



**VALIDASI SEBARAN GENANGAN BANJIR DI DAS PEPE HILIR  
MENGUNAKAN CITRA SENTINEL-1 DAN SIMULASI HEC-RAS 1D  
TERHADAP DATA OBSERVASI LAPANGAN**

***VALIDATION OF FLOOD INFLUENCING DISTRIBUTION IN THE PEPE  
HILIR WATERSHED USING SENTINEL-1 IMAGERY AND 1D HEC-RAS  
SIMULATION AGAINST FIELD OBSERVATION DATA***

**Nur Hidayah Tolloh<sup>1</sup>, Erni Mulyandari<sup>2\*</sup>, dan Suryo Handoyo<sup>3</sup>**

<sup>(1,2,3)</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta

**Abstrak**

Banjir merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di wilayah DAS Pepe Hilir dan berdampak terhadap masyarakat dan infrastruktur. Oleh karena itu, pemahaman yang akurat mengenai sebaran banjir sangat penting dalam upaya mitigasi risiko bencana. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis representasi genangan banjir menggunakan dua metode, yaitu deteksi berbasis penginderaan jarak jauh menggunakan citra satelit Sentinel-1 dan simulasi hidraulik berbasis model HEC-RAS 1D. Metode yang digunakan meliputi pengolahan citra radar Synthetic Aperture Radar (SAR) untuk mendeteksi area tergenang dan pemodelan aliran sungai menggunakan perangkat lunak HEC-RAS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa citra Sentinel-1 mampu mendeteksi banjir dengan akurasi sebesar 100 %, sedangkan hasil dari simulasi HEC-RAS menunjukkan akurasi yang lebih rendah sebesar 22,22 %. Temuan ini mengindikasikan bahwa pendekatan berbasis citra satelit lebih efektif dalam mempresentasikan kondisi aktual banjir di lapangan dibandingkan pemodelan hidraulik pada HEC-RAS, khususnya pada penelitian ini. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan dalam mitigasi bencana banjir di masa yang akan datang.

**Kata Kunci:** Akurasi, DAS Pepe Hilir, Banjir, HEC-RAS, Sentinel-1

**Abstract**

Flooding is one of the disasters that often occurs in the Pepe Hilir watershed and has an impact on the community and infrastructure. Therefore, an accurate understanding of the distribution of flooding is very important in the efforts of disaster risk mitigation. This study aims to analyze the representation of flood inundation using two methods, namely detection based on long distances using the Sentinel-1 satellite image and a hydraulic simulation based on the 1D hec-rs model. The method used includes processing the radar synthetic aperture radar (SAR) image to detect stagnant areas and river flow modeling using hec-ras software. The results showed that the Sentinel-1 image was able to detect floods with 100 % accuracy, while the results of the Hec-Ras simulation show lower accuracy of 22.22 %. This finding indicates that the satellite image-based approach is more effective in presenting the actual conditions of flooding in the field than hydraulic modeling in HEC-RAS, especially in this study. This research is expected to be the basis of decision making in flood disaster mitigation in the future.

**Keywords:** Accuracy, Pepe Hilir Watershed, Flood, HEC-RAS, Sentinel-1

**PENDAHULUAN**

Banjir adalah salah satu kejadian alam yang kerap muncul di Indonesia. Dampak akibat banjir sangat beraneka ragam, mencakup kerugian dalam hal nyawa, aspek sosial, serta sektor ekonomi (Rezagama, 2023). Citra satelit adalah salah satu cara yang dapat dimanfaatkan untuk menemukan risiko terjadinya banjir terutama untuk menentukan lokasi rawan terjadi genangan (Pradana et al., 2020). Sentinel-1 adalah citra SAR (*Syntethic Aperture*

*Radar*) yang dapat melaksanakan pengawasan permukaan tanah secara terus-menerus, tanpa gangguan dari awan, cuaca, atau ketergantungan pada cahaya matahari (Kushardono, 2017).

HEC-RAS (*River Analysis System*) adalah *Software* yang dibuat untuk memodelkan perilaku aliran air di sungai dengan mengacu pada prinsip-prinsip hidrolika. Aliran dan genangan banjir dapat dimodelkan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS. Namun demikian, Hasil dari simulasi itu harus diperiksa dengan data nyata yang ada di lapangan

(\*)Corresponding author

Telp :  
E-mail : [erni.mulyandari@lecture.utp.ac.id](mailto:erni.mulyandari@lecture.utp.ac.id)  
<http://doi.org/10.33506/rb.v11i02.4867>  
Received 20 Agustus 2025; Accepted 30 Oktober 2025; Available online 31 Oktober 2025  
E-ISSN: 2614-4344 P-ISSN: 2476-8928

supaya bisa diandalkan sebagai landasan untuk menentukan keputusan.

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan area yang dikelilingi oleh pemisah geografis, di mana setiap tetes hujan yang turun dalam wilayah ini akan mengalir menuju sungai utama dan cabang-cabangnya (Erni Mulyandari, Paska Wijayanti, 2024). Pengelolaan daerah aliran sungai yang kurang baik bisa memperburuk keadaan banjir, terutama di wilayah yang mudah mengalami genangan. Kejadian banjir sangat berisiko terjadi di DAS Pepe Hilir, dikarenakan daerah ini adalah kawasan perkotaan yang padat penduduk di Kota Surakarta (Aisha et al., 2019).

Nasution & Nurtyawan (2020), melaksanakan penelitian dengan judul “Penentuan Sebaran Banjir Melalui Analisis Citra Sentinel-1 SAR (Studi di Kabupaten Cikampek dan Kecamatan Purwosari, Kabupaten Karawang)”. Dalam penelitian ini digunakan metode *Change Detection and Thresholding* (CDAT), sebuah pendekatan yang dikenal mampu mempercepat proses deteksi banjir pada citra Sentinel-1 SAR. Tujuan penelitian ini adalah mendeteksi peristiwa banjir di Kecamatan Cikampek dan Purwosari melalui analisis Citra Sentinel-1 yang diambil sebelum banjir (29 Desember 2019) dan ketika banjir berlangsung (2 Januari 2020). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa tingkat keakuratan dalam identifikasi sebaran banjir melalui Citra Sentinel-1 dengan metode *Change Detection and Thresholding* (CDAT) sangat menjanjikan. Polarisasi VV menghasilkan akurasi keseluruhan 86,00% dengan koefisien kappa 0,712, sedangkan polarisasi VH menunjukkan akurasi 84,00% dan kappa 0,680.

Pradana et al. (2020), melakukan studi berjudul “Kajian Wilayah Terkena Banjir Di Desa Sitarjo, Kabupaten Malang Menggunakan data SAR (*Synthetic Aperture Radar*) Sentinel-1”. Studi yang meneliti besaran wilayah terendam akibat banjir dilaksanakan di Desa Sitarjo, Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Studi ini dilakukan untuk menghasilkan pemetaan wilayah tergenang banjir melalui pemanfaatan data citra SAR. Hasil dari studi ini adalah pemanfaatan Sentinel-1 dalam penggambaran wilayah banjir sudah menunjukkan hasil yang baik.

Alawiyah & Harintaka (2021), melakukan studi berjudul “Pengenalan Genangan Air Banjir di Area DKI Jakarta Menggunakan Citra Satelit Sentinel-1”. Studi ini dilakukan di wilayah Provinsi DKI Jakarta menggunakan beragam data, antara lain Citra Sentinel-1, DEMNAS, Global Surface Water, peta batas administrasi provinsi, dan informasi pemantauan banjir yang dirilis oleh Pemerintah

Provinsi DKI Jakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui area yang tersentuh banjir di wilayah DKI Jakarta. Dalam studi ini diterapkan metode *change detection* pada citra Sentinel-1 tahun 2019 dan 2020. Hasil analisis dan verifikasi menunjukkan bahwa 61 titik (28,96%) diklasifikasikan sebagai wilayah banjir, sedangkan 157 titik (71,04%) diklasifikasikan sebagai wilayah tidak banjir.

Budiarto & Bioesita (2023), melaksanakan studi dengan judul “Pemanfaatan Citra Sentinel-1 SAR dan Metode Deteksi Perubahan untuk Analisis Sebaran Spasial Wilayah Banjir dan Area Terdampak (Studi Kasus: Banjir Kabupaten Aceh Utara 2022)”. Studi ini berfokus pada peristiwa banjir dengan ketinggian 50-100 cm yang terjadi di wilayah Kabupaten Aceh Utara pada permulaan Oktober 2022. Banjir ini disebabkan oleh curah hujan yang tinggi, yang mengakibatkan sungai Krueng Keureuto dan Krueng Pirak meluap dan menggenangi tempat tinggal penduduk serta lahan pertanian. Penelitian ini menggunakan pendekatan deteksi perubahan dengan penerapan ambang batas yang efisien dan optimal untuk pemetaan cepat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeteksi dan memperkirakan luas area yang terendam banjir di Kabupaten Aceh Utara dengan memanfaatkan citra satelit. Penelitian mencatat puncak banjir pada 8 Oktober 2022 dengan total area terdampak 12.331,309 hektar. Kecamatan Lhoksukon merupakan lokasi terparah, mengalami banjir seluas 3.346,224 hektar.

Sari & Padang (2024), melaksanakan studi berjudul “Studi Banjir Berdasarkan Data SAR (*Synthetic Aperture Radar*) Sentinel-1 di Kecamatan Sungai Serut Kota Bengkulu”. Studi ini menggunakan metode Deteksi Perubahan dan penetapan ambang batas untuk menganalisis kejadian banjir. Dalam studi ini, digunakannya teknik penentuan banjir dengan memanfaatkan citra Sentinel-1 melalui metode Deteksi Perubahan dan Penetapan Ambang Batas (CDAT). Tujuan penelitian ini adalah mengamati dinamika sebaran banjir di Kecamatan Sungai Serut pada 6 Januari 2022 dan 6 Februari 2022. Hasil menunjukkan bahwa sebelum banjir, area terdampak hanya 15,5 hektar, namun ketika banjir terjadi pada 6 Februari 2022, luas genangan melonjak menjadi 146,32 hektar.

Dalam penelitian Handoyo, Sumina, Mulyandari, & Perdana (2025) bertujuan untuk mengevaluasi tingkat ketepatan dalam mendeteksi banjir melalui gambar Sentinel-1 dan teknik Otsu Thresholding di wilayah Kota Surakarta. Perhitungan yang digunakan adalah Metrik Akurasi *Recall* (Tingkat

deteksi) dengan perbandingan hasil deteksi dengan data observasi lapangan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai *Recall* 78,16%, adapun kejadian banjir tidak terdeteksi dikarenakan tutupan lahan yang kompleks serta intensitas banjir yang rendah. Penelitian ini menunjukkan bahwa citra Sentinel-1 mampu mendeteksi banjir dengan cukup akurat.

Indriyani et al. (2022), melaksanakan penelitian dengan judul “Studi Analisis Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS”. Studi ini berfokus pada perubahan tata guna lahan di DAS Silandak, Kota Semarang, dengan pendekatan perhitungan HSS Snyder dan pemodelan melalui HEC-HMS. Penelitian bertujuan menaksir debit puncak serta membandingkan hidrograf tahun 2020. Temuan menunjukkan debit puncak HSS Snyder sebesar 91,42 m<sup>3</sup>/dt untuk kala ulang 2 tahun; 115,19 m<sup>3</sup>/dt untuk 5 tahun; 142,77 m<sup>3</sup>/dt untuk 25 tahun; 152,17 m<sup>3</sup>/dt untuk 50 tahun; dan 162,61 m<sup>3</sup>/dt untuk 100 tahun. Adapun pemodelan HEC-HMS menghasilkan debit puncak masing-masing 89,53; 114,14; 127,8; 142,7; 152,44; dan 163,24 m<sup>3</sup>/dt pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.

Wigati & Soedarsono (2016), melaksanakan penelitian yang berjudul “Analisis Banjir dengan Menggunakan Software HEC-RAS 4. 1. 0 (Studi Kasus Sub-DAS Ciberang HM 0+00 – HM 34+00)”. Studi ini memanfaatkan metode HSS SCS dan Snyder serta pemodelan hidraulik dengan HEC-RAS 4.1.0 untuk menaksir besarnya debit banjir Q50 di Sungai Ciberang, menilai kerentanan wilayah, dan merumuskan solusi pengendalian banjir. Temuan menunjukkan debit kala ulang 50 tahun mencapai 1.228,162 m<sup>3</sup>/dt. Kondisi saat ini tidak mampu menampung debit sebesar itu, namun setelah dilakukan normalisasi alur dan peninggian tanggul, sungai dinilai dapat menyalurkan debit Q50 dengan aman.

Utomo et al. (2019), melaksanakan studi berjudul “Studi Banjir dan Pemetaan Area Terdampak Banjir di Kelurahan Laweyan, Kota Surakarta”. Penelitian ini dilakukan dengan pemodelan HEC-RAS menggunakan data curah hujan dari STA Nepen dan Pebelan. Tujuannya menaksir luasan dan tinggi genangan banjir di Sungai Premulung dan Sungai Brojo, Kelurahan Laweyan, pada skenario debit Q5, Q10, Q25, dan Q50. Berdasarkan hasil analisis, luas area terendam untuk kala ulang 25 tahun mencapai 14.081,59 m<sup>2</sup> (6,08%), sedangkan untuk 50 tahun meningkat menjadi 37.518,82 m<sup>2</sup> (16,20%).

Muhammad Kautsar Hafizhurrahman Pratonggopati, Dian Sisingsih (2024), melakukan kajian yang berjudul “Analisis Pengendalian Banjir di Hilir Sungai Cisaar, Kabupaten Sukabumi

Menggunakan Program HEC-RAS”. Studi ini menggabungkan pemodelan HEC-RAS dengan perhitungan HSS Nakayasu guna menaksir debit banjir kala ulang 25 dan 50 tahun serta menyusun rencana mitigasi. Temuan menunjukkan debit banjir masing-masing 89,296 m<sup>3</sup>/dt (Q25) dan 99,540 m<sup>3</sup>/dt (Q50). Rekomendasi pengendalian banjir meliputi normalisasi sungai dengan saluran berukuran tinggi 7 m dan lebar 70 m, ditambah pembangunan tanggul setinggi 1,3 m.

Berdasarkan riset sebelumnya, penelitian ini menawarkan inovasi dengan membandingkan tingkat ketepatan antara gambar sentinel-1 dan simulasi HEC-RAS dengan data pengamatan di lapangan. Inovasi ini berfokus pada metode analisis yang mampu menggambarkan banjir secara lebih efektif di DAS Pepe Hilir.

Oleh sebab itu, fokus penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi metode yang memberikan tingkat akurasi yang lebih baik dalam mempresentasikan genangan banjir berdasarkan data observasi lapangan di DAS Pepe Hilir.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Dasar Teori

Perhitungan tingkat akurasi menggunakan metrik akurasi *Recall* (Handoyo et al., 2025) :

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (1)$$

dengan.

TP = True Positive (kejadian banjir terdeteksi)

FN = False Negative (kejadian banjir tidak terdeteksi)

Perhitungan *Recall* berfokus pada seberapa banyak data dari kelas positif yang berhasil terdeteksi oleh citra satelit. *Recall* dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah positif yang terdeteksi dengan benar terhadap jumlah data positif yang sebenarnya ada. Dalam mendeteksi Tingkat akurasi banjir, *Recall* dapat membantu dalam mengukur sejauh mana citra satelit dapat mendeteksi banjir yang sebenarnya terjadi. Semakin tinggi nilai *Recall*, semakin kecil kemungkinan citra satelit melewatkan kejadian banjir.

## METODE

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kota Surakarta, tepatnya di Daerah Aliran Sungai (DAS) Pepe Hilir. Bagian hulu dari sungai ini berada di Bendung Tirtonadi, sementara bagian hilirnya berakhir di Pintu Air Demangan Baru. Analisis dilakukan dengan merujuk pada batas administratif Kelurahan yang wilayahnya berada dalam Daerah Aliran Sungai Pepe Hilir.

## Pengambilan Data

Penelitian ini memanfaatkan dua tipe data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pelaksanaan survei pada aliran sungai Pepe Hilir untuk mendapatkan data dimensi sungai. Informasi sekunder diperoleh dari lembaga yang relevan, meliputi data hujan dari BBWS Bengawan Solo, data DAS dari BPSDA Bengawan Solo, dan data banjir dari BPBD & DPUPR Kota Surakarta. Serta data DEMnas, peta RBI, dan Peta tipe tanah.

## Dimensi Sungai

Dimensi sungai Pepe Hilir didapat dari pengukuran langsung di lokasi berdasarkan 12 STA dengan jarak perSTA adalah 500 m.

## Luas Daerah Aliran Sungai

Analisis untuk mencari batas dan luasan DAS Pepe hilir menggunakan data DEMnas. DEMnas merupakan data topografi Indonesia yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial tahun 2018 (Irene et al., 2023). Data ini dianalisis dengan memanfaatkan perangkat lunak pengolahan data spasial yaitu QGIS 3.14.6.

## Debit Banjir Rencana

Analisis debit banjir rencana memanfaatkan analisis *Flow Hydrograph* di perangkat lunak HEC-HMS dengan metode Snyder. Langkah langkah dalam perhitungan debit banjir rancangan (Badan Standardisasi Nasional, 2016) adalah sebagai berikut:

- 1) Uji konsistensi data curah hujan dengan cara menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) (Harto, 1993)
- 2) Analisis curah hujan dengan metode Thiessen (Triatmodjo, 2008)
- 3) Uji kesesuaian distribusi menggunakan teknik Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov (Triatmodjo, 2008)
- 4) Penghitungan distribusi curah hujan untuk periode ulang 2 tahun
- 5) *Hyterograph* hujan rancangan dengan metode ABM (*Alternating Block Method*)
- 6) Perhitungan hujan efektif
- 7) Kalibrasi penentuan parameter Snyder
- 8) Analisis *Flow Hydrograph* dengan HEC-HMS

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tingkat Akurasi Citra Sentinel-1

Tingkat akurasi dilakukan dengan deteksi menggunakan platform GEE (*Google Earth Engine*). Pendeteksian dilakukan dengan memfilter tanggal kejadian banjir dan area penelitian sesuai dengan

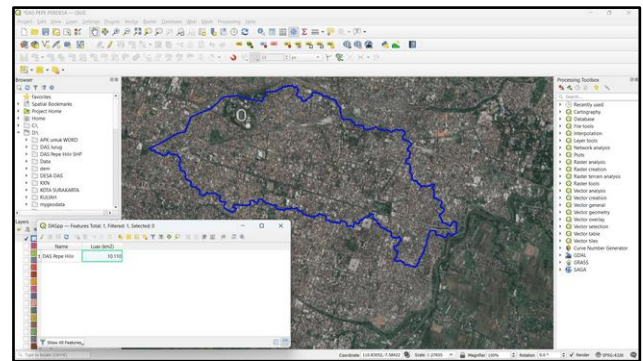
data observasi lapangan pada *Script* di GEE. Hasil dari citra pada GEE dikonversi dengan perhitungan nilai *Recall* berdasarkan dengan 18 data observasi lapangan yang dideteksi. Adapun perhitungan nilai *Recall* adalah sebagai berikut :

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{18}{18 + 0} = 1 (100 \%)$$

Berdasarkan nilai *Recall* sebesar 100%, citra Sentinel-1 mampu mendeteksi 18 kejadian banjir dari 18 data observasi lapangan.

## Analisis Luas Area DAS Pepe Hilir

Analisis luas area DAS Pepe hilir menggunakan perangkat lunak QGIS 3.14.16 membutuhkan 1 data DEM yang kemudian dilakukan proses *deliniasi*. Adapun untuk hasil luas DAS Pepe Hilir adalah 10,11 km<sup>2</sup> dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Luas DAS Pepe Hilir

## Uji Konsistensi Hujan

Uji konsistensi dilakukan pada pos hujan Pabelan (2001-2024). Berdasarkan uji hujan dengan metode RAPS pada pos hujan Pabelan hasilnya adalah konsisten.

## Curah Hujan Rerata Metode Thiessen

Perhitungan rata-rata hujan menggunakan cara Thiessen dikarenakan letak DAS Pepe Hilir yang berada di daerah perkotaan. Hasil perhitungan curah hujan maksimum menggunakan metode Thiessen dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Curah Hujan Maksimum

No	Tahun	Pmaks
1	2001	80
2	2002	80
3	2003	85
4	2004	104
5	2005	89
6	2006	92
7	2007	133
8	2008	126
9	2009	142
10	2010	103
11	2011	114

No	Tahun	Pmaks
12	2012	99
13	2013	76
14	2014	123
15	2015	166
16	2016	138
17	2017	118
18	2018	69
19	2019	116
20	2020	113
21	2021	167
22	2022	104
23	2023	82
24	2024	111

**Uji Kecocokan Distribusi**

Uji kecocokan distribusi curah hujan dilakukan dengan 2 metode yaitu Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov. Hasil dari uji kecocokan distribusi dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Uji Kecocokan Distribusi

No	Distribusi	Chi Kuadrat	Smirnov Kolmogorov
1	Normal	Sesuai	Sesuai
2	Log Normal	Sesuai	Sesuai
3	Gumbel	Sesuai	Sesuai
4	Log Pearson III	Sesuai	Sesuai

Berdasarkan uji kecocokan distribusi pada Tabel 2, distribusi yang digunakan untuk menghitung kala ulang adalah distribusi Log Normal.

**Hujan Kala Ulang**

Perhitungan hujan rencana dengan kala ulang 2 tahun menggunakan distribusi Log Normal. Hasil perhitungan untuk jumlah, rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan dibantu dengan *Microsoft excel* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hujan Kala Ulang

No	Tahun	PMaks (mm)	log P	Log P - Rerata Log P	(Log P - Rerata Log P) <sup>2</sup>	(Log P - Rerata Log P) <sup>3</sup>
1	2001	80	1.90	-0.12	0.016	-0.002
2	2002	80	1.90	-0.12	0.016	-0.002
3	2003	85	1.93	-0.10	0.010	-0.001
4	2004	104	2.02	-0.01	0.000	0.000
5	2005	89	1.95	-0.08	0.006	0.000
6	2006	92	1.96	-0.06	0.004	0.000
7	2007	133	2.12	0.10	0.009	0.001
8	2008	126	2.10	0.07	0.005	0.000
9	2009	142	2.15	0.12	0.016	0.002
10	2010	103	2.01	-0.01	0.000	0.000
11	2011	114	2.06	0.03	0.001	0.000
12	2012	99	2.00	-0.03	0.001	0.000
13	2013	76	1.88	-0.15	0.022	-0.003
14	2014	123	2.09	0.06	0.004	0.000
15	2015	166	2.22	0.19	0.037	0.007
16	2016	138	2.14	0.11	0.013	0.001
17	2017	118	2.07	0.04	0.002	0.000
18	2018	69	1.84	-0.19	0.036	-0.007
19	2019	116	2.06	0.04	0.001	0.000
20	2020	113	2.05	0.03	0.001	0.000
21	2021	167	2.22	0.19	0.038	0.007
22	2022	104	2.02	-0.01	0.000	0.000
23	2023	82	1.91	-0.11	0.013	-0.001
24	2024	111	2.05	0.02	0.000	0.000
Jumlah			48.67			
rerata			2.03			
Sd			0.10	Jumlah	0.249	0.003
n			24			

Setelah mendapatkan nilai koefisien kemencengan, selanjutnya adalah mencari nilai  $K_T$  pada tabel nilai variabel reduksi gauss didapat sebesar 0 pada kala ulang 2 tahun. Perhitungan hujan kala ulang 2 tahun sebagai berikut.

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \cdot S_d$$

$$Y_2 = 2,03 + 0,00 \times 0,10 = 2$$

$$X_2 = 10^{Y_T}$$

$$X_2 = 10^{2,0} = 106,59 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan dengan distribusi Log Normal, hasil dari hujan kala ulang 2 tahun adalah 106,59 mm

**Hyetograph Hujan Rancangan (ABM)**

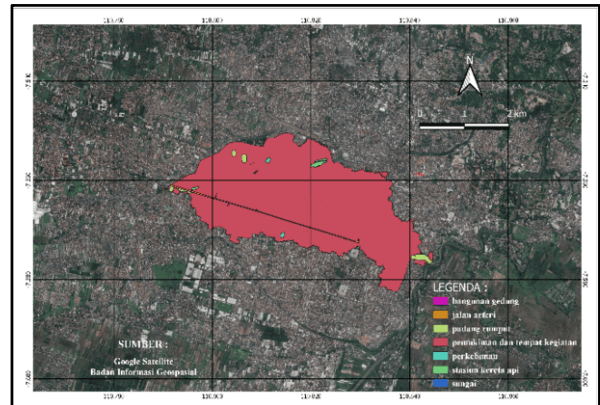
Hujan kala ulang yang telah dihitung diubah ke dalam hujan jam-jaman dengan metode ABM. Sobriyah (2003) mengatakan bahwa hujan dengan durasi 4 jam lebih sering mengakibatkan banjir (Fauziyah et al., 2013). Hasil perhitungan ABM disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Hyetograph Hujan Rancangan**

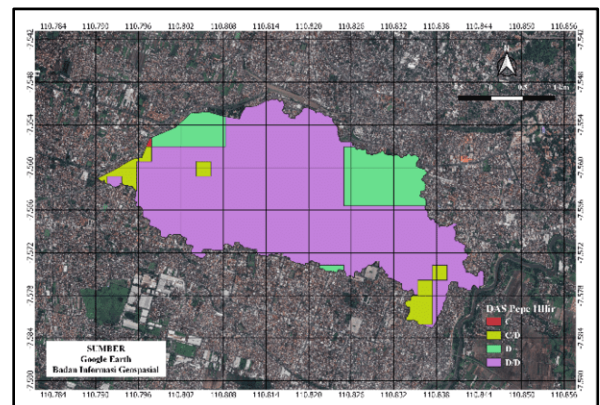
Td jam	Δt jam	I <sub>t</sub> mm/jam	I <sub>t</sub> T <sub>d</sub> mm	Δp mm	p <sub>t</sub> %	Hyetograph %	Hyetograph mm
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0-1	37	37	37	63%	11%	12
2	1-2	23	47	10	16%	63%	67
3	2-3	18	53	7	11%	16%	17
4	3-4	15	59	5	9%	9%	10
Jumlah				59	100%	100%	107

**Hujan Efektif**

Perhitungan hujan efektif memerlukan nilai CN yang dapat ditentukan dari data tutupan lahan dan data tipe tanah. Data-data tersebut diolah menggunakan perangkat lunak QGIS 3.14.16 sesuai dengan batas DAS Pepe Hilir. Peta tutupan lahan dan peta tipe tanah DAS Pepe Hilir dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



**Gambar 2. Peta Tutupan Lahan DAS Pepe Hilir**



**Gambar 3. Peta Tipe Tanah DAS Pepe Hilir**

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, didapatkan nilai CN sebesar 84,13, sehingga hujan efektif dapat dihitung. Adapun Hasil perhitungan hujan efektif disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Hujan Efektif**

t	P	Σ P	ΣPeff	Peff
1	12.24	12.24	0.14	0.14
2	67.15	79.39	41.39	41.25
3	17.45	96.85	56.33	14.94
4	9.75	106.59	64.93	8.60
Jumlah	106.59		Jumlah	64.93

**Parameter Snyder**

Parameter Snyder ini digunakan untuk analisa *Flow Hydrograph* pada HEC-HMS. Sebelum digunakan untuk analisa kala ulang 2 tahun, parameter Snyder perlu dilakukan kalibrasi terhadap data kecepatan di lapangan dan catatan hujan yang diambil pada tanggal 21 Februari 2024. Berikut adalah parameter Snyder yang telah dikalibrasi.

- A (Luas DAS) = 10,11 km<sup>2</sup>
- L (Panjang Sungai Utama) = 5,48 km
- Lc = 2,74 km

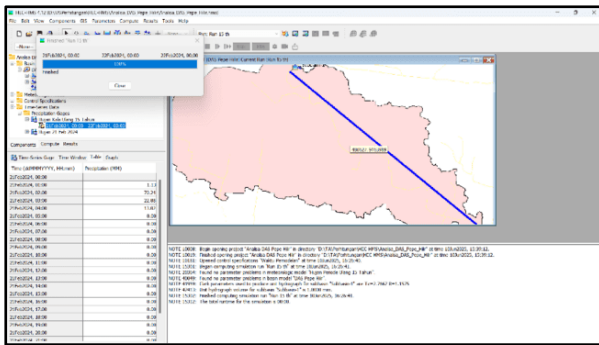
Koef. n = 0,3 (0,2 – 0,3)  
 Koef. Ct = 1,36 (1,35 – 1,65)  
 Koef. Cp = 0,69 (0,56 – 0,69)  
 CN = 84,13  
 $tp = Ct \times [(L \times Lc)]^n$   
 $= 1,36 \times [(5,48 \times 2,74)]^{0,3}$   
 $= 2 \text{ jam}$

**Analisis Flow Hydrograph**

Analisis aliran hidrograph menggunakan perangkat lunak HEC-HMS merupakan suatu evaluasi untuk menentukan nilai dari aliran hidrograph yang terdapat di Daerah Aliran Sungai Pepe Hilir. Data yang digunakan untuk analisis ini adalah hujan efektif dan parameter Snyder, kemudian *dirunning* seperti dapat dilihat pada Gambar 4.

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
21Feb2024	00:00				0.0	0.0	0.0
21Feb2024	01:00	0.14	0.00	0.14	0.0	0.0	0.0
21Feb2024	02:00	41.25	0.36	40.89	10.8	0.0	10.8
21Feb2024	03:00	14.94	0.06	14.88	35.8	0.0	35.8
21Feb2024	04:00	8.60	0.03	8.57	50.6	0.0	50.6
21Feb2024	05:00	0.00	0.00	0.00	41.8	0.0	41.8
21Feb2024	06:00	0.00	0.00	0.00	24.2	0.0	24.2
21Feb2024	07:00	0.00	0.00	0.00	11.1	0.0	11.1
21Feb2024	08:00	0.00	0.00	0.00	4.4	0.0	4.4
21Feb2024	09:00	0.00	0.00	0.00	1.7	0.0	1.7
21Feb2024	10:00	0.00	0.00	0.00	0.5	0.0	0.5
21Feb2024	11:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
21Feb2024	12:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
21Feb2024	13:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
21Feb2024	14:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
21Feb2024	15:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
21Feb2024	16:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
21Feb2024	17:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
21Feb2024	18:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
21Feb2024	19:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
21Feb2024	20:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
21Feb2024	21:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
21Feb2024	22:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
21Feb2024	23:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
22Feb2024	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

Gambar 4. Total Base Flow



Gambar 4. Running HEC-HMS

Berdasarkan analisis di HEC-HMS mendapatkan hasil debit puncak 50,6 m<sup>3</sup>/s dengan rincian total base flow yang akan *diinput* di analisis HEC-RAS dapat dilihat pada Gambar 5.

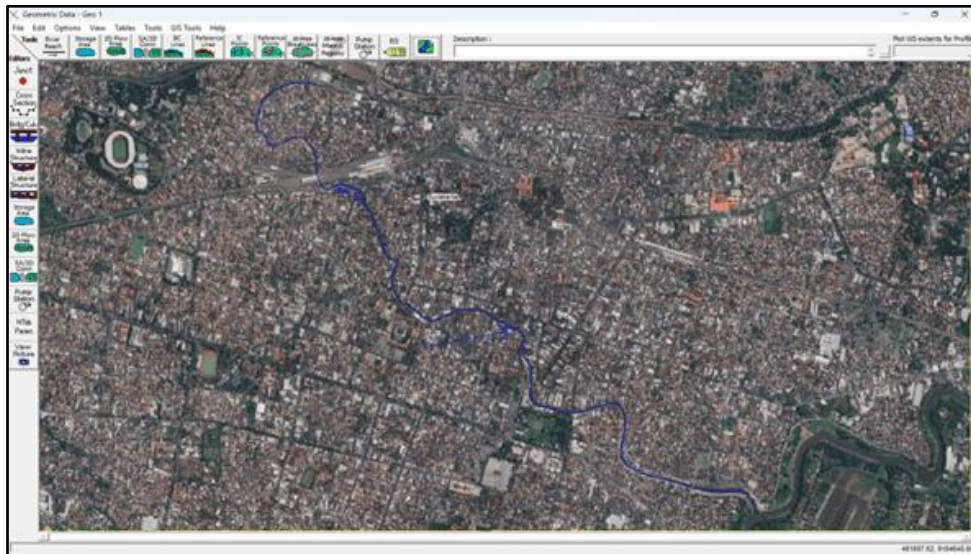
**Analisis Simulasi HEC-RAS**

Analisis simulasi genangan air menggunakan HEC-RAS adalah proses pembuatan model untuk sungai Pepe Hilir dengan pendekatan satu dimensi. Model ini kemudian dijalankan menggunakan aliran banjir dengan frekuensi ulang dua tahun yang diperoleh dari analisis Flow Hydrograph dalam HEC-HMS. Data yang digunakan dalam analisis ini adalah data dimensi yang dapat dilihat pada Tabel 6 dan data *Flow Hydrograph* yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 6. Dimensi Sungai

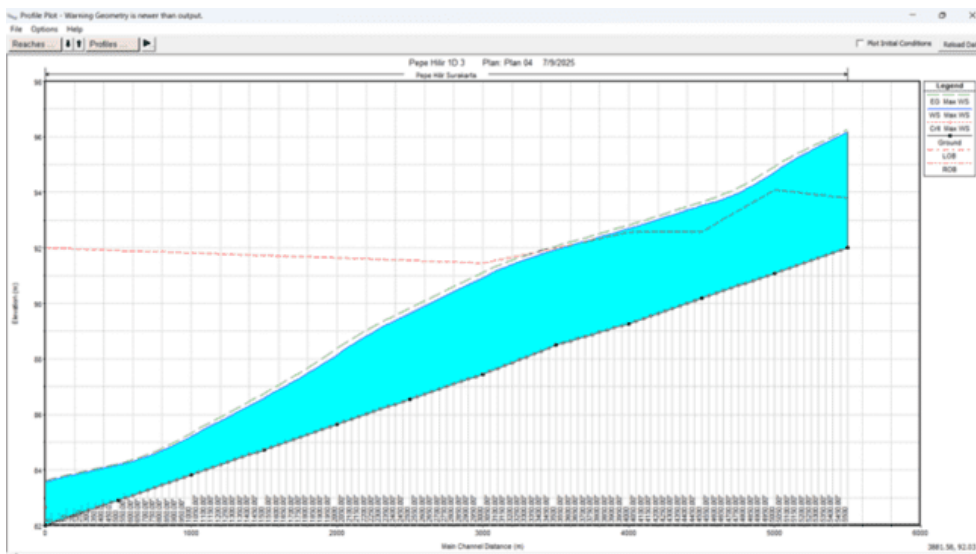
STA	Lebar Dasar (m)	Kedalaman Maksimum (m)	Lebar Pemukaan (m)	Elevasi Dasar (m)	Sempadan (m)	
					Kiri	Kanan
0	29.20	10.00	31.00	82.00	5.00	5.00
500	43.20	9.00	45.00	82.91	3.60	3.70
1000	21.70	8.00	23.50	83.82	4.00	1.20
1500	14.20	7.00	16.00	84.73	5.00	1.50
2000	8.70	6.00	10.50	85.64	2.50	1.50
2500	7.70	5.00	9.50	86.55	1.50	1.80
3000	6.50	4.00	8.30	87.45	2.00	2.10
3500	8.20	3.50	10.00	88.49	1.60	1.50
4000	8.20	3.30	10.00	89.27	5.00	2.60
4500	7.20	2.40	9.00	90.18	2.90	0.80
5000	5.40	3.00	7.20	91.09	1.00	1.50
5500	5.40	1.80	7.20	92.00	2.80	2.60

Berdasarkan data dimensi sungai Pepe Hilir HEC-RAS. Pemodelan 1D dapat dilihat pada kemudian dilakukan pemodelan 1D menggunakan Gambar 6.



Gambar 5. Pemodelan 1D

Berdasarkan analisis aliran tidak tetap dengan menggunakan kala ulang 2 tahun didapatkan hasil jika pada STA 5500 sampai dengan STA 3700 mengalami banjir yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Profiles Plot

Berdasarkan hasil pemodelan simulasi banjir di HEC-RAS, hasil nilai *Recall* simulasi HEC-RAS terhadap data observasi lapangan. Untuk perhitungan *Recall* adalah sebagai berikut.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{4}{4 + 14} = 22,22 \%$$


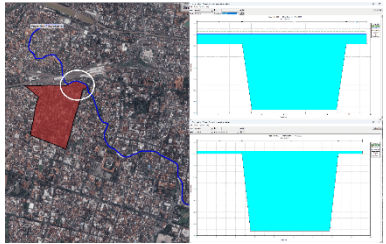





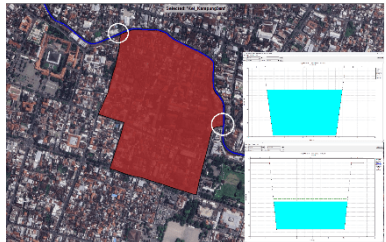
Berdasarkan hasil *Recall*, simulasi pada HEC-RAS mampu mensimulasikan 4 titik banjir terhadap 18 titik banjir yang ada.

### Evaluasi Perbedaan Representasi Peristiwa Banjir

Analisis perbandingan representasi banjir bertujuan mengevaluasi tingkat kesesuaian antara pemodelan genangan berbasis citra satelit dan pemodelan hidraulik HEC-RAS dengan kondisi banjir yang terjadi di lapangan. Rincian perbandingan visualnya disajikan pada Tabel 7.



**Tabel 7.** Hasil Visualisasi Kejadian Banjir

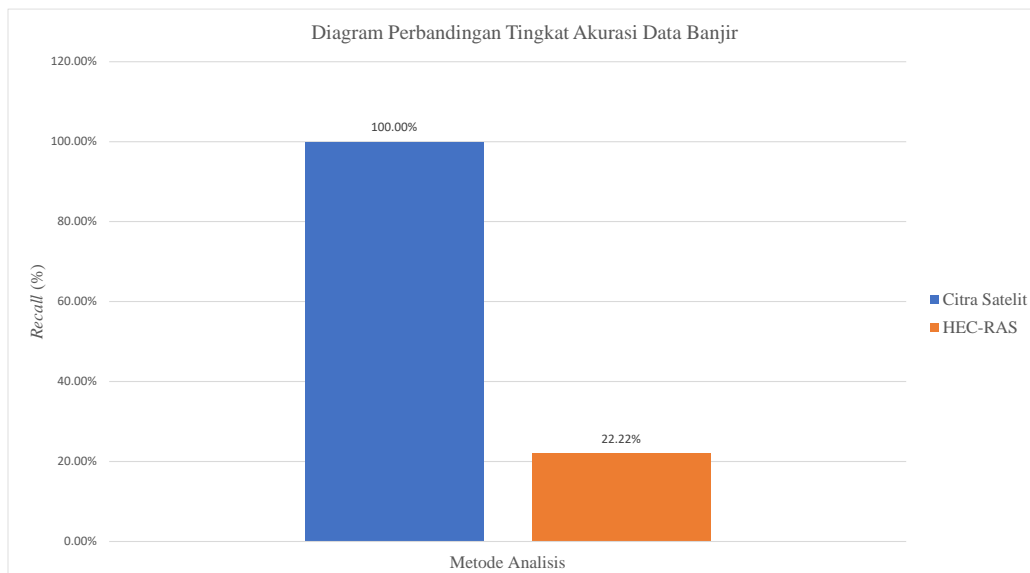
No	Nama Kelurahan	Waktu Terjadinya Banjir	Hasil Analisis GEE	Hasil HEC-RAS
1	Kelurahan Punggawan	8 Mei 2022		
2	Kelurahan Purwosari	8 Mei 2022		
3	Kelurahan Purwosari	11 Februari 2022		
4	Kelurahan Kampung Baru	8 Mei 2022		

Hasil visualisasi banjir menggunakan citra Sentinel-1 dan pemodelan HEC-RAS kemudian dibandingkan dengan data observasi lapangan. Tabel 8 menampilkan ringkasan perbandingan tersebut, dan Gambar 8 menyajikan diagramnya.

**Tabel 8.** Perbandingan Tingkat Akurasi

No	Sumber	Tanggal	Kelurahan	Kejadian Banjir		
				Instansi	Citra Satelit	HEC-RAS
1	BPBD Surakarta 2022	8 Mei 2022	Punggawan	✓	✓	✓
2	BPBD Surakarta 2022	8 Mei 2022	Purwosari	✓	✓	-
3	BPBD Surakarta 2022	11 Februari 2024	Purwosari	✓	✓	-
4	BPBD Surakarta 2022	8 Mei 2022	Kampung Baru	✓	✓	-
5	BPBD Surakarta 2024	16 Februari 2024	Sewu	✓	✓	-
6	BPBD Surakarta 2024	25 Februari 2024	Sewu	✓	✓	-
7	BPBD Surakarta 2024	4 Februari 2024	Purwosari	✓	✓	-
8	BPBD Surakarta 2024	25 Februari 2024	Surodiprajan	✓	✓	-

No	Sumber	Tanggal	Kelurahan	Kejadian Banjir		
				Instansi	Citra Satelit	HEC-RAS
9	DPUPR Surakarta 2022	9 September 2022	Sriwedari	✓	✓	-
10	DPUPR Surakarta 2022	12 September 2022	Purwosari	✓	✓	-
11	DPUPR Surakarta 2022	26 Januari 2022	Kauman	✓	✓	-
12	DPUPR Surakarta 2022	6 Agustus 2022	Kedung Lumbu	✓	✓	-
13	DPUPR Surakarta 2022	31 Agustus 2022	Kepatihan Kulon	✓	✓	-
14	DPUPR Surakarta 2022	1 September 2022	Gandekan	✓	✓	-
15	DPUPR Surakarta 2022	26 Agustus 2022	Gilingan	✓	✓	✓
16	DPUPR Surakarta 2022	24 Agustus 2022	Stabelan	✓	✓	-
17	DPUPR Surakarta 2022	25 Agustus 2022	Kestalan	✓	✓	✓
18	DPUPR Surakarta 2022	23 Agustus 2022	Manahan	✓	✓	✓
Metode Analisis					100.00%	22.22%



**Gambar 7.** Diagram Perbandingan Tingkat Akurasi

## KESIMPULAN

Penelitian ini memvalidasi distribusi genangan banjir di DAS Pepe Hilir melalui pemanfaatan citra Sentinel-1 dan pemodelan HEC-RAS 1D, dengan pembandingan data observasi lapangan. Dari analisis tersebut diperoleh sejumlah kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Evaluasi akurasi kejadian banjir dengan citra satelit Sentinel-1, dibandingkan data BPBD dan DPUPR Surakarta, menunjukkan nilai recall mencapai 100 %.
- 2) Perhitungan debit banjir rancangan pada DAS Pepe Hilir untuk periode ulang dua tahunan dengan perangkat lunak HEC-HMS menghasilkan nilai 50,6 m<sup>3</sup>/s.
- 3) Berdasarkan perbandingan dengan data BPBD dan DPUPR Surakarta, hasil evaluasi akurasi

simulasi HEC-RAS memberikan nilai recall mencapai 22,22 %.

- 4) Metode yang paling efektif menampilkan insiden banjir berdasarkan data pengamatan di lokasi secara efektif adalah dengan menggunakan penginderaan jarak jauh menggunakan Sentinel-1 untuk visualisasi kejadian banjir.

## REFERENSI

- Aisha, M., Miladan, N., & Utomo, R. P. (2019). Kajian Kerentanan Bencana pada Kawasan Berisiko Banjir DAS Pepe Hilir, Surakarta. *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif, Volume 14*(Januari 2019), hal. 205-2019.
- Alawiyah, A. M., & Harintaka, H. (2021). Identifikasi Genangan Banjir di Wilayah

- DKI Jakarta Menggunakan Citra Satelit Sentinel-1. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 4(2), 95. <https://doi.org/10.22146/jgise.68353>
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). Sni 2415:2016. *Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*.
- Budiarto, F. A., & Bioresita, F. (2023). Pemanfaatan Citra Sentinel-1 SAR dan Metode Change Detection Approach Untuk Analisis Sebaran Spasial Wilayah Banjir dan Area Terdampak (Studi Kasus: Banjir Kabupaten Aceh Utara 2022). *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 6(2), 153. <https://doi.org/10.22146/jgise.87585>
- Erni Mulyandari, Paska Wijayanti, G. (2024). *Hidrologi Terapan*. PT Penerbit Penamuda Media.
- Fauziyah, S., Sobriyah, & Susilowati. (2013). Analisis Karakteristik dan Intensitas Hujan Kota Surakarta. *Matriks Teknik Sipil*, 1(1), 82–89.
- Handoyo, S., Sumina, Mulyandari, E., & Perdana, R. F. (2025). Evaluasi Tingkat Akurasi Deteksi Banjir Menggunakan Citra Satelit Sentinel-1 dan Metode otsu Thresholding si Kota Surakarta. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia p – ISSN: 2541-0849*, 10(4), 4580–4588.
- Harto, S. (1993). *Analisis Hidrologi*. PT Gramedia Pustaka Utama. <https://doi.org/10.1002/zaac.201300446>
- Indriyani, M., Amalia, R. S., Santosa, B., & Hartanto, D. (2022). Analisa Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang). *G-Smart*, 6(1), 48–57. <https://doi.org/10.24167/gsmart.v6i1.4031>
- Irene, S., Persadanta, P., & Adrian, W. (2023). Analisis Komparasi Elevasi DEMNAS dan ASTER GDEM Terhadap Hasil Survei Terestris Comparative Analysis of DEMNAS and ASTER GDEM Elevations towards Terrestrial Survey Results. *Jurnal Teknik Transportasi*, 2(2), 86–101. <https://jtt.itltrisakti.ac.id>
- Kushardono, D. (2017). Klasifikasi Digital Pada Penginderaan Jauh. In *New Scientist* (Vol. 158, Issue 2139). IPB Press.
- Muhammad Kautsar Hafizhurrhman Pratonggopati, Dian Sisinggih, S. (2024). Studi Pengendalian Banjir Hilir Sungai Cisaar Kabupaten Sukabumi Menggunakan Aplikasi Hec-Ras. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air Vol. 05 No. 01 (2025) 337 - 346*, 05(01), 337–346.
- Nasution, A. M., & Nurtyawan, R. (2020). Identifikasi Sebaran Banjir Berdasarkan Studi Citra Sentinel-1 SAR (Studi Kasus: Kecamatan Cikampek dan Kecamatan Purwasari, Kabupaten Karawang). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 20(x), 1–12. <https://tanahair.indonesia.go.id/>.
- Pradana, I. H., Irawan, L. Y., Setiawan, D., Yuliano, F. S., & Mufid, H. A. (2020). Analisis Daerah Tergenang Banjir Di Desa Sitiarjo, Kabupaten Malang Menggunakan Data SAR (Synthetic Aperture Radar) Sentinel-1. *Jurnal Georaflesia: Artikel Ilmiah Pendidikan Geografi*, 5(1), 58. <https://doi.org/10.32663/georaf.v5i1.1347>
- Rezagama, I. S. B. & A. (2023). Pemodelan Banjir Dua Dimensi Sungai Seruyan Menggunakan Aplikasi HEC-RAS. *Jurnal Inovasi Konstruksi*, 2(April).
- Sari, K. Y., & Padang, U. N. (2024). Analisis Bencana Banjir Menggunakan Data SAR (Synthetic Aperture Radar) Sentinel 1 Di Kecamatan Sungai Serut Kota Bengkulu. *Masaliq Jurnal Pendidikan Dan Sains*, 4, 722–741.
- Triatmodjo, B. (2008). Hidrologi Terapan. In *Beta Offset Yogyakarta* (p. 358).
- Utomo, E. S., Hadiani, R. R. R., & Suryandari, E. S. (2019). Analisis Banjir Dan Pemetaan Kawasan Terdampak Banjir Di Kelurahan Laweyan, Kota Surakarta. *Matriks Teknik Sipil*, 7(3). <https://doi.org/10.20961/mateksi.v7i3.36489>
- Wigati, R., & Soedarsono, S. (2016). Analisis Banjir Menggunakan oftware HEC-RAS 4.1.0 (Studi Kasus Sub DAS Ciberang HM 0+00 - HM 34+00). *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 51–61. <https://doi.org/10.36055/jft.v5i2.1261>