejadian yang sangat ekstrem. Temuan tersebut relevan dengan pendekatan penelitian banjir yang menggunakan simulasi hidrolika untuk mengidentifikasi lokasi kritis dan mendukung mitigasi (Sideng et al., 2023). Akan tetapi, penelitian ini menggunakan pemodelan 1D sehingga hasilnya lebih tepat digunakan untuk evaluasi kapasitas penampang dan profil muka air daripada pemetaan sebaran genangan dua dimensi.

Hasil penelitian memberikan implikasi teknis bahwa peningkatan kapasitas Sungai Ancar perlu diarahkan pada segmen yang kritis. Bentuk penanganan yang disebutkan dalam skripsi meliputi normalisasi, pengerukan sedimentasi, pelebaran penampang pada titik kritis, pemeliharaan rutin, pengendalian pemanfaatan sempadan, pemantauan hujan, dan sistem peringatan dini. Untuk pengembangan kajian, pemodelan 2D dapat digunakan untuk memperkirakan kedalaman dan luas genangan secara lebih rinci, sebagaimana arah penelitian berbasis HEC-RAS dan GIS pada studi sebelumnya (Mustamin et al., 2024; Sideng et al., 2023).

D. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa hujan wilayah 6 Juli 2025 sebesar 152,65 mm paling mendekati hujan rancangan kala ulang 25 tahun sebesar 155,84 mm. Dengan transformasi menggunakan HSS Nakayasu diperoleh debit puncak 57,93 m³/det, yang kemudian digunakan dalam simulasi Unsteady Flow HEC-RAS 6.6. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa kapasitas eksisting Sungai Ancar belum mampu menampung debit banjir secara memadai. Persentase penampang aman turun dari 34,13% pada Q2 menjadi 0% pada Q25, sedangkan kondisi tidak aman meningkat dari 65,87% menjadi 100%. Banjir dipengaruhi oleh hujan ekstrem serta faktor geometrik dan hidraulik sungai, yaitu perubahan elevasi dasar, perbedaan elevasi tebing, penampang relatif kecil, kekasaran Manning yang tidak seragam, dan sedimentasi. Dengan demikian, evaluasi kapasitas, peningkatan kapasitas penampang, pengendalian sedimentasi, pengelolaan sempadan, dan penguatan kesiapsiagaan menjadi kebutuhan penting untuk mengurangi risiko luapan Sungai Ancar.

DAFTAR PUSTAKA

- ArcGIS. (2025). ArcGIS Desktop: Release 10.8 (10.8.2). *Environmental Systems Research Institute* (Esri).
 Badan Pusat Statistik Kota Mataram. (2025). Jumlah penduduk 2025. Badan Pusat Statistik Kota Mataram.
 Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 2415:2016: Tata cara perhitungan debit banjir rencana.
 Balai Besar Wilayah Sungai Nusa Tenggara I. (2025a). Data debit Sungai Ancar tahun 2010–2024.
 Balai Besar Wilayah Sungai Nusa Tenggara I. (2025b). Data karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS).
 Balai Besar Wilayah Sungai Nusa Tenggara I. (2025c). Monitoring curah hujan harian BBWS Nusa Tenggara I Mataram WS Lombok (tanggal 6–7 Juli 2025).
 Ikrimah, L. (2024). Menyelami proses siklus hidrologi dalam pengelolaan sumber daya air: Pentingnya bagi kehidupan. *Maliki Interdisciplinary Journal*, 2.

- Iliadis, C., Galiatsatou, P., Glenis, V., Prinos, P., & Kilsby, C. (2023). *Urban flood modelling under extreme rainfall conditions for building-level flood exposure analysis*. *Hydrology*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/hydrology10080172>
- Mustamin, M. R., Maricar, F., Lopa, R. T., & Karamma, R. (2024). *Integration of UH SUH, HEC-RAS, and GIS in flood mitigation with flood forecasting and early warning system for Gilireng Watershed, Indonesia*. *Earth*, 5(3), 274–292. <https://doi.org/10.3390/earth5030015>
- Shrestha, B. B., Rasmy, M., & Kuribayashi, D. (2025). *Flood exposure dynamics and quantitative evaluation of low-cost flood control measures in the Bengawan Solo River Basin of Indonesia*. *Hydrology*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/hydrology12020038>
- Sideng, U., Upu, H., Haris, N. A., & Rahmayana, D. (2023). *2D simulation of design discharge in flood hazard spatial analysis using HEC-RAS: Case study Mata Allo Sub-Watershed, Enrekang, Indonesia*. *Geographia Technica*, 18(2), 1–13. https://doi.org/10.21163/GT_2023.182.01
- Suyarto, R., Wiyanti, Saifulloh, M., Fatahillah, A. W., Diara, I. W., Susila, K. D., & Kusmiyarti, T. B. (2023). *Hydrological approach for flood overflow estimation in Buleleng Watershed, Bali*. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 13(5), 883–891. <https://doi.org/10.18280/ijssse.130512>
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi terapan*. Beta Offset.
- U.S. Army Corps of Engineers. (2025). *HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference Manual* (6.6). *Hydrologic Engineering Center*.
- Wulandari, S., Pratama, F., Andika, N., Wongso, P., Wijayasari, W., & Rohmat, F. I. W. (2025). *Identifying dominant river contributions to urban flooding: A scenario-based study of Makassar City*. *Frontiers in Built Environment*, 11. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2025.1612416>