

Pemanfaatan Model HEC-RAS dan Metode ECLAC dalam Menganalisis Genangan Banjir di Daerah Aliran Sungai Cilamajang

Novia Komala Sari¹⁾, Nina Herlina²⁾, Hidayanto³⁾

^{1, 2, 3)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi,
Jl. Siliwangi No.24 Kahuripan Tasikmalaya

Email: viakomala@unsil.ac.id¹⁾, ninaherlina@unsil.ac.id²⁾, hidayanto@unsil.ac.id³⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v15i1.1207>

(Received: 16 November 2024 / Revised: 07 January 2025 / Accepted: 22 February 2025)

Abstrak

Daerah aliran Sungai Cilamajang merupakan bagian dari DAS Ciwulan. DAS Cilamajang memiliki luas sebesar 28,91 km² dengan panjang sungai utama sebesar 8,17 km. Bentuk DAS melebar di bagian hulu seperti kipas memiliki potensi banjir. Banjir yang mengenai daerah sekitar menyebabkan kerugian. Simulasi genangan banjir menggunakan HEC-RAS dan estimasi kerugian banjir menggunakan metode ECLAC. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung luasan banjir pada periode ulang 50 dan 100 tahun dan mengetahui kerugian yang diakibatkan banjir. Hasil analisis debit banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayasu pada periode ulang 50th sebesar 163,342 m³/dtk dan 100th sebesar 179,347 m³/dtk. Model hidraulika menggunakan HEC-RAS dua dimensi pada kondisi *unsteady flow*. Hasil simulasi diperoleh luas genangan sebesar 15,93 ha pada debit banjir 50 tahun dan 16,77 ha pada 100 tahun. Estimasi kerugian menggunakan metode ECLAC pada Qr 50 tahun sebesar Rp. 940.905.838 dan Qr100 tahun sebesar Rp.1.052.186.456. Adanya hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai mitigasi bencana banjir agar mengurangi dampak banjir dan perencanaan penanggulangan di Sungai Cilamajang.

Kata kunci: *Banjir, Cilamajang, DAS, ECLAC, HEC-RAS*

Abstract

The Cilamajang River Basin is part of the Ciwulan Watershed. The Cilamajang Watershed has an area of 28,91 km² and the length of the main river is 8,17 km. The shape of the watershed widens in the upstream like a fan and has the potential for flooding. Floods inundate the surrounding area causing losses. Flood inundation simulation using HEC-RAS and flood loss estimation using the ECLAC method. The purpose of this study was to calculate the flood area at a return period of 50 and 100 years and estimate losses. The planned flood discharge analysis results using the HSS Nakayasu method at a return period of 50 were 163,342 m³/sec. and 100 were 179.347 m³/sec. Hydraulic analysis using HEC-RAS with two-dimensional simulation with unsteady flow. The simulation results obtained an inundation area of 15,93 ha at a flood discharge with a return period of 50 years and 16,77 ha at 100 years. Estimated losses using the ECLAC method for each return period are Rp. 940.905.838 and Rp. 1.052.186.456. The results of this study can be used as flood disaster mitigation to reduce the impact of floods and planning in the Cilamajang River.

Keywords: *flood, cilamajang, watershed, ECLAC, HEC-RAS*

1. Latar Belakang

Salah satu bencana alam yang berulang kali terjadi di Indonesia adalah banjir. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana dari tahun 2012 hingga tahun 2019 tercatat sebanyak 5.252 kejadian banjir. Terjadinya banjir yang berasal dari luapan sungai disebabkan banyak hal seperti kapasitas sungai yang sudah berkurang akibat sedimentasi, perubahan penggunaan lahan di bantaran sungai, perubahan cuaca yang ekstrim dan kebiasaan sosial masyarakat sekitar (Feriska and Ahmad, 2022). Kejadian banjir terutama pada musim penghujan dengan intensitas yang tinggi. Air yang jatuh ke permukaan tanah tidak dapat terinfiltrasi sehingga menjadi limpasan permukaan (*run off*). Limpasan permukaan mengalir ke saluran terdekat dan berakhir di saluran akhir (sungai).

Analisis penampang sungai diperlukan untuk mengetahui kapasitas sungai dalam menampung debit limpasan. Salah satu aplikasi yang umumnya digunakan dalam menganalisis kapasitas sungai dan pemetaan banjir adalah *Hidrologic Engineering River Analysis System* (HEC-RAS) (Ridwan et al., 2022). HEC-RAS memungkinkan pengguna untuk mensimulasikan aliran pada kondisi *steady* dan *unsteady* (Islami, 2023). Simulasi dapat dilakukan dengan satu dimensi dan dua dimensi terutama untuk daerah perkotaan. Analisis satu dimensi memberikan gambaran profil muka air dengan memasukkan data penampang sungai pada masing – masing titik tinjauan pada menu geometri sungai. Pada pemodelan HEC-RAS dua dimensi menghasilkan kedalaman dan luas genangan untuk area yang ditinjau. Hasil simulasi HEC-RAS sendiri dapat terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) (Sholikha et al., 2022; Wijayanto and Helda, 2022).

Simulasi dua dimensi pada program HEC-RAS dilakukan dengan menggunakan menu yang tersedia di RAS Mapper. Sebagai data masukan pada program menggunakan data *Digital Elevation Model* (DEM) yang dirubah dalam bentuk *terrain* dengan melakukan penyesuaian koordinat. Data tersebut nantinya akan digunakan dalam pembuatan *perimeter*, *breakline*, dan menentukan kondisi batas pada bagian hulu dan hilir tinjauan (*boundary condition*). Skema yang digunakan pada pemodelan dua dimensi memberikan solusi finit volume (Bintang Kuncoro et al., 2022). Interpretasi data menggambarkan luas genangan dan ketinggian genangan pada masing – masing *grid*. Luas genangan yang diperoleh dari simulasi tersebut dapat digunakan untuk memetakan area terdampak. Oleh karena itu hasil simulasi dapat dipetakan dan diestimasi dampak serta kerugian yang terjadi. Metode *Economic Commission for Latin America and the Caribbean* (ECLAC) merupakan salah satu metode yang mampu menganalisis kerugian akibat genangan banjir (Marselina et al., 2022).

Pendekatan estimasi kerugian akibat bencana banjir menggunakan metode ECLAC. Metode ini dikembangkan oleh PBB yang diterapkan di Amerika Latin, dan Karibia. Selain itu juga diterapkan untuk menganalisis dampak bencana banjir di wilayah Asia (Jayantara, 2020). Metode ini banyak digunakan untuk menganalisa dampak kerugian akibat bencana alam seperti banjir, tsunami, dan longsor. Metode ECLAC dapat mengidentifikasi kerusakan pada setiap komponen bangunan dan memperkirakan kerugian yang disebabkan oleh banjir, sehingga memudahkan pemerintah untuk menyiapkan anggaran dan menangani rehabilitasi dan rekonstruksi (Marselina et al., 2022).

Sungai Cilamajang merupakan sungai di Kota Tasikmalaya yang memiliki panjang sekitar 8,17 km. Daerah Aliran Sungai (DAS) Cilamajang memiliki luas

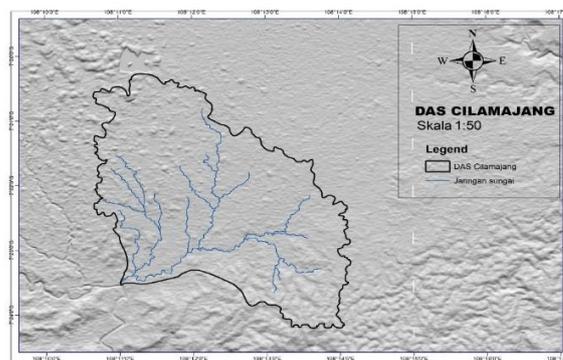
28,91 km² yang merupakan bagian dari DAS Ciwulan. DAS terdiri dari beberapa sub DAS mulai dari bagian hulu, tengah (transisi), dan hilir (Kurnia Hidayat et al., 2021). DAS Cilamajang termasuk bagian tengah. Dilihat dari bentuk DAS yang menyerupai kipas, Sungai Cilamajang memiliki potensi banjir. Meningkatnya area pemukiman di DAS menyebabkan limpasan semakin bertambah. Selain itu pendangkalan sungai akibat sedimentasi menambah penyebab banjir. Kejadian banjir pada tahun 2023 menyebabkan genangan hingga ke pemukiman warga. Daerah terdampak di Kelurahan Cigantang, genangan setinggi lutut orang dewasa terjadi di Kampung Pajangan dan Kereteg. Air menggenangi area persawahan, kolam ikan, dan area perumahan.

Kejadian banjir yang pernah terjadi berpotensi kembali terjadi karena perubahan lingkungan. Sungai Cilamajang sendiri termasuk dalam program pemerintah Kota Tasikmalaya pada perencanaan pembangunan penanganan banjir. Bencana banjir akan menyebabkan kerusakan dan kerugian. Oleh karena itu dilakukan identifikasi risiko banjir yang terjadi agar tidak memperparah kerugian yang ditimbulkan. Simulasi banjir dengan debit banjir rencana periode ulang tertentu menggunakan HEC-RAS dua dimensi. Luas dataran banjir dievaluasi berdasarkan karakteristik penampang memanjang dan melintang sungai. Hasil simulasi genangan banjir disajikan dalam bentuk peta melalui SIG. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis luasan banjir pada periode ulang 50 dan 100 tahun serta mengestimasi kerugian menggunakan metode ECLAC

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

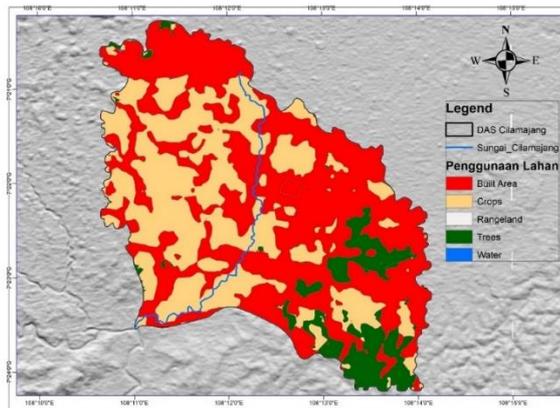
Lokasi penelitian dilakukan di DAS Cilamajan yang memiliki luas sebesar 28,91 km². Panjang Sungai utama sekitar 8,17 km dengan kemiringan sungai rata-rata 0,002 Cakupan DAS ini adalah kecamatan Kawalu yang berada di Kota Tasikmalaya. Hasil deliniasi DAS dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 DAS Cilamajang

2.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah sekunder. Deliniasi DAS menggunakan data DEM dari DEMNAS. Data hujan berasal dari stasiun terdekat dengan lokasi penelitian yaitu stasiun hujan Kawalu, Cikunten, dan Cimulu. Data hujan harian yang digunakan mulai dari tahun 2003 hingga 2023. Tata guna lahan digunakan sumber data dari Land Esri, penggunaan lahan pada tahun 2023. Klasifikasi penggunaan lahan di DAS Cilamajang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Penggunaan lahan

2.3 Hujan kawasan

Metode analisis hujan kawasan dapat hitung menggunakan metode aritmatika, poligon thiessen, dan isohyet. Metode poligon thiessen berdasarkan pada pengaruh masing – masing stasiun curah hujan. Persamaan (1) merupakan persamaan Polygon Thiesen (Ramadhan, Evan Fachru et al., 2024)

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1+A_2R_2+\dots+A_nR_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \quad (1)$$

di mana \bar{R} merupakan curah hujan rerata (mm), R merupakan curah hujan tiap stasiun (mm), dan A merupakan luas pengaruh stasiun penakar (km²).

2.4 Analisis frekuensi

Hujan rancangan dapat dianalisis menggunakan analisis frekuensi (Anjarwati et al., 2024). Terdapat beberapa parameter statistik yang dibutuhkan pada analisis frekuensi seperti rerata, simpangan baku, koefisien skewnes (cs), dan koefisien variasi (cv) (Irawan et al., 2020; Murda and Mashuri, 2024). Metode distribusi frekuensi dapat dilakukan menggunakan metode Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson III.

Pengujian distribusi terpilih dilakukan dengan menggunakan uji statistik yaitu Chi Square dan Smirnov Kolmogorof (Murda and Mashuri, 2024). Persamaan Chi Square dan Smirnov ditunjukkan pada persamaan (2) dan (3) (Setiyowati and Anggraheni, 2024)

$$X^2 = \sum_{t=1}^N \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (2)$$

di mana X² merupakan nilai Chi Kuadrat terhitung, Of merupakan frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama, Ef merupakan frekuensi yang diharapkan pada kelas yang sama, n jumlah sub kelompok dalam satu grup.

$$P(x) = \frac{m}{n+1} + 100\% \quad (3)$$

di mana P merupakan peluang, m merupakan data urut dan n merupakan jumlah data.

2.5 Intensitas hujan

Intensitas hujan merupakan hujan dengan suatu ketinggian pada jam tertentu. Metode menentukan intensitas curah hujan tergantung dari data hujan yang tersedia. Untuk data curah hujan dengan durasi pendek atau jam – jaman, metode Ishiguro, Sherman, dan Talbot dapat digunakan (Harisuseno et al., 2020). Akan tetapi jika data curah hujan yang tersedia harian harus dilakukan transformasi hujan harian menjadi jam jaman menggunakan metode mononobe dan Alternatif Block Methode (ABM). Intensitas

hujan jam – jaman disajikan dalam bentuk kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) (Harisuseno et al., 2020; Hendri, 2015). Persamaan Mononobe ditunjukkan pada persamaan (4).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (4)$$

di mana I merupakan intensitas hujan (mm/jam), R_{24} merupakan curah hujan maksimum selama 24 jam (mm), dan t_c merupakan durasi hujan (jam).

2.6 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) memodelkan hujan menjadi aliran dengan interpretasi data dalam bentuk grafik yang disebut hidrograf. Hidrograf menyajikan hubungan salah satu aliran terhadap waktu (Suripin and Kurniani, 2016). Hidrograf dapat dibuat dengan menggunakan aliran debit yang terukur, menjadi hidrograf satuan hasil pengamatan. Akan tetapi jika tidak tersedia data debit pengamatan maka dapat dilakukan memodelkan hujan menjadi limpasan menggunakan metode HSS. Salah satu metode yang paling banyak digunakan adalah metode HSS Nakayasu (Natakusumah, 2024). Parameter utama yang menjadi masukan pada analisis banjir adalah luasan DAS, panjang sungai, dan koefisien lahan (Irawan et al., 2020). Debit puncak menggunakan HSS Nakayasu pada persamaan (5) (Oktarina, 2015).

$$Qp = \frac{C.A.Re}{3,6(0,3Tp+T_{30})} \quad (5)$$

Q_p merupakan debit puncak (m^3/dtk), A merupakan luas DAS (km^2), Re merupakan hujan efektif (mm), T_p merupakan waktu puncak, dan T_{30} merupakan debit dengan 0,3 kali debit puncak, yang diperoleh dari persamaan (6).

$$T_{30} = \alpha \cdot t_g \quad (6)$$

T_g merupakan *time lag* atau waktu keterlambatan, sedangkan α merupakan koefisien pengaliran dengan nilai 1, 1,5, 2, dan 3.

2.7 HEC-RAS

Pemodelan hidraulik sungai bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran suatu penampang sungai. *Hydrologic Engineering Center's River Analysis System* (HEC-RAS) salah satu *software* yang dikeluarkan oleh US Army Corps of Engineers (USACE) (Candrayana, Sinarta, et al., 2021). Pemodelan banjir dapat dilakukan secara akurat menggunakan analisis *steady flow* dan *unsteady flow* dalam bentuk satu dimensi maupun dua dimensi (Mashuri et al., 2023).

Menu Ras Mapper yang tersedia pada program HEC-RAS dapat dimanfaatkan untuk mengolah data spasial (Bintang Kuncoro et al., 2022). Pemodelan HEC-RAS dua dimensi menggunakan pendekatan persamaan air dangkal yang menganalisis aliran pada kedalaman rerata kecepatan aliran 2-dimensi serta tinggi muka air sebagai respon terhadap pengaruh gaya gravitasi serta pengaruh gaya gesek (Candrayana, Sinarta, et al., 2021). Pendekatan pada model HEC-RAS menggunakan persamaan kekekalan massa dan momentum bidang (Islami, 2023). Input data dilakukan dengan menggunakan data *Data Elevation Model* (DEM) yang dirubah menjadi data *terrain*. Simulasi hidraulik satu dimensi yang hanya memodelkan tinggi muka air, fitur dua dimensi dapat memberikan

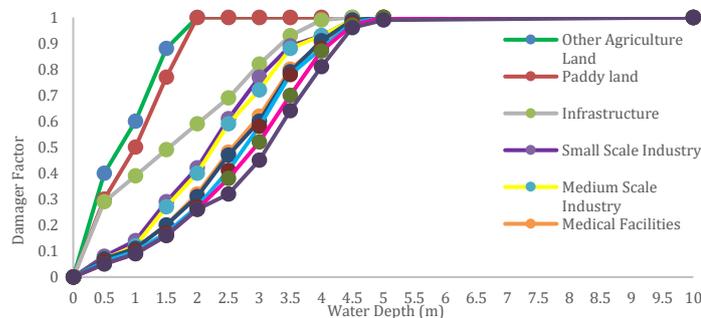
informasi mengenai kecepatan, tinggi muka air, dan area genangan (Urbi et al., 2024).

2.8 Metode ECLAC

Estimasi besarnya kerugian akibat banjir menggunakan metode ECLAC. Pada penerapannya metode ECLAC menganalisis 3 aspek seperti kerusakan, kerugian, dan dampak ekonomi (Jayantara, 2020). Secara umum persamaan yang digunakan (Marselina et al., 2022):

$$Loss = (number\ of\ affected\ area) \times (unit\ value) \times (damage\ factor) \quad (7)$$

Luas area diperoleh berdasarkan integrasi data dengan menggunakan SIG, sedangkan nilai unit pengganti diperoleh data hasil nilai kerusakan unit persektor. Faktor kerusakan yang digunakan berdasarkan nilai faktor kerusakan yang dikeluarkan oleh JICA (Jayantara, 2020), pada Gambar 3.



Gambar 3 Faktor kerugian banjir Kabupaten Bandung

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Intensitas Hujan

Analisis hidrologi dilakukan untuk mengetahui kondisi hidrologi di suatu DAS. Pada perencanaan bangunan air, analisis hidrologi berguna untuk memperoleh besaran kemungkinan debit yang akan terjadi baik disamai maupun dilampaui dengan periode tertentu. Hujan rancangan dilakukan untuk memperoleh debit banjir rencana (Q_r)

Data hujan terukur diperoleh dari stasiun kawalu, cikunten, dan cimulu dari tahun 2003 hingga tahun 2024. Curah hujan maksimum bulanan yang tidak lengkap, dilengkapi dengan metode *Reciprocal Method*. Selanjutnya dilakukan pengecekan konsistensi data menggunakan *Double Mass Curve*. Hasil analisis setelah koreksi memberikan gambaran data hujan yang digunakan konsisten sehingga dapat dilakukan analisis hujan wilayah.

Tabel 1 Pemilihan distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Hitungan	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$	(0,10)	tidak memenuhi
	$C_k \approx 3$	0,71	tidak memenuhi
Normal-Log	$C_s = C_v^3 + 3 C_v, C_s = 1.97$	(0,40)	tidak memenuhi
	$C_s = C_v^3 + 3 C_v, C_s = 1.97$	0,71	tidak memenuhi
Gumbel	$C_s \approx 1.14$	(0,10)	memenuhi
	$C_k \approx 5.4$	0,71	memenuhi
LP-III	Selain nilai di atas		memenuhi

Analisis hujan wilayah menggunakan metode Poligon Thiessen. Metode ini menggunakan pembobotan stasiun hujan yang berpengaruh. Bobot masing – masing stasiun hujan adalah stasiun hujan kawalu sebesar 0,96 %, cimulu sebesar 0,03 %, dan cikunten sebesar 0,1 %. Hasil hujan rancangan menggunakan sebaran Normal, Normal Log, Gumbel, dan Log Pearson III. Sebaran distribusi yang memenuhi disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 metode Gumbel dan Log Pearson III memenuhi persyaratan distribusi. Sebaran distribusi tersebut dilakukan uji stastik menggunakan metode Chi Square dan Smirnov-Kolmogorov. Tabel 2 merupakan hasil uji distribusi pada masing – masing metode.

Tabel 2 Uji distribusi

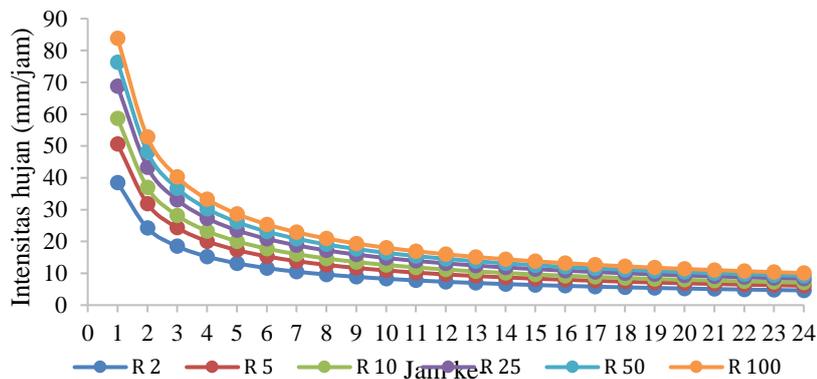
Analisis ditribusi	Uji Distribusi					
	Chi Square			Kolmogorov		
	Xtabel	Xhitungan		Dtabel	Dhitungan	
Gumbel	7,81	0,93	diterima	0,286	0,191	diterima
LPIII	7,81	191,21	ditolak	0,286	0,990	ditolak

Jenis distribusi Gumbel merupakan sebaran yang terpilih dan memenuhi baik pada uji Chi Square maupun Smirnov Kolmogorov. Tabel 3 merupakan besaran hujan rancangan menggunakan metode distribusi Gumbel untuk masing – masing periode ulang.

Tabel 3 Hujan rancangan

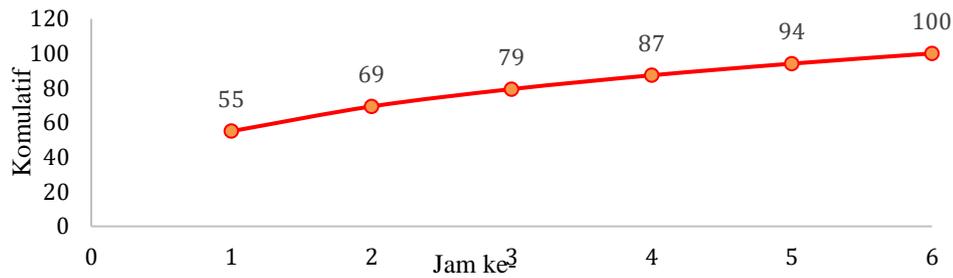
Tr	2	5	10	25	50	100
Xtr (mm)	110,935	145,955	169,137	198,438	220,171	241,744

Intensitas hujan dihitung untuk mengetahui distribusi hujan selama 24 jam dengan rumus Mononobe. Hujan rancangan dirubah menjadi hujan jam – jaman dalam bentuk kurva IDF. Kurva IDF disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Intensitas hujan 24 jam

Intensitas hujan pada Gambar 4 dalam bentuk kurva IDF menggambarkan distribusi hujan selama 24 jam. Berdasarkan Gambar 4 intensitas hujan terbesar terjadi pada jam pertama untuk masing – masing periode ulang hujan. Akan tetapi intensitas akan berkurang pada jam – jam berikutnya. Intensitas hujan yang diperoleh digunakan untuk menganalisis hujan efektif selama 6 jam karena durasi hujan di Indonesia berkisar 5 – 7 jam (Ramadhan, Evan Fachru et al., 2024). Pola distribusi hujan efektif disajikan pada Gambar 5.

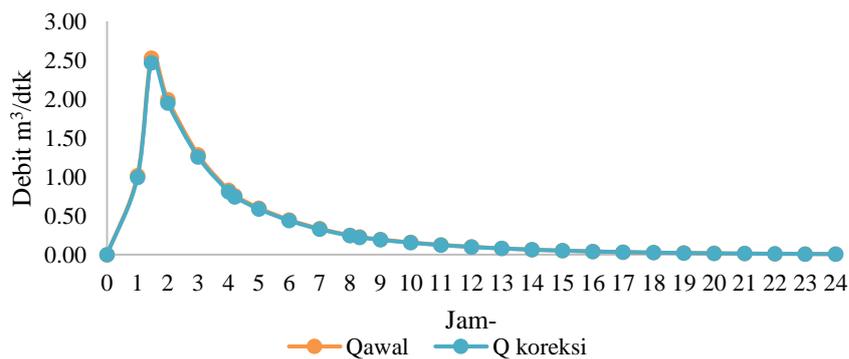


Gambar 5 Pola distribusi hujan

Gambar 5 menunjukkan distribusi hujan efektif secara kumulatif dalam bentuk persentase selama 6 jam. Pada jam pertama hujan sebaran curah hujan merata sebesar 55,03%, pada jam kedua sebesar 69,34 %, pada jam ketiga sebesar 79,37 %, pada jam keempat sebesar 87,36%, pada jam kelima sebesar 94,10 %, dan pada jam keenam sebesar 100 %. Distribusi tersebut berlaku untuk semua periode ulang hujan. Hujan efektif dijadikan sebagai parameter untuk menganalisis debit banjir pada HSS Nakayasu.

3.2 Debit Banjir Rencana

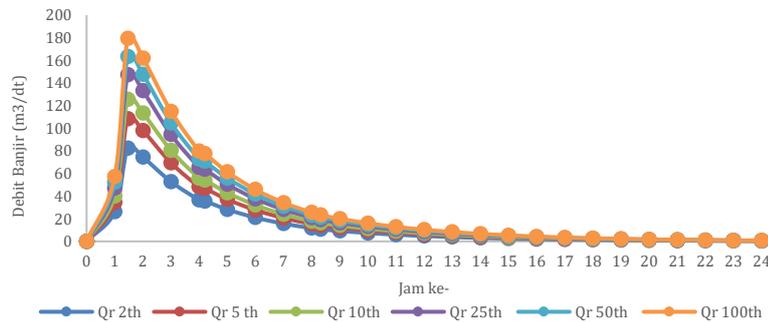
Analisis debit banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayasu. Metode ini merupakan salah satu metode yang banyak digunakan di Indonesia dalam menganalisis hidrograf satuan di DAS Pulau Jawa. Metode Nakayasu dikembangkan di Jepang (Sosrodarsono, 2003 dalam(Irawan et al., 2020). Parameter nilai α (alfa) pada metode Nakayasu disesuaikan dengan karakteristik DAS dengan nilai 1, 1,5, 2, dan 3 (Dewi et al., 2016). Pemilihan nilai alfa sendiri berdasarkan selisih hujan satuan hasil perhitungan terkecil dengan hujan satuan 1mm. Hasil analisis unit hidrograf nilai alfa yang memenuhi adalah 3 yang berarti hirograf naik secara cepat dan pada setelah mencapai puncak turun secara lambat. Hasil koreksi disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6 Unit hidrograf hasil koreksi

Gambar 6 merupakan perbandingan unit hidrograf sebelum dan setelah dikoreksi terhadap hujan satuan 1mm. Berdasarkan hasil koreksi tidak terdapat perubahan yang signifikan terhadap Q_p dan T_p . Akan tetapi terjadi sedikit penurunan debit puncak setelah dilakukan koreksi. Selanjutnya menggunakan unit

hidrograf terkoreksi tersebut dilakukan perhitungan debit banjir rencana untuk masing – masing periode ulang. Hasil analisis debit banjir disajikan Gambar 7.



Gambar 7 Debit banjir HSS Nakayasu

Berdasarkan gambar 7 diperoleh debit banjir pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun selama 24 jam. Semakin besar periode ulang semakin besar debit banjir akan tetapi peluang terjadi semakin kecil. Debit banjir dengan periode ulang 50 dan 100 tahun menggunakan HSS Nakayasu adalah sebesar $163,342 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan $179,347 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Hasil tersebut akan digunakan pada simulasi genangan banjir menggunakan HEC-RAS 2D.

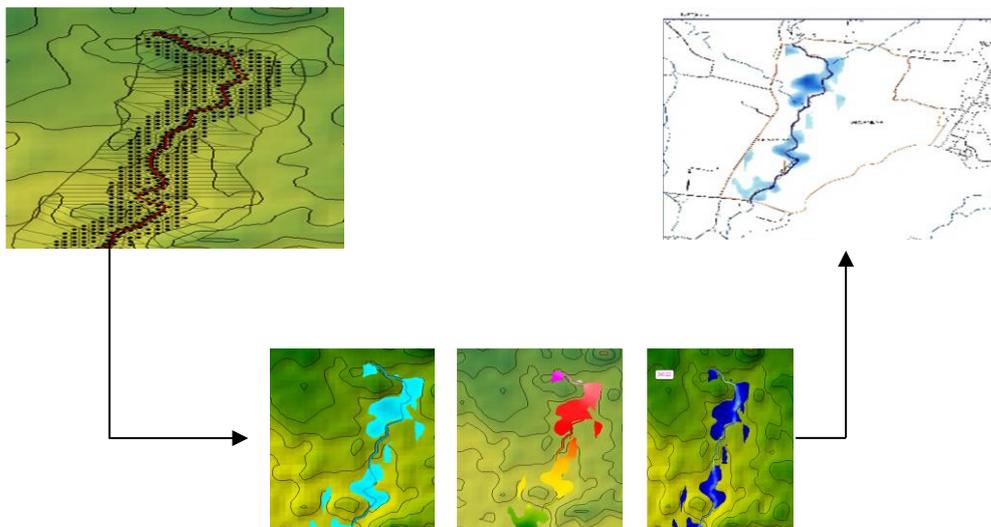
3.3 Simulasi Genangan Banjir

Analisis genangan dilakukan dengan menggunakan HEC-RAS dengan memanfaatkan menu RAS Mapper. Pembuatan geometri dilakukan dengan memanfaatkan data DEM yang diperoleh dari DEMNAS yang memiliki resolusi sebesar $0,27\text{-arcsecond}$, jika dikonversi satuan meter sekitar 8 m. DEM sering digunakan dalam pembuatan peta kebencanaan terutama peta rawan banjir dan tanah longsor (Tin, 2016). Pada menu Ras Mapper dilakukan penyesuaian sistem koordinat, untuk kota Tasikmalaya digunakan UTM 49S. Selanjutnya pembuatan geometri saluran untuk analisis dua dimensi dimulai dengan pembuatan perimeter dengan ukuran 20×20 . *Breakline* yang berfungsi untuk menggambarkan alur sungai utama.

Pada simulasi dilakukan pengaturan koefisien manning. Penyesuaian koefisien manning setiap *section* dan penggunaan lahan adalah salah satu faktor yang penting pada hasil simulasi (Briantama et al., 2024). Pengaturan koefisien manning pada HEC-RAS 2D dilakukan sesuai dengan penggunaan lahan yang ada disekitar sungai. Sehingga diperoleh nilai manning untuk model penelitian ini sebesar 0,002. Untuk menguji hasil simulasi dilakukan verifikasi lapangan terhadap kejadian banjir yang pernah terjadi di sepanjang aliran Sungai Cimalajang.

Simulasi dilakukan pada kondisi *unsteady flow* dimana terjadi perubahan debit terhadap waktu. Pengaturan pada *boundary condition* pada bagian hilir pada kondisi *normal depth*. Sebagai data masukan pada parameter tersebut adalah kemiringan sungai rata- rata sebesar 0,002. Pada kondisi hulu digunakan *flow hydrograph* yang berarti adanya aliran dari hulu ke hilir. Data masukan dengan menggunakan hasil analisis debit banjir HSS Nakayasu pada periode ulang banjir 50 tahun dan 100 tahun. Hasil simulasi pada HEC-RAS 2D dapat dilihat Gambar 8. *Running* dengan menggunakan HEC-RAS dua dimensi menggunakan interval waktu satu detik. Semakin kecil interval waktu semakin detail hasil simulasi. Hasil simulasi dapat dilihat di RAS Mapper pada *menu result*. Hasil simulasi berupa

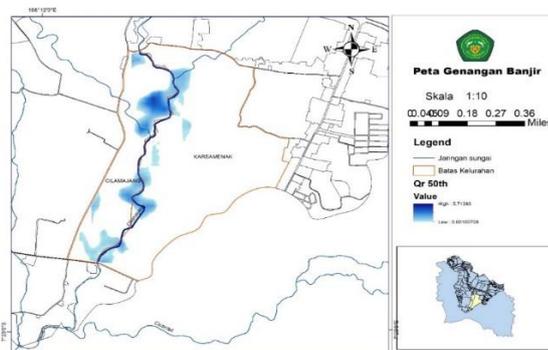
kedalaman (*depth*,m), kecepatan(*velocity*, m/s), dan tinggi muka air (*water surface elevation*, m). Baik untuk kedalaman, kecepatan, dan tinggi muka air tiap satuan waktu dapat dilihat sepanjang penampang saluran. Berdasarkan hasil simulasi pada kedalaman maksimum menunjukkan adanya genangan dari Sungai Cilamajang baik untuk periode ulang 50 tahun maupun 100 tahun. Area genangan mencapai pemukiman dan lahan sekitar. Hal ini sesuai dengan kejadian banjir yang pernah terjadi di aliran Sungai Cilamajang pada tahun 2023. Banjir yang terjadi mengenai sampai ke area permukiman Kelurahan Cigantang dengan tinggi genangan sekitar 50 cm. Kedalaman genangan tersebut mendekati dengan hasil model pada periode ulang banjir 50th.



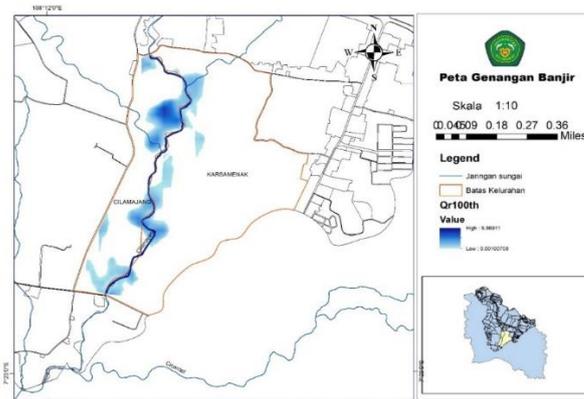
Gambar 8 Interpretasi data HEC-RAS

Luas genangan masing – masing periode ulang sebesar 15,93 ha dan 16,77 ha. Genangan terjadi karena kapasitas sungai yang terbatas dalam menampung debit limpasan. Area genangan terdiri dari pemukiman dan persawahan yang berada di sekitar bantara sungai. Kedalaman genangan bervariasi mulai dari 0,01 m hingga 2,76 m pada banjir periode 50 tahun. Pada banjir dengan periode ulang 100 tahun kedalaman genangan mulai dari 0,02 m hingga 3 m. Genangan maksimum terjadi pada lahan dengan elevasi yang rendah terutama pada area pertanian.

Area genangan yang terjadi dibuatkan dalam bentuk peta yang ditampilkan Gambar 9 dan 10.



Gambar 9 Peta genangan banjir Qr50th



Gambar 10 Peta genangan banjir Q_{r100th}

3.4 Metode ECLAC

Hasil simulasi genangan dengan menggunakan HEC-RAS digunakan sebagai acuan dalam menentukan kerugian. Simulasi dari model HEC-RAS diexport menjadi file shp sehingga bisa diolah dengan SIG. Luas area genangan diperoleh dari analisis spasial menggunakan SIG, sedangkan nilai unit pengganti didasarkan pada nilai inflasi rupiah dari tahun 2010 hingga tahun 2023 (Jayantara, 2020). Rata – rata nilai inflasi selama 13 tahun diperoleh sebesar 4,235%. Berdasarkan nilai inflasi tersebut maka diperoleh nilai pengganti kerugian masing – masing sektor, hasil analisis disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai unit pengganti

Sektor	Nilai Unit Pengganti 2010 (Rp.)	Nilai Unit Pengganti 2023 (Rp.)
Pertanian	9.295.500,00/Ha	15.938.563,42/Ha
Industri Kecil	44.300.000,00/Unit	75.959.158,66/Unit
Industri Menengah	1.170.000.000,00/Unit	2.006.144.822,52/Unit
Industri Besar	2.600.000.000,00/Unit	4.458.099.605,61/Unit
Jalan Utama	1.480.000,00/m	2.537.687,47/m
Jalan Lokal	740.000,00/m	1.268.843,73/m
Pemukiman/Rumah Tangga	47.700.000,00/Unit	81.788.981,23/Unit

Nilai unit pengganti untuk masing – masing sektor dikalkulasikan dengan *damage factor* sesuai dengan grafik pada Gambar 3. Faktor kerugian yang digunakan berdasarkan pada pengelompokan oleh JICA pada bencana banjir yang terjadi di kota Bandung (Jayantara, 2020). Nilai tersebut berbeda untuk masing – masing sektor serta disesuaikan dengan tinggi genangan. Pada model hasil simulasi area yang tergenang berupa pemukiman dan pertanian dengan kedalaman yang bervariasi. Rekapitulasi kerugian akibat banjir pada masing – masing periode ulang disajikan pada Tabel 5 dan 6.

Tabel 5 Analisis kerugian akibat banjir Q_{r50th}

Lahan Terdampak	Tinggi genangan (m)	Luas Genangan	Satuan	Faktor	Harga unit pengganti (Rp)	Total Harga (Rp)
Pertanian	0-0,5	9,4	Ha	0.3	15.938.563	44.961.003
	0,5-1	0,55	Ha	0.5		4.383.105

	1-1,5	0,18	Ha	0,75		2.151.706
	>1,5	1,36	Ha	1		21.628.933
Pemukiman	0-0,5	34	Unit	0,05		139.041.268
	0,5-1	29	Unit	0,11	81.788.981	260.906.850
	1-1,5	22	Unit	0,26		467.832.973

Tabel 6 Analisis kerugian akibat banjir Q_{r100th}

Lahan terdampak	Tinggi genangan (m)	Luas Genangan	Satuan	Faktor	Harga unit pengganti (Rp)	Total harga (Rp)
Pertanian	0-0,5	10,5	Ha	0,3	15.938.563	50.125.188
	0,5-1	0,247	Ha	0,5		1.968.413
	1-1,5	0,23	Ha	0,75		2.749.402
	>1,5	1,15	Ha	1		18.329.348
Pemukiman	0-0,5	35	Unit	0,05	81.788.981	143.130.717
	0,5-1	22	Unit	0,11		197.929.335
	1-1,5	30	Unit	0,26		637.954.054

Hasil analisis ECLAC dampak kerugian yang terjadi dengan periode ulang banjir 50 tahun sebesar Rp. 940.905.838,-. Estimasi kerugian yang terjadi pada banjir dengan periode ulang 100 tahun sebesar Rp. 1.052.186.456. Kerugian semakin meningkat seiring dengan bertambahnya tinggi genangan (Rachmawati and Sanjaya, 2023).

3 Kesimpulan dan Saran

3.1 Kesimpulan

Debit banjir rencana menggunakan HSS Nakayasu dengan menggunakan koefisien alpha 3 dengan periode ulang 50 tahun sebesar $163,342 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan 100 tahun sebesar $179,347 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Pemodelan dua dimensi pada Program HEC-RAS dengan memanfaatkan data DEMNAS dapat dilakukan dengan kondisi *unsteady flow*. Luas genangan akibat banjir sebesar 15,93 ha pada Q_{r50th} dan 16,77 ha pada Q_{r100th} . Integrasi data model HEC-RAS dengan SIG memberikan luas genangan terhadap lahan yang terdampak. Estimasi kerugian menggunakan metode ECLAC akibat banjir periode ulang 50 tahun sebesar Rp. 940.905.838, dan Rp. 1.052.186.456 untuk banjir dengan periode ulang 100 tahun

3.2 Saran

Penelitian ini hanya mensimulasikan genangan banjir pada kondisi eksisting sungai. Penelitian berikutnya dapat dilakukan dengan merencanakan pengendalian banjir seperti pembuatan tanggul dan normalisasi sungai dengan memanfaatkan program HEC-RAS. Sehingga diperoleh perbandingan luas genangan setelah penanganan dan efektifitas bangunan sungai dalam mereduksi genangan banjir. dengan demikian permasalahan banjir kedepannya dapat diatasi.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Siliwangi yang membantu mendanai penelitian ini. Terima kasih juga kepada keluarga besar Jurusan teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Siliwangi atas dukungannya.

Daftar Kepustakaan

- Anjarwati, S., Ery, Suhartanto, Linda, Prasetyorini, 2024. Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) Untuk Pemetaan Daerah Rawan Banjir Sebagai Upaya Mitigasi Di DAS Laweyan. *J. Teknol. Dan Rekayasa Sumber Daya Air* 4, 1386–1399. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.02.140>
- Bintang Kuncoro, A.H., Budiningrum, D.S., Kustirini, A., Zhafira, T., 2022. Pelatihan Software Hec-Ras Berbasis Ras Mapper Untuk Penanganan Banjir Di Ruas Sungai Tuntang Kepada Akademisi dan Praktisi Teknik Sipil. *Bangun Reka Prima* 8, 97. <https://doi.org/10.32497/bangunrekaprima.v8i1.3553>
- Briantama, R.H., Winata, N.A., Roeyhan, M., Fadly, M., 2024. Pemodelan Sebaran Genangan Banjir Sungai Kali Surabaya berbasis Sistem Informasi Geografis Pada Ruas Aliran Kota Surabaya Spatial Flood Inundation Modelling of Kali Surabaya River Using Geographic Information System on the Flow Section of Surabaya City *Ge* 9, 23–34.
- Candrayana, K.W., Sinarta, I.N., Yujana, C.A., 2021. Analisis Depth-Area-Duration Dengan Hec-Ras 2d Dalam Penentuan Infrastruktur Pengendalian Banjir di Banjir Sungai Pedolo. Presented at the Konferensi Nasional Teknik Sipil 15, Semarang.
- Dewi, R., Limantara, L.M., Soetopo, W., 2016. Analisis Parameter Alfa Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu di Sub Das Lesti. *J. Tek. Pengair.* 7, 107–116.
- Feriska, Y., Ahmad, I., 2022. Analisa Kapasitas Penampang Sungai dengan Metode HEC-RAS 4.1.0 (Studi Kasus Sungai Sigeleng Kec. Brebes). *Civ. Eng. Collab.* 7, 52–59. <https://doi.org/10.35134/jcivil.v7i2.43>
- Harisuseno, D., Soetopo, W., Arsy, F.L., 2020. Formulasi Intensitas Hujan dan Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) yang Sesuai pada Wilayah Hulu Kota Batu, Provinsi Jawa Timur. *J. Media Tek. Sipil* 18, 83–93. <https://doi.org/10.22219/jmts.v18i2.12625>
- Hendri, A., 2015. Analisis Metode Intensitas Hujan Pada Stasiun Hujan Pasar Kampar Kabupaten Kampar. Presented at the Annual Civil Engineering Seminar 2015, Pekanbaru.
- Irawan, P., Sari, N.K., Hidayat, A.K., Nursani, R., 2020. Bandingan Hss Snyder - Alexeyev, Nakayasu Dan Gamma 1 Pada Analisis Banjir Sub Das Ciliung Untuk Perencanaan Bangunan Air 6.
- Islami, F.A., 2023. Modul HECRAS 2D Published.
- Jayantara, I.G.N.Y., 2020. Implementasi Qgis Untuk Mengestimasi Kerugian Ekonomi Akibat Banjir Di Kabupaten Bandung. *J. Pendidik. Teknol. Dan Kejuru.* 18, 231.
- Kurnia Hidayat, A., Irawan, P., Ikhsan, J., Atmadja, S., Sari, N.K., Hendra, 2021. Analisis dan Pemetaan Limpasan Permukaan di Das Citanduy Hulu dengan Metode SCSN. *Jl Siliwangi No 24 Tawang Kota Tasikmalaya* 14, 5.
- Marselina, M., Nurhayati, S.A., Pandia, S.L., 2022. Flood Analysis and Estimating Economic Losses in an Affected Area (Case Study: Cikapundung Watershed). *Air Soil Water Res.* 15. <https://doi.org/10.1177/11786221221131277>

- Mashuri, Mardika, M.G.I., Sariyah, H., 2023. Studi Pemodelan Banjir 1-D (Satu Dimensi) dan 2-D (Dua Dimensi) Menggunakan HEC-RAS 5.0.7 (Studi Kasus: Sungai Way Sulan). *J. Infrastruktur* 9, 33–40.
- Murda, G.B.J., Mashuri, M., 2024. Analisis Limpasan Sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung Akibat Pengaruh Curah Hujan Menggunakan HEC-RAS 5.0.7. *Teras J. J. Tek. Sipil* 14, 211. <https://doi.org/10.29103/tj.v14i1.1057>
- Natakusumah, D.K., 2024. Hidrograf Satuan Sintetis Cara ITB dengan Faktor Debit Puncak (Kp) Berharga Eksak dan Numerik serta Durasi Hujan Satuan (Tr) yang dinormalkan 30, 144–156. <https://doi.org/10.14710/mkts.v30i1.55820>
- Oktarina, N.R., 2015. Analisa Hidrograf Limpasan Akibat Variasi Intensitas Hujan Dan Kemiringan Lahan (Kajian Laboratorium Dengan Simulator Hujan). *J. Tek. Sipil Dan Lingkungan*. 3, 718–725.
- Rachmawati, T., Sanjaya, S., 2023. Analisis Risiko Bencana Bendungan dengan Metode Valuasi Ekonomi 1.
- Ramadhan, Evan Fachru, Fidari, Jafan Sidqi, Harisuseno, Donny, 2024. Studi Pemetaan Banjir Pada Sungai Rejoso Dengan Menggunakan Hec-Ras. *J. Teknol. Dan Rekayasa Sumber Daya Air* 4, 1205–1218. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.02.102>
- Ridwan, Muhammad, S., Ihsan, R., Kusnandi, 2022. Kajian Simulasi Banjir Desa Doro Dengan Aplikasi Hecras 2D. *Clapeyron J. Ilm. Tek. Sipil* 3, 48–60. <https://doi.org/10.33387/clapeyron.v3i2.5392>
- Setiyowati, A., Anggraheni, E., 2024. Analisis Banjir pada Polder Sunter Timur II dengan Menggunakan HEC-RAS (Ras Mapper) 14, 39–52.
- Sholikha, D.E.Z., Sutoyo, S., Rau, M.I., 2022. Pemodelan Sebaran Genangan Banjir Menggunakan HEC-RAS di Sub DAS Cisadane Hilir: Flood Inundation Modelling Using HEC-RAS in the Cisadane Hilir Sub-watershed. *J. Tek. Sipil Dan Lingkungan*. 7, 147–160. <https://doi.org/10.29244/jsil.7.2.147-160>
- Suripin, S., Kurniani, D., 2016. Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Hidrograf Banjir di Kanal Banjir Timur Kota Semarang. *Media Komun. Tek. Sipil* 22, 119. <https://doi.org/10.14710/mkts.v22i2.12881>
- Tin, M., 2016. Analisa Data Foto Udara untuk DEM dengan 5, 2–7.
- Urbi, F.B.S., Khan, F., Wazkuruni, M., Ahmed, M.S., Fosial, A., Mamun, M.A.A., 2024. Analysis Of River Flow Dynamics And Flood Risk In The Buriganga River Using Steady Flow Modeling And Inundation Mapping By Hec-Ras. Presented at the International Conference on Advances in Civil Engineering (ICACE2024), Bangladesh.
- Wijayanto, M.R., Helda, N., 2022. Aplikasi Program HEC-RAS 5.0.7 untuk Pemodelan Banjir di Sub-sub DAS Martapura Kabupaten Banjar. *J. Serambi Eng.* 7. <https://doi.org/10.32672/jse.v7i4.4799>