

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP FLUKTUASI DEBIT PUNCAK BANJIR MENGUNAKAN MODEL HEC-HMS DI DAS JUANA

Rahimatus Sakinah Zaim Alyaminy* dan Evi Anggraheni

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Indonesia

*astyzaim@gmail.com

Submit: 5 Juni 2026 Revision: 26 Juni 2026 Accepted: 27 Juni 2026

Intisari

Deforestasi dan ekspansi kawasan pemukiman secara masif merupakan pemicu utama dalam kerusakan sistem hidrologi di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). DAS Juana yang terletak di kawasan Pegunungan Kendeng dan Gunung Muria tidak luput dari tren degradasi lingkungan ini. Dinamika perubahan tutupan lahan di wilayah tersebut telah memicu pergeseran karakteristik fisik yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak dari perubahan tutupan lahan terhadap fluktuasi debit puncak banjir di DAS Juana. Kajian mengenai perubahan tutupan lahan di DAS Juana mencakup tiga periode pengamatan, yaitu tahun 1990, 2011, dan 2024. Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis spasial-temporal jangka panjang selama lebih dari tiga dekade (35 tahun). Analisis ini dilakukan dengan bantuan *software* ArcGIS dalam mengolah data DEM untuk memperoleh parameter topografi dan morfometri subDAS, serta memproses citra satelit dan memetakan sebaran tutupan lahan. Selanjutnya, parameter subDAS tersebut digunakan sebagai data *input* dalam pemodelan banjir menggunakan HEC-HMS. Hasil analisis tutupan lahan pada tahun 1990, 2011, dan 2024 menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan luas hutan secara signifikan yang berturut-turut sebesar 24%, 16%, dan 9% dan diikuti dengan peningkatan area kawasan pemukiman sebesar 6%, 13%, dan 21%. Alih fungsi lahan tersebut selaras dengan peningkatan debit puncak banjir di DAS Juana yang semakin meningkat pada tahun 1990, 2011, dan 2024, yaitu sebesar 303,9 m³/dt, 504,5 m³/dt, dan 649,6 m³/dt. Hal ini membuktikan bahwa alih fungsi lahan yang tidak terkendali di DAS Juana secara linear telah menyebabkan peningkatan debit puncak banjir secara signifikan.

Kata Kunci: Perubahan Tutupan Lahan, HEC-HMS, Debit Puncak Banjir, Juana

Latar Belakang

Perubahan tata guna lahan dan tutupan lahan akibat aktivitas manusia telah berdampak besar pada skala lokal, regional, maupun global serta menjadi ancaman bagi lingkungan (Munyoki, Makokha and Obiero, 2024). Perubahan tata guna lahan menyebabkan terjadinya perubahan pada respon hidrologi yang dihasilkan (*runoff* dan debit puncak) (Samarasinghe *et al.*, 2022). Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mengkaji dampak perubahan tutupan lahan terhadap limpasan permukaan, khususnya fluktuasi debit banjir (Yang *et al.*, 2022). Analisis dampak

perubahan tutupan lahan terhadap risiko banjir di kawasan perkotaan sangat krusial, mengingat sebagian besar wilayah perkotaan di Indonesia berada pada zona dataran banjir (*floodplain*) (Supratman *et al.*, 2024).

Daerah Aliran Sungai (DAS) dianggap sebagai *logical regions* yang digunakan dalam manajemen dan perencanaan sumber daya air (Loucks and Beek, 2017). DAS merupakan daerah tangkapan air yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung/pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada titik yang ditinjau (Triatmodjo, 2008). Sifat fisik DAS berupa karakteristik penggunaan lahan dan tanah dapat dinyatakan dalam suatu indeks berupa *Curve Number* (CN) (Salim, Husnan and Labdul, 2023). Perubahan tutupan lahan sebagai akibat dari peningkatan area *impervious* memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap tingginya *runoff* dan risiko banjir di hilir suatu DAS (Harefa, 2026). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa limpasan permukaan sangat dipengaruhi oleh perubahan pada lahan *impervious* jika dibandingkan dengan hubungan antara *runoff* dengan jenis tutupan lahan lainnya (Hu, Fan and Zhang, 2020). Deforestasi dan urbanisasi dapat memperburuk fluktuasi debit sehingga menyebabkan meningkatnya limpasan permukaan (Latuparissa *et al.*, 2025). Nilai koefisien pengaliran tutupan lahan memiliki pengaruh langsung terhadap debit puncak banjir di tiap kala ulang (Armandha, Herawati and Yulianto, 2026). Beberapa penelitian membuktikan bahwa penurunan luas area vegetasi akan berdampak pada volume, frekuensi, dan debit banjir di suatu wilayah (Kurniyaningrum and Kurniawan, 2023).

Berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor SK. 328/Menhut-II/2009, DAS Juana termasuk dalam DAS prioritas yang perlu ditangani dalam upaya rehabilitasi hutan dan lahan (Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2009). Hasil analisis perubahan tutupan lahan DAS Juana, diperoleh bahwa terdapat tren alih fungsi lahan dari hutan menjadi selain hutan di Kabupaten Blora dan Kabupaten Grobogan di mana kedua wilayah tersebut merupakan hulu DAS Juana (Pegunungan Kendeng). Perubahan tutupan lahan tersebut juga menyebabkan terjadinya peningkatan laju erosi di hulu DAS Juana yang berdampak pada bagian hilir DAS Juana, di antaranya menurunnya kapasitas dan meluapnya air sungai. Selanjutnya, pada area hilir DAS Juana terdapat kecenderungan luas lahan pemukiman yang semakin meningkat di wilayah Kabupaten Pati dan Kudus serta menurunnya luas hutan. (BNPB, 2022)

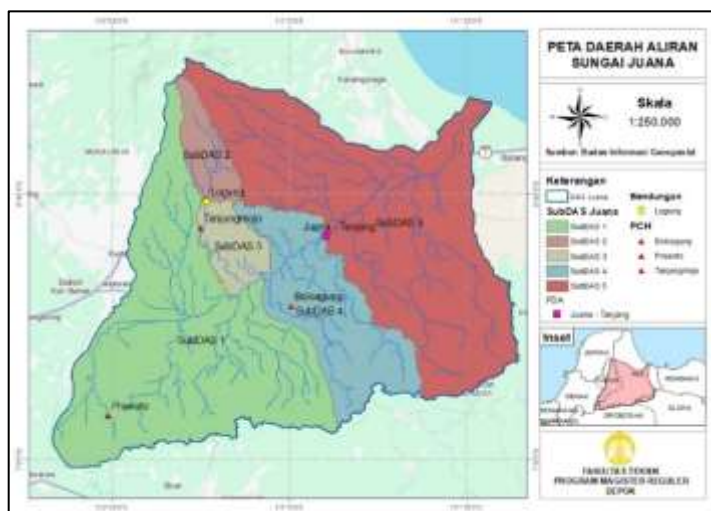
Menurut Komara *et al.* (2025), hasil analisis tutupan lahan di DAS Juana dengan rentang waktu 5 tahun (2013-2018) menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai CN seiring dengan bertambahnya luas pemukiman sedangkan penurunan nilai CN terjadi ketika luas hutan mengalami peningkatan. Selain itu, menurut (Utama, Wijaya and Sukmono, 2016), selama rentang waktu 15 tahun (2000-2015) nilai indeks penutupan lahan (IPL) di DAS Juana mengalami perubahan, yang mana pada tahun 2000 berada pada kondisi sedang (30%-75%) dan berubah menjadi buruk (< 30%) pada tahun 2015.

Permasalahan umum yang sering terjadi di DAS Juana adalah banjir. Kondisi Sungai Juana telah mengalami pendangkalan karena memiliki topografi yang landai

(0 – 200 mdpl) (Marhendi *et al.*, 2017). Hasil analisis variabilitas curah hujan jangka panjang selama 34 tahun (1990-2023) di DAS Juana menunjukkan pola fluktuasi yang signifikan dan mengindikasikan karakteristik DAS tropis yang memiliki kerentanan tinggi terhadap kejadian hidrologi ekstrem (Kurniyaningrum *et al.*, 2025). Berdasarkan Data Indeks Bencana Indonesia (DIBI), tren kejadian bencana banjir selama tahun 2015-2021 mengalami peningkatan dimana kejadian banjir terparah terjadi pada tahun 2021 dengan 17 kejadian banjir di Kabupaten Pati dan 12 kejadian banjir di Kabupaten Kudus (BNPB, 2022). Lebih lanjut, peningkatan area industri dan perkotaan diproyeksikan akan menyebabkan peningkatan *runoff* akibat naiknya area *impervious* menjadi 35% (BBWS Pemali Juana, 2022). Oleh karena itu, strategi pengelolaan risiko banjir yang lebih holistik dan terpadu diperlukan untuk menangani potensi ancaman banjir yang lebih besar. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Debit Puncak Banjir Menggunakan Model HEC-HMS di DAS Juana. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi perubahan tutupan lahan di DAS Juana pada tahun 1990, 2011, dan 2024, serta menganalisis dampaknya terhadap perubahan debit puncak banjir selama periode yang sama. Kajian ini diharapkan dapat memberikan hasil evaluasi mengenai dampak perubahan tutupan lahan terhadap fluktuasi debit puncak banjir secara akurat berdasarkan analisis spasial temporal sehingga dapat menjadi dasar pertimbangan dalam optimalisasi upaya mitigasi banjir.

Metodologi Studi

Lokasi Penelitian



Gambar 1. Peta DAS Juana

Lokasi penelitian berada di DAS Juana yang terletak di kawasan Pegunungan Kendeng dan Gunung Muria. DAS Juana dengan luas sebesar 1.260,917 km² merupakan bagian dari Wilayah Sungai (WS) Jantunseluna dan termasuk dalam sistem sungai Serang-Lusi-Juana. Secara administratif meliputi empat kabupaten (Kab. Pati, Kab. Kudus, Kab. Blora, dan Kab. Grobogan) di Provinsi Jawa Tengah. Kabupaten Pati dan Kudus merupakan wilayah yang memiliki luas aliran sungai

terbesar, secara berturut-turut 72% dan 23% dari total luas DAS Juana (BNPB, 2022). Secara geografis, DAS Juana berada pada koordinat $110^{\circ}49'10''$ - $111^{\circ}12'57''$ BT dan $-6^{\circ}36'48''$ - $-6^{\circ}59'29''$ LS dengan Sungai Juana sebagai sungai utama. Selain itu, secara topografi, DAS Juana merupakan dataran rendah yang secara alamiah rawan terhadap genangan.

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa data yang dibutuhkan dan diperoleh dari berbagai sumber. *Digital Elevation Model* (DEM) diperoleh dari *website* <https://tanahair.indonesia.go.id>. Peta tutupan lahan tahun 1990 dan 2011 diperoleh dari metode digitasi *on-screen* dengan memanfaatkan interpretasi visual dari citra satelit resolusi tinggi (<1 m) *Google Earth Pro* sedangkan tahun 2024 diperoleh dari citra satelit Sentinel-2 (resolusi 10 m). Klasifikasi tutupan lahan disamakan ke tingkat hierarki yang makro, yaitu badan air, hutan, lahan terbuka, pemukiman, sawah, tambak, dan vegetasi. Selanjutnya, peta jenis tanah diperoleh dari *website* <https://geologi.esdm.go.id>. Kemudian, data curah hujan (2010-2024) pada Pos Curah Hujan (PCH) Boloagung, Prawoto, dan Tanjungmojo, data debit (2024) dari Pos Duga Air (PDA) Juana-Tanjang), serta data teknis Bendungan Logung diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana. Dalam analisis statistik, untuk memperoleh hasil yang baik, panjang data hujan yang digunakan paling sedikit sepanjang 10 tahun yang berurutan (BSN, 2015). Selain itu, terdapat dua *softwares* yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya ArcGIS dan HEC-HMS. *Software* ArcGIS digunakan untuk deliniasi DAS dengan mengolah data DEM sehingga diperoleh properti DAS beserta subDAS Juana sedangkan HEC-HMS digunakan untuk melakukan simulasi hidrologi untuk memperoleh hidrograf banjir.

Curah Hujan Wilayah

Curah hujan sangat bervariasi dalam ruang dan waktu (Chow, Maidment and Mays, 1988). Jumlah curah hujan yang jatuh di permukaan bumi dinyatakan dalam satuan mm dengan asumsi bahwa hujan terdistribusi secara merata di seluruh daerah tangkapan air (Triatmodjo, 2008).

Metode poligon Thiessen merupakan metode yang memperhitungkan bobot dari masing-masing pos curah hujan yang mewakili luasan di sekitarnya. Masing-masing pos penakar hujan mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar hujan.

Metode SCS-CN

The Soil Conservation Service (1972) mengembangkan suatu metode untuk menghitung *abstractions* (kehilangan air) dari curah hujan. Adapun hipotesis dari metode SCS ini adalah rasio dari kuantitas aktual dengan kuantitas potensial itu bernilai sama (Chow, Maidment and Mays, 1988), dimana:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (1)$$

Selanjutnya, persamaan yang digunakan dalam metode SCS-CN adalah sebagai berikut:

$$Pe = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (2)$$

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

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (4)$$

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} + 10000 \right) \quad (5)$$

dengan keterangan:

F_a : Continuing abstraction (mm)

S : Potential maximum retention (mm)

Pe : Rainfall excess (mm)

P : Curah hujan total (mm)

I_a : Initial abstraction (mm)

CN (*Curve Number*) menunjukkan fungsi karakteristik DAS, seperti jenis tanah, tanaman penutup, tata guna lahan, kelembaban, dan cara pengerjaan tanah. Nilai CN telah ditabulasikan oleh *Soil Conservation Service* berdasarkan jenis tanah dan tata guna lahannya. (Chow, et al., 1988):

Model Hidrologi HEC-HMS

HEC-HMS adalah model yang dikembangkan oleh *US Army Corps of Engineers* (USACE) untuk menirukan sistem DAS yang kompleks dengan membuat penyederhanaan dan melakukan simulasi perhitungan aliran berdasarkan hujan dan karakteristik DAS sebagai komponen masukannya. Karakteristik DAS ini berupa aspek morfometri, penggunaan lahan, dan kondisi tanah. Adapun terkait karakteristik fisik DAS, nilai CN berfungsi sebagai tolak ukur pengaruh dari penggunaan lahan, kondisi hidrologi, dan kelengasan tanah. (Salim, Husnan and Labdul, 2023)

Input model dalam HEC-HMS terdiri dari *basin model*, *meteorological model*, *control specification*, dan *simulation run*. *Basin model* berfungsi untuk menyiapkan karakteristik fisik lahan. Terdapat beberapa elemen *basin model* yang digunakan di dalam penelitian ini, di antaranya *subbasin*, *reach*, *junction*, *reservoir*, dan *sink*. Pada elemen *subbasin*, metode kehilangan air (*loss method*) yang digunakan adalah SCS-CN sedangkan *transform method* yang digunakan adalah *SCS-Unit Hydrograph*. Selain itu, metode yang digunakan untuk *routing* di *reach* adalah *Muskingum-cunge*.

Komponen selanjutnya adalah *meteorological model* yang digunakan untuk memproses data input berupa curah hujan jam-jaman. Metode yang dipilih adalah *frequency storm* dengan durasi hujan selama 6 jam dan *intensity position* berada di 25%. Sebelum melakukan simulasi, perlu ditetapkan *control specification*. *Control specification* ini berfungsi untuk mengatur waktu dan durasi simulasi yang akan dijalankan. Dalam hal ini, simulasi akan dilakukan dalam waktu 24 jam. Setelah seluruh data dimasukkan, dilakukan tahapan *simulation run* yang berfungsi untuk memproses hubungan antar-komponen yang telah dibuat hingga menghasilkan *output* berupa hidrograf banjir rencana.

Untuk mengetahui kesesuaian antara debit puncak banjir hasil simulasi dengan kondisi riil di lapangan, perlu dilakukan kalibrasi menggunakan data debit

observasi. Apabila hasil simulasi telah menunjukkan kecocokan, hidrograf banjir yang diperoleh dianggap mampu merepresentasikan kondisi lapangan.

Goodness of Fit Test

Untuk mengevaluasi suatu model, digunakan uji kecocokan berupa parameter statistik untuk menilai sejauh mana hasil pemodelan mendekati hasil pengamatan. Berikut adalah persamaan *Percent Error in Peak Discharge* (PE) yang digunakan (US Army Corps of Engineers, 2008):

$$PE = \left| \frac{Q_{sim} - Q_{obs}}{Q_{obs}} \right| \times 100\% \tag{6}$$

dengan keterangan:

- PE : *Percent Error in Peak Discharge* (%)
- Q_{sim} : Debit simulasi (m³/dt)
- Q_{obs} : Debit observasi (m³/dt)

Tabel 1. Nilai *Performance Rating*

<i>Performance Rating</i>	<i>Percentage Error (%)</i>
Sangat baik	PE < 10
Baik	10 ≤ PE < 15
Memuaskan	15 ≤ PE < 25
Tidak memuaskan	PE ≥ 25

(sumber: Handayani, Ariska and Ketaren, 2021)

Hasil Studi dan Pembahasan

Analisis Curah Hujan

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Analisis Distribusi Frekuensi Tiap Kala Ulang

No	Tr	P (%)	Normal (mm)	Log Pearson Tipe III (mm)	Gumbel (mm)
1	1000	0.1%	126.19	138.94	187.52
2	200	0.5%	119.04	124.83	161.15
3	100	1.0%	115.54	116.54	149.76
4	50	2.0%	111.61	111.20	138.34
5	25	4.0%	106.82	105.68	126.83
6	10	10.0%	100.82	97.85	111.31
7	5	20.0%	94.65	91.26	99.03
8	2	50.0%	82.87	80.36	80.48

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan Poligon Thiessen, terdapat 3 Pos Curah Hujan (PCH) yang memiliki pengaruh terhadap DAS Juana, yaitu PCH Tanjungmojo sebesar 29%, PCH Boloagung sebesar 55%, dan PCH Prawoto sebesar 16%. Dari data hujan yang tersedia selama 15 tahun (2010-2024), diperoleh nilai curah hujan maksimum tahunan untuk setiap pos. Selanjutnya dilakukan pengujian *outlier* dan konsistensi untuk mengetahui kesesuaian data. Setelah

dinyatakan lolos uji, kemudian dilakukan analisis frekuensi untuk memperoleh curah hujan rencana dan uji kecocokan distribusi frekuensi tersebut.

Tabel 3. Uji Statistik Distribusi Frekuensi

No	Distribusi	Koefisien	Hitung	Syarat	Keterangan
1	Normal	Cs	0.00	0	Tidak Memenuhi
		Ck	-0.61	3	
2	Gumbel	Cs	0.89	1.14	Tidak Memenuhi
		Ck	0.38	5.40	
3	Log Pearson Tipe III	Cs	0.59	Any	Memenuhi
		Ck	-0.14	Any	

Jenis Tanah

Berdasarkan hasil pengolahan peta jenis tanah, diperoleh bahwa DAS Juana didominasi oleh tanah aluvial. Jenis tanah ini mencakup seluruh kawasan dataran rendah yang menjadi jalur utama mengalirnya Sungai Juana menuju laut.

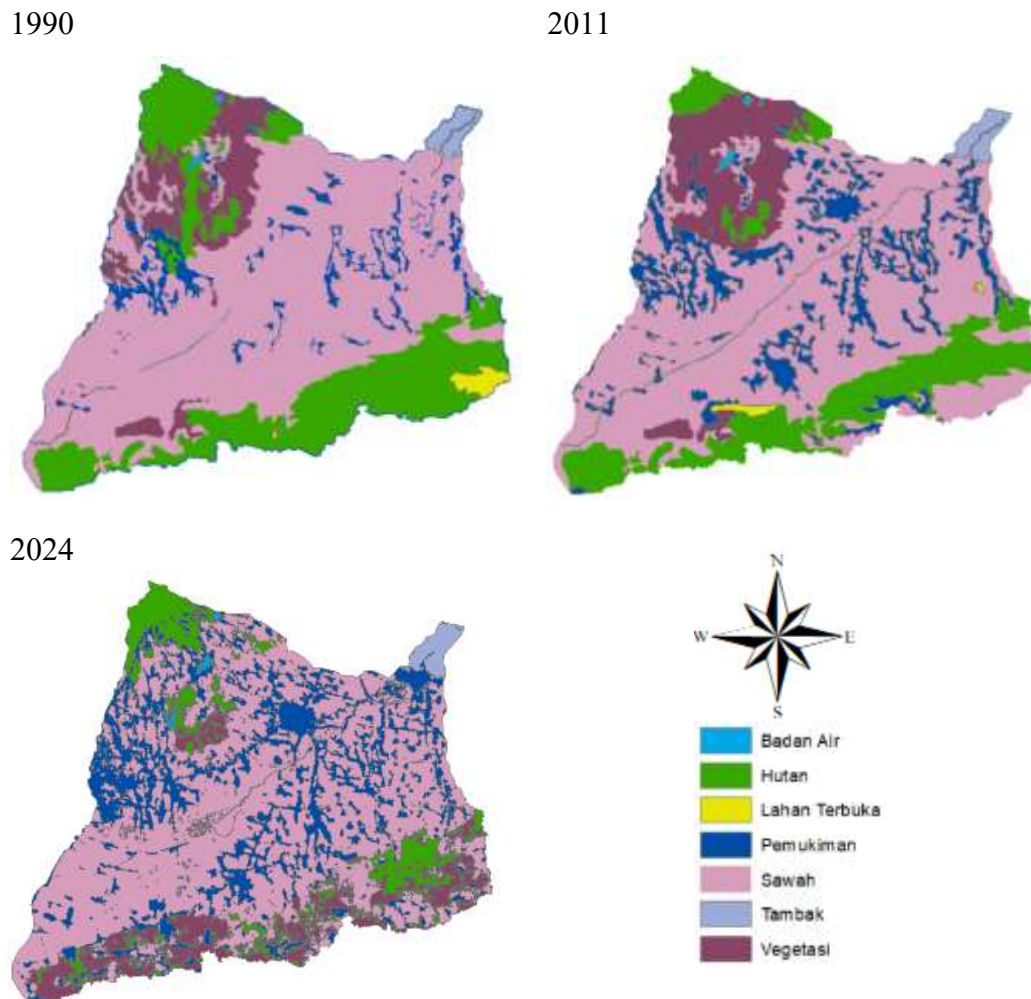
Peta Tutupan Lahan

Pengolahan peta tutupan lahan tahun 1990, 2011, dan 2024 bertujuan untuk memperoleh nilai CN, *Ia*, dan *impervious cover* (IC) yang akan digunakan sebagai data input dalam simulasi hidrologi dengan menggunakan *software* HEC-HMS. Tutupan lahan di DAS Juana dikelompokkan menjadi 7 klasifikasi, di antaranya badan air, hutan, lahan terbuka, pemukiman, sawah, tambak, dan vegetasi.

Berdasarkan peta tutupan lahan pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan yang sangat pesat untuk lahan pemukiman dari tahun 1990 hingga tahun 2024 sedangkan lahan hutan mengalami penurunan yang signifikan dari tahun 1990 – 2024. Hal ini dapat dilihat dari tabel persentase tutupan lahan di bawah yang menunjukkan bahwa sejak tahun 1990 pemukiman melonjak tajam dari 5,84% menjadi 21,47% di tahun 2024, sedangkan hingga tahun 2024 hutan mengalami penyusutan dari 23,99% menjadi 9,18%. Selanjutnya, tutupan lahan DAS Juana untuk tahun 1990, 2011, dan 2024 tetap didominasi oleh lahan sawah yang secara berturut-turut diperoleh nilai sebesar 58,75%, 57,29%, dan 58,65%. Secara hidrologi, hal ini berarti bahwa kemampuan retensi air di DAS Juana telah menurun secara drastis.

Tabel 1. Persentase Tutupan Lahan di DAS Juana Tahun 1990, 2011, dan 2024

Tahun	Tutupan Lahan						
	Badan Air	Tambak	Lahan Terbuka	Sawah	Hutan	Pemukiman	Vegetasi
1990	0.55%	1.11%	0.87%	58.75%	23.99%	5.84%	8.89%
2011	0.58%	1.24%	0.43%	57.29%	16.01%	13.30%	11.15%
2024	0.42%	1.33%	0.00%	58.65%	9.18%	21.47%	8.96%



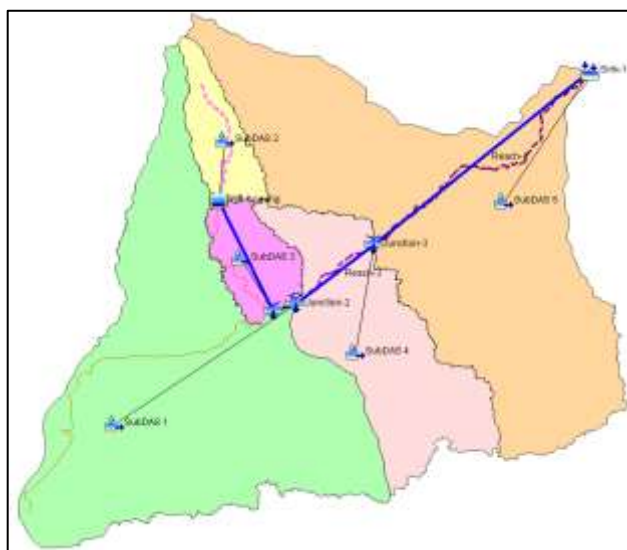
Gambar 2. Peta Tutupan Lahan di DAS Juana

Tabel 2. Persentase Tutupan Lahan di DAS Juana Tahun 1990, 2011, dan 2024

Tahun	Tutupan Lahan						
	Badan Air	Tambak	Lahan Terbuka	Sawah	Hutan	Pemukiman	Vegetasi
1990	0.55%	1.11%	0.87%	58.75%	23.99%	5.84%	8.89%
2011	0.58%	1.24%	0.43%	57.29%	16.01%	13.30%	11.15%
2024	0.42%	1.33%	0.00%	58.65%	9.18%	21.47%	8.96%

Analisis Debit Banjir dengan HEC-HMS

Berdasarkan gambar *basin model* HEC-HMS, dapat dilihat bahwa DAS Juana terbagi menjadi 5 subDAS. Dalam sistem tersebut, terdapat 1 *reservoir*, 3 *junction*, 4 *reach*, dan 1 *sink*. Dalam analisis menggunakan HEC-HMS, diperlukan data properti subDAS dan *reach* yang disesuaikan dengan metode yang digunakan.



Gambar 3. Basin Model HEC-HMS Tahun 2024

Hasil Simulasi

Tahapan kalibrasi dilakukan dengan menyesuaikan nilai parameter CN, IC, dan Ia untuk memperoleh hasil yang paling mendekati kondisi lapangan. Kalibrasi model mengacu pada data debit banjir observasi di AWLR Juana Tanjung, yaitu sebesar 98 m³/dt. yang tercatat pada tanggal 14 Maret 2024. Mengingat adanya keterbatasan data debit observasi, maka evaluasi model hanya dilakukan terhadap uji *Percent Error in Peak Discharge* (PE).

Dari hasil kalibrasi ini diperoleh debit puncak banjir sebesar 98,5 m³/dt dengan hasil evaluasi PE sebesar 1% (<10%) yang jatuh pada kriteria sangat baik. Untuk menguji keandalan dari model ini, dilakukan validasi data untuk kejadian banjir tanggal 12 Maret 2024 dengan nilai Qobs sebesar 63,39 m³/dt. Dari hasil uji validasi, diperoleh debit sebesar 73 m³/dt dengan PE sebesar 15% yang jatuh pada kriteria baik.

Tabel 3. CN, IC (%), dan Ia

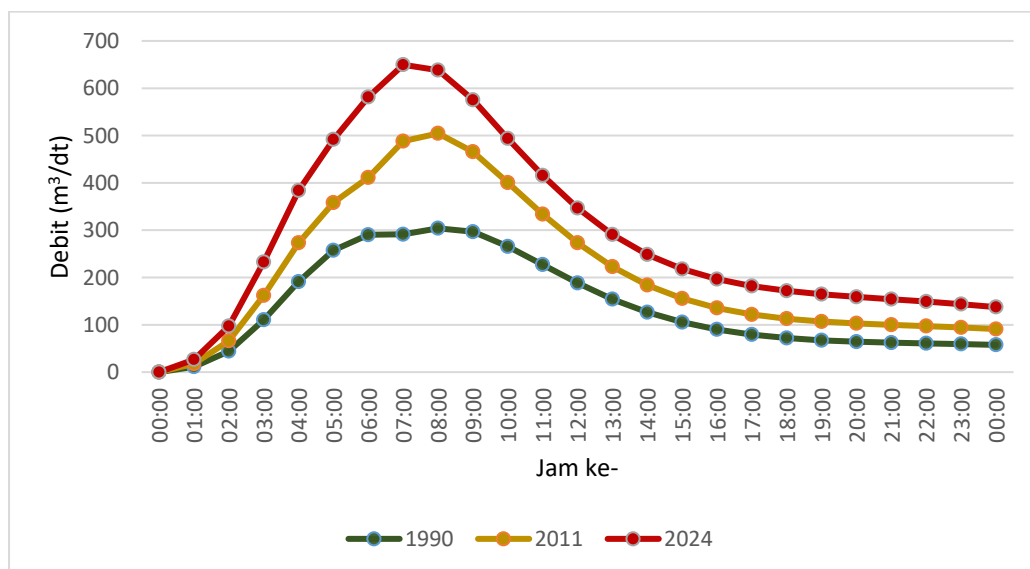
Tahun	DAS Juana Loss	SubDAS 1	SubDAS 2	SubDAS 3	SubDAS 4	SubDAS 5
		48046 ha	4681 ha	4855 ha	18286 ha	50643 ha
1990	CN	58	52	59	57	59
	IC (%)	5%	4%	9%	4%	11%
	Ia (mm)	36	48	36	38	35
2011	CN	60	56	61	59	61
	IC (%)	13%	9%	18%	15%	17%
	Ia (mm)	34	39	33	35	32
2024	CN	62	59	62	62	63
	IC (%)	22%	21%	21%	19%	26%
	Ia (mm)	31	35	31	31	30

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa selama tiga periode pengamatan, yaitu tahun 1990, 2011, dan 2024, dalam kurun waktu 35 tahun telah terjadi

perubahan nilai CN, IC, dan Ia sebagai akibat dari alih fungsi lahan. Nilai CN merepresentasikan kemampuan lahan dalam merespons infiltrasi dan limpasan permukaan, di mana peningkatan nilai CN menunjukkan menurunnya kemampuan lahan dalam menyerap air. Peningkatan nilai CN tersebut sejalan dengan bertambahnya luas area *impervious cover*. Sementara itu, penurunan nilai Ia menunjukkan berkurangnya kemampuan permukaan tanah untuk menahan dan menyerap air hujan pada fase awal kejadian hujan, sehingga potensi terbentuknya limpasan permukaan menjadi lebih tinggi.

Tahap berikutnya adalah melakukan simulasi pada HEC-HMS dengan memasukkan properti dan karakteristik hidrologi masing-masing subDAS sebagai *input* model untuk menghasilkan respons aliran DAS. Simulasi dilakukan menggunakan kondisi tutupan lahan tahun 1990, 2011, dan 2024 untuk menganalisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap respons hidrologi DAS Juana.

Dari grafik hidrograf banjir hasil simulasi, dapat dilihat bahwa pada tahun 1990 diperoleh debit puncak banjir (Q_p) sebesar $303,9 \text{ m}^3/\text{dt}$ yang terjadi pada jam ke-8. Kemudian, pada tahun 2011, Q_p mengalami peningkatan sebesar $504,5 \text{ m}^3/\text{dt}$ yang terjadi pada jam ke-8. Selanjutnya, pada tahun 2024, Q_p mengalami pelonjakan sebesar $649,6 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan terjadi lebih cepat, yaitu pada jam ke-7. Hal ini menunjukkan bahwa selama 35 tahun, dalam rentang waktu tahun 2011 hingga tahun 2024, kapasitas debit banjir telah mengalami kenaikan sebesar dua kali lipat, yaitu dari $303,9 \text{ m}^3/\text{dt}$ menjadi $649,6 \text{ m}^3/\text{dt}$. Selain peningkatan debit puncak banjir, *time to peak* pada ketiga periode pengamatan tersebut juga mengalami perubahan. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai puncak banjir terjadi lebih cepat, yaitu dari jam ke-8 pada tahun 1990 dan 2011 menjadi jam ke-7 pada tahun 2024. Selain itu, dari hasil simulasi juga diperoleh besaran volume untuk tahun 1990, 2011, dan 2024 masing-masing sebesar 9,81 juta m^3 , 14,89 juta m^3 , dan 20,15 juta m^3 .



Gambar 4. Grafik Hidrograf Banjir Tahun 1990, 2011, dan 2024

Berdasarkan hasil analisis perubahan tutupan lahan dan simulasi debit banjir di atas, dapat disimpulkan bahwa peningkatan tren grafik hidrograf pada periode 1990-2024 berkaitan dengan perubahan penggunaan lahan di DAS Juana. Penurunan luas kawasan hutan dari 24% pada tahun 1990 menjadi 9% pada tahun 2024 serta peningkatan luas kawasan pemukiman dari 6% pada tahun 1990 menjadi 21% di tahun 2024 menyebabkan berkurangnya kapasitas infiltrasi dan meningkatnya limpasan permukaan sehingga berkontribusi terhadap peningkatan debit banjir.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Hasil analisis terhadap perubahan tutupan lahan yang terjadi selama tahun 1990 hingga 2024 di DAS Juana menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan luas hutan yang masif (dari 24% ke 9%) dan peningkatan kawasan pemukiman yang sangat pesat (naik dari 6% ke 21%). Namun demikian, area tutupan lahan DAS Juana masih didominasi oleh sawah dengan luas area rerata sebesar 58%.

Sejalan dengan hal tersebut, grafik hidrograf banjir menunjukkan adanya peningkatan besaran debit puncak banjir yang signifikan di DAS Juana pada ketiga periode pengamatan. Hal ini dibuktikan dengan nilai debit puncak banjir hasil simulasi pada tahun 1990 adalah sebesar 303,9 m³/dt, meningkat menjadi 504,5 m³/dt pada tahun 2011, dan melonjak hingga 649,6 m³/dt pada tahun 2024.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa konversi lahan yang tidak diimbangi dengan pengelolaan tata ruang dan penerapan infrastruktur hijau berkontribusi terhadap meningkatnya risiko banjir perkotaan.

Saran

Untuk meningkatkan kualitas dan akurasi hasil penelitian, disarankan dilakukan kalibrasi model menggunakan data curah hujan dan debit observasi jam-jaman sehingga tren hidrograf selama 24 jam dapat direpresentasikan dengan lebih baik. Selain itu, penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan skenario perubahan iklim untuk mengevaluasi dampaknya terhadap respons hidrologi DAS Juana. Kajian lanjutan juga perlu dilakukan melalui pemodelan hidrolika guna menganalisis pola, kedalaman, dan luas genangan banjir yang terjadi di DAS Juana.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan bimbingan hingga selesainya penelitian ini. Penulis berharap jurnal ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta menjadi bahan referensi bagi para peneliti dan para pihak yang berkepentingan.

Daftar Referensi

- Armandha, A.E., Herawati, H. and Yulianto, E. (2026) "Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Debit Banjir.," *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, 13(1), pp. 1–7.
- BBWS Pemali Juana (2022) *Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Jrantunseluna*. Semarang.
- BNPB (2022) *Penyusunan Kajian Risiko Bencana Daerah Aliran Sungai (DAS) Juwana*. Semarang.
- BSN (2015) *SNI 1724:2015 - Analisis Hidrologi, Hidraulik, dan Kriteria Desain Bangunan Di Sungai, Badan Standarisasi Nasional*. Jakarta.
- Chow, V. te., Maidment, D.R. and Mays, L.W. (1988) *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Handayani, Y.L., Ariska, G.A. and Ketaren, D.I. (2021) "Kalibrasi Model Soil Moisture Accounting dengan Software HEC-HMS di Stasiun Debit Pasir Pengaraian," *JICE - Journal of Infrastructure and Civil Engineering*, 01(01), pp. 13–21. <https://doi.org/10.35583/jice.v1i01.4>.
- Harefa, Y.I. (2026) "Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Peningkatan Limpasan Permukaan Akibat Urbanisasi dan Risiko Banjir," *JITESNA: Jurnal Ilmu Teknik Sipil Indonesia*, 02, pp. 14–20.
- Hu, S., Fan, Y. and Zhang, T. (2020) "Assessing the Effect of Land Use Change on Surface Runoff in a Rapidly Urbanized City: A Case Study of the Central Area of Beijing," *Land*, 9(1). Available at: <https://doi.org/10.3390/land9010017>.
- Komara, K.D. *et al.* (2025) "Analisis Pengaruh Curve Number terhadap Debit Banjir Menggunakan Metode Pemodelan Hidrologi di DAS Juana," *Technomedia Journal*, 9(3), pp. 332–345. Available at: <https://doi.org/10.33050/tmj.v9i3.2296>.
- Kurniyaningrum, E. *et al.* (2025) "Pendekatan Statistik Klasifikasi Curah Hujan Dalam Pengelolaan Sumber Daya Air Berkelanjutan," *Journal of Infrastructure and Civil Engineering*, 5(3), pp. 205–213.
- Kurniyaningrum, E. and Kurniawan, M.A. (2023) "Climate change effect on water balance for water critically in upper Bogowonto Watershed, Indonesia," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1195(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1195/1/012053>.
- Latuparissa, C.V. *et al.* (2025) "Analisis Tren Historis dan Proyeksi Hujan 2080 di DAS Juwana: Pendekatan Downscaling Statistik," *VOCATECH: Vocational Education And Technology Journal*, 2(7), pp. 297–307. Available at: <https://doi.org/10.38038/vocatech.v7i2.231>.
- Loucks, D.P. and Beek, E. van (2017) *Water Resource Systems Planning and Management: An Introduction to Methods, Models, and Applications*. USA:

- Springer International Publisher. Available at: [https://doi.org/10.1016/0309-1708\(81\)90046-4](https://doi.org/10.1016/0309-1708(81)90046-4).
- Marhendi, T. *et al.* (2017) “Analisis Penyebab Banjir Kali Juana,” *Techno*, 18(1), pp. 15–22. Available at: <http://www.jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/Techno/article/view/1414>.
- Menteri Kehutanan Republik Indonesia (2009) “Penetapan Daerah Aliran Sungai (DAS) Prioritas Dalam Rangka Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM) Tahun 2010-2014,” *Menteri Kehutanan Republik Indonesia*, p. 8.
- Munyoki, F., Makokha, M. and Obiero, K. (2024) “Assessment of Land Use and Land Cover Change Dynamics and Drivers in Mbagathi River Catchment in Kajiado County, Kenya,” *Open Access Library Journal*, 11(e11019), pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.4236/oalib.1111019>.
- Salim, M.R.S., Husnan, R. and Labdul, Y. (2023) “Analisis Debit Andalan Sungai Menggunakan Aplikasi Pemodelan Hidrologi HEC-HMS,” *Composite Journal*, 4(1), pp. 26–34. Available at: <https://doi.org/10.37905/jc.v4i1.33>.
- Samarasinghe, J.T. *et al.* (2022) “The Assessment of Climate Change Impacts and Land-use Changes on Flood Characteristics: The Case Study of the Kelani River Basin, Sri Lanka,” *Hydrology*, 9(177), pp. 1–18. Available at: <https://doi.org/10.3390/hydrology9100177>.
- Supratman, M. *et al.* (2024) “Flood Hazard Assessment Due to Changes in Land Use and Cover,” *Civil Engineering Journal (Iran)*, 10(12), pp. 3874–3891. Available at: <https://doi.org/10.28991/CEJ-2024-010-12-04>.
- Triatmodjo, B. (2008) *Hidrologi terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- US Army Corps of Engineers (2008) “Hydrologic Modeling System User ’ s Manual,” *Transform*, (September), p. 290.
- Utama, A.G., Wijaya, A.P. and Sukmono, A. (2016) *Kajian Kerapatan Sungai dan Indeks Penutupan Lahan Sungai Menggunakan Penginderaan Jauh (Studi Kasus: DAS Juana)*, *Jurnal Geodesi Undip*.
- Yang, S. *et al.* (2022) “Future Changes in High and Low Flows under the Impacts of Climate and Land Use Changes in the Jiulong River Basin of Southeast China,” *Atmosphere*, 13(150), pp. 1–21. Available at: <https://doi.org/10.3390/atmos13020150>.

[This page is intentionally left blank/*Halaman ini sengaja dibiarkan kosong*]