

Transformasi Hujan-Aliran Wilayah Hulu Sungai Wulan dengan HEC-HMS pada Kejadian Banjir Februari 2024

Nabila Dhea Ammara¹, Adam Pamudji Rahardjo^{2*}, Karlina², Rachmad Jayadi²

¹Magister Teknik Pengelolaan Bencana Alam, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

²Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: rahardjo.adam@ugm.ac.id

INTISARI

Banjir yang terjadi di Kabupaten Demak pada Februari 2024 menimbulkan dampak yang signifikan bagi masyarakat, infrastruktur, dan lingkungan. Kondisi sistem DAS diduga menjadi salah satu faktor pemicu banjir. Pada penelitian ini, wilayah hulu Sungai Wulan dibagi menjadi lima Sub DAS. Analisis dilakukan menggunakan HEC-HMS dengan data curah hujan *time series* selama kejadian banjir sebagai *input* utama. Parameter model sub DAS ditentukan berdasarkan *curve number* yang diolah dari data tata guna lahan serta *hydrologic soil group*, serta metode *transform* menggunakan hidrograf satuan sintetik Gama I. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa debit puncak yang dihasilkan di Sub DAS 1 sebesar 380,2 m³/s, Sub DAS 2 sebesar 751 m³/s, Sub DAS 3 sebesar 1.505,1 m³/s yang direduksi oleh Waduk Kedungombo menjadi sebesar 129,3 m³/s, Sub DAS 4 sebesar 383,4 m³/s, Sub DAS 5 sebesar 220 m³/s, dan *outlet* akhir sebesar 1.236,6 m³/s. Hasil pemodelan di *outlet* mendekati informasi di lapangan yang melaporkan bahwa nilai debit di atas 1.100 m³/s. Berdasarkan hasil tersebut Sub DAS 2 menjadi kontributor utama yang perlu menjadi perhatian. Namun demikian, mengingat kompleksitas permasalahan banjir, penelitian lanjutan dengan pendekatan multi-kriteria diperlukan untuk mengidentifikasi dan memahami faktor-faktor pemicu lainnya secara lebih holistik.

Kata kunci: hujan, *run off*, debit banjir, Gama I

1 PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu jenis bencana alam yang paling sering terjadi di berbagai belahan dunia. Antara tahun 1990 hingga 2022, tercatat 4.713 kejadian di 168 negara, berdampak pada lebih dari 3,2 miliar orang, menewaskan 218.353 jiwa, dan menyebabkan kerugian ekonomi di atas 1,3 triliun dolar AS (Liu *et al*, 2024). Tingginya curah hujan dan kurangnya kapasitas sungai dapat menyebabkan air meluap, situasi diperparah oleh kerusakan Daerah Aliran Sungai (DAS) yang terjadi (Indrianawati dkk, 2013). Salah satu aspek yang mempengaruhi respon DAS terhadap curah hujan adalah kondisi tata guna lahan. Konversi lahan vegetatif menjadi lahan kedap air akan memperbesar potensi limpasan permukaan. Risiko banjir menjadi lebih tinggi ketika dataran banjir difungsikan sebagai pemukiman, kawasan industri, maupun sektor lainnya dengan tidak memperhatikan pendekatan yang terintegrasi dan berkelanjutan dalam pengelolaan sungai (Gashu *et al*, 2023). Untuk memahami dan mengelola risiko banjir secara efektif, penting untuk menelaah kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai sistem alami yang mengalirkan air dari hulu ke hilir. Pengelolaan DAS perlu didasarkan pada pemahaman menyeluruh mengenai perilaku hidrologis di dalamnya.

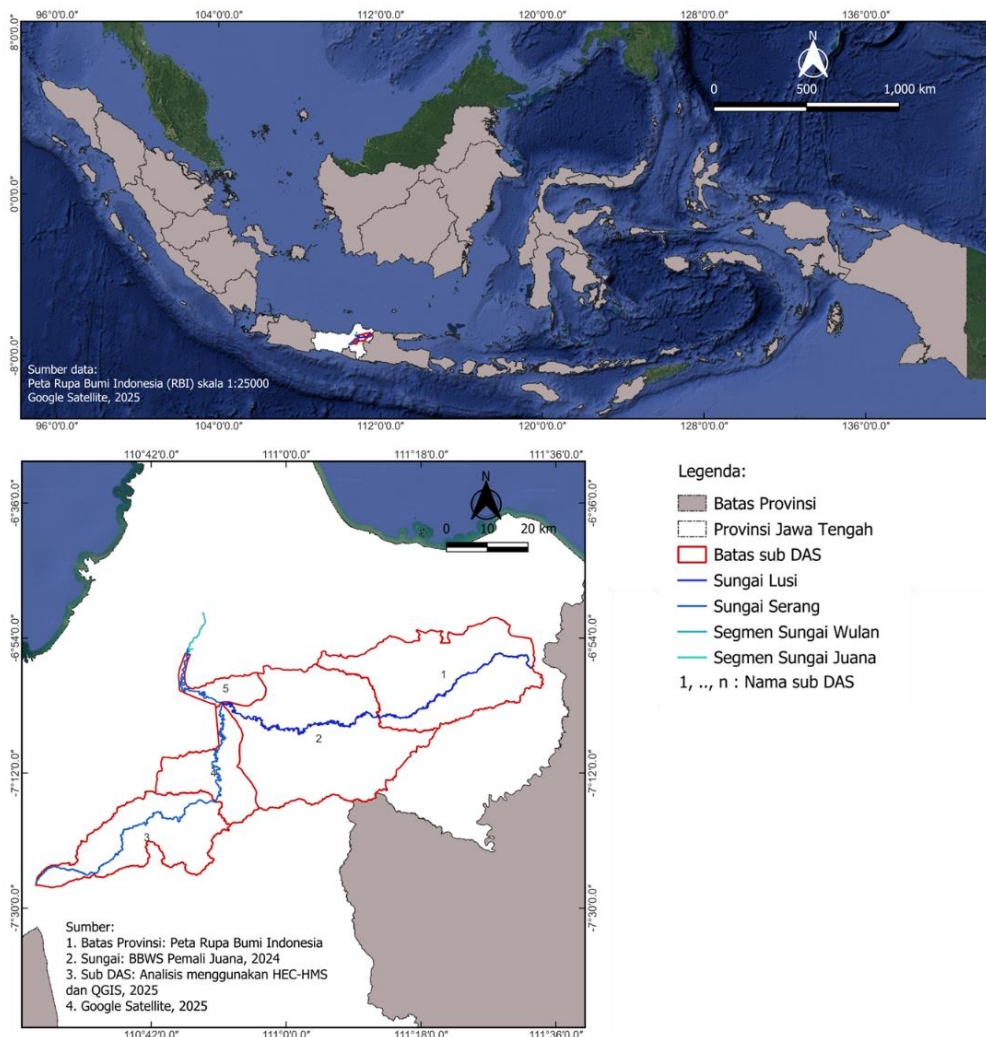
Respon DAS terhadap curah hujan dapat diamati melalui analisis hidrograf. Dalam kondisi di mana data hidrograf satuan terukur tidak tersedia, pendekatan transformasi hujan-aliran dapat diterapkan (Harto, 1993). Proses ini sangat berguna dalam simulasi skenario ataupun melakukan rekonstruksi banjir, khususnya di wilayah yang belum memiliki sistem pengamatan hidrologi yang lengkap. Transformasi curah hujan menjadi aliran juga dapat dilakukan melalui berbagai model hujan-aliran yang perlu disesuaikan dengan karakteristik fisik wilayah yang dimodelkan agar hasil prediksi lebih akurat dan representatif. Walaupun banjir tidak dapat dihindari sepenuhnya, pendekatan ilmiah dan teknologi yang tepat dapat membantu mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan.

Menurut BNPB (2024), banjir menyumbang sekitar 66,6% dari total kejadian bencana tahunan di Indonesia. Salah satu kejadian banjir yang cukup besar terjadi pada 8 Februari 2024 di Kabupaten Demak. Banjir menyebabkan jebolnya tanggul di Sungai Wulan pada dua titik, banjir menyebar dan menyebabkan 12 titik kerusakan tanggul pada Saluran Induk Klambu kiri. Selain itu, permukiman dan sawah tergenang serta akses jalan Pantura terputus (BBWS Pemali Juana, 2024). Untuk mendukung pengurangan risiko bencana, kajian debit banjir perlu dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis karakteristik masing-masing Sub DAS guna mengidentifikasi kontribusi aliran dari hulu, sebagai salah satu dasar pengelolaan DAS berbasis data.

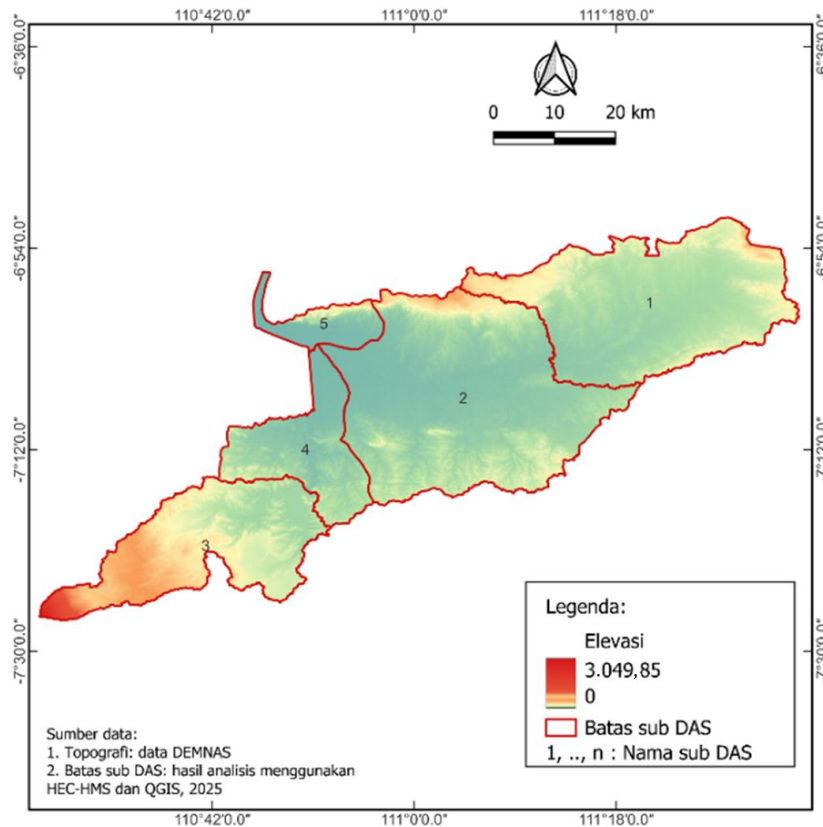
2 METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Wilayah hulu yang berkontribusi terhadap kejadian banjir di Sungai Wulan pada penelitian ini dibagi menjadi lima Sub DAS yang ditunjukkan dengan batas garis merah pada Gambar 1. Secara administratif, Sub DAS tersebar di beberapa kabupaten dengan proporsi luasan sekitar 48% berada di Kabupaten Grobogan, 29% di Kabupaten Blora, 13% di Kabupaten Boyolali, serta masing-masing 4% di Kabupaten Sragen dan Kabupaten Semarang. Selain itu, masing-masing kurang dari 1% wilayah berada di Kabupaten Rembang dan Pati (bagian hulu), serta di Kabupaten Demak (bagian hilir) dengan kondisi topografi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Variasi elevasi topografi DAS di lokasi penelitian menentukan pola aliran. Selain itu, topografi menentukan arah aliran dari topografi tinggi yang ditunjukkan pada warna merah ke topografi rendah yang ditunjukkan pada warna hijau.



Gambar 1. Lokasi penelitian di bagian hulu Sungai Wulan



Gambar 2. Peta topografi di lokasi penelitian
 (Diolah menggunakan QGIS 3.34.11 dari data DEMNAS, Badan Informasi Geospasial)

2.2 Data Penelitian

Pengumpulan data primer dan sekunder dilakukan untuk mendukung proses analisis permasalahan. Data primer diperoleh melalui kegiatan survei lapangan serta wawancara langsung. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari instansi yang berwenang maupun situs *web* resmi. Penggunaan data sekunder bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam memperoleh informasi. Adapun data sekunder yang dibutuhkan meliputi data curah hujan, tata guna lahan, jenis tanah, topografi, serta data pendukung relevan lainnya. Setiap data yang didapatkan dianalisis berdasarkan wilayah studi yang telah ditentukan sebelumnya menggunakan HEC-HMS dan diverifikasi melalui QGIS. Secara umum, proses delineasi DAS pada HEC-HMS mengikuti tahapan yang serupa dengan metode pada ArcGIS (Amin dkk., 2020).

2.2.1 Data Hujan

Penelitian ini menggunakan data hujan terukur dari Pos Curah Hujan (PCH) Todanan, Tunjungan, Wosonegoro, dan Mojoagung dengan data yang mempengaruhi saat kejadian, yaitu 7 hari sebelum kejadian banjir. Data hujan dikonversi menjadi hujan kawasan dengan Metode Thiessen. Selain data hujan terukur, data satelit GSMaP JAXA juga digunakan untuk mendapatkan distribusi hujan harian. Pemilihan GSMaP JAXA didasarkan pada tingkat korelasi yang tinggi dengan data pengamatan, sebagaimana ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan oleh Ayasha dan Bota (2023).

2.2.2 Tata Guna Lahan

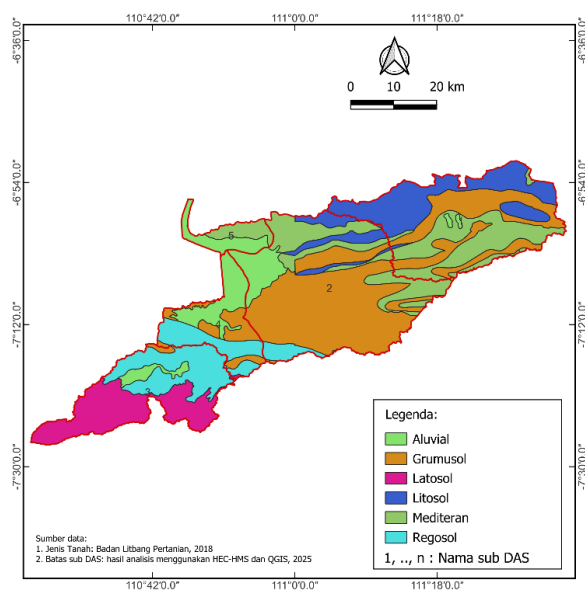
Tata guna lahan pada wilayah di bagian hulu Sungai Wulan terdiri dari perkebunan, sawah, permukiman, hutan, tegalan, belukar, dan waduk seperti pada Tabel 1. Tata guna lahan akan sangat mempengaruhi kondisi hidrologi DAS melalui kondisi limpasan dan proses infiltrasi. Limpasan permukaan pada lahan kedap air (*impervious area*) akan lebih tinggi dan infiltrasi akan lebih kecil, sebaliknya pada lahan *pervious* maka limpasan permukaan lebih rendah dan infiltrasi akan lebih tinggi.

Tabel 1. Tata guna lahan di lokasi penelitian
(Diolah menggunakan QGIS 3.34.11 dari data Bappeda Provinsi Jawa Tengah, 2024)

No	Tata Guna Lahan	Area (%)				
		Sub DAS 1	Sub DAS 2	Sub DAS 3	Sub DAS 4	Sub DAS 5
1	Perkebunan	8	10	4	17	14
2	Sawah	46	25	48	27	63
3	Permukiman	9	22	5	4	2
4	Hutan	24	36	11	41	21
5	Tegalan	11	7	22	11	
6	Belukar	2		5		
7	Waduk			5		

2.2.3 Jenis Tanah

Jenis tanah pada lokasi kajian berdasarkan data dari Badan Litbang Pertanian (2018) terdiri dari latosol, aluvial, grumusol, litosol, mediteran, dan regosol dengan persebaran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Banyak penelitian telah membuktikan bahwa kombinasi jenis tanah dan tata guna lahan sangat mempengaruhi besarnya limpasan permukaan, salah satunya penelitian oleh Cantik (2022) yang menunjukkan bahwa jenis tanah merupakan salah satu komponen penting dalam analisis parameter DAS.



Gambar 3. Peta jenis tanah di lokasi penelitian
(Diolah menggunakan QGIS 3.34.11 dari data Badan Litbang Pertanian)

2.2.4 Data Karakteristik Waduk

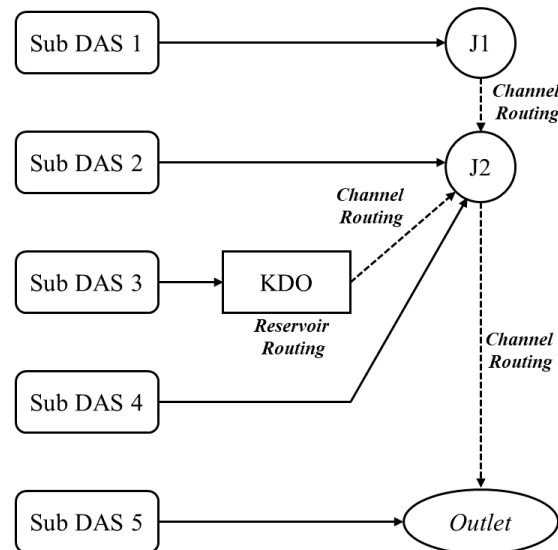
Data karakteristik Waduk Kedungombo diperlukan untuk menganalisis *outflow* waduk yang mempengaruhi sistem. Karakteristik waduk ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Waduk Kedungombo
(BBWS Pemali Juana, 2021 dalam Satriyo, 2024)

No	Elevasi	Tampungan (1.000 m ³)
1	90	691.675,09
2	92	801.621,06
3	93,3	873.085,93
4	93,7	895.075,12
5	94	911.567,02
6	95	966.540,00

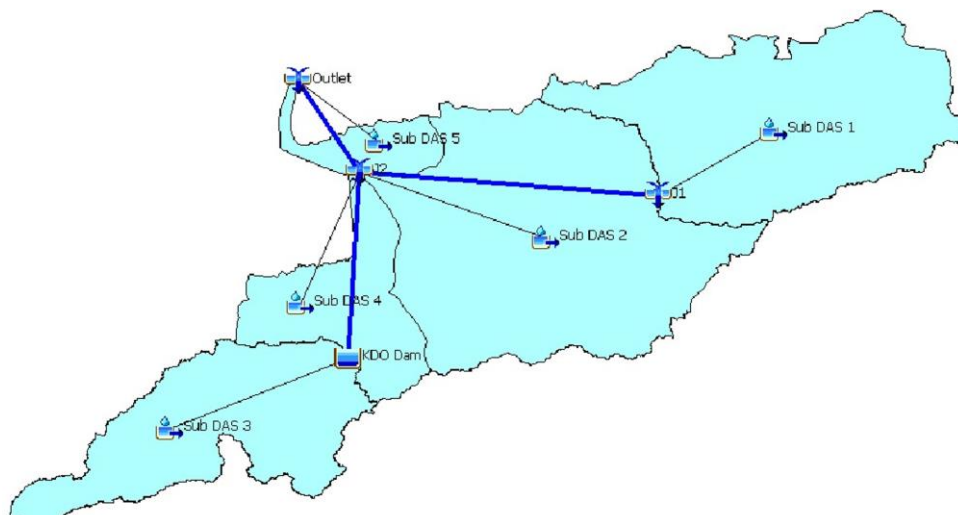
2.3 Pemodelan HEC-HMS

Model dalam penelitian ini terdiri dari lima Sub-DAS, di mana Sub DAS 1 mengalir menuju *junction* 1 (J1), Sub DAS 2 mengalir menuju *junction* 2 (J2), Sub DAS 3 mengalir langsung ke Waduk Kedungombo (KDO) (dilakukan *reservoir routing*), Sub DAS 4 juga mengalir menuju *junction* 2 (J2), dan Sub DAS 5 langsung menuju ke *outlet*. Karena sistem ini merupakan *multi-basin*, maka diperlukan *channel routing* dari *junction* 1 (J1) ke *junction* 2 (J2), dari Waduk Kedungombo (KDO) ke *junction* 2 (J2), dan dari *junction* 2 (J2) ke *outlet* menggunakan *time lag*. Skematik model ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema model transformasi hujan aliran di lokasi penelitian

Parameter *input* HEC-HMS untuk model Sub DAS terdiri dari hujan, *loss*, *transform method*, dan *baseflow*. Seperti model hidrologi lainnya, HEC-HMS juga mengandung ketidakpastian, sehingga estimasi parameter yang akurat sangat penting untuk meningkatkan keakuratan prediksi (Sahu *et.al*, 2023). Dalam penelitian ini, infiltrasi dihitung menggunakan metode *Soil Conservation Service Curve Number* (SCS-CN) (Chow *et al.*, 1998). Perhitungan infiltrasi pada penelitian ini menggunakan SCS-CN dengan nilai abstraksi awal 0,05 untuk memberikan rerata kesalahan yang lebih kecil, seperti yang dijelaskan pada penelitian sebelumnya oleh Sujono (2013). Metode transformasi menggunakan hidrograf satuan sintetik Gama I yang telah dikembangkan sesuai dengan kondisi di Indonesia (Harto, 1983). HSS Gama I juga telah dibuktikan pada banyak penelitian, salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Prabowo (2024) yang menyebutkan bahwa untuk kondisi di Indonesia, HSS Gama I memiliki bentuk yang lebih mendekati hasil observasi dibandingkan dengan HSS Nakayasu. Selain itu, analisis *baseflow* juga dilakukan menggunakan perhitungan *baseflow* HSS Gama I. *Basin model* pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 5.

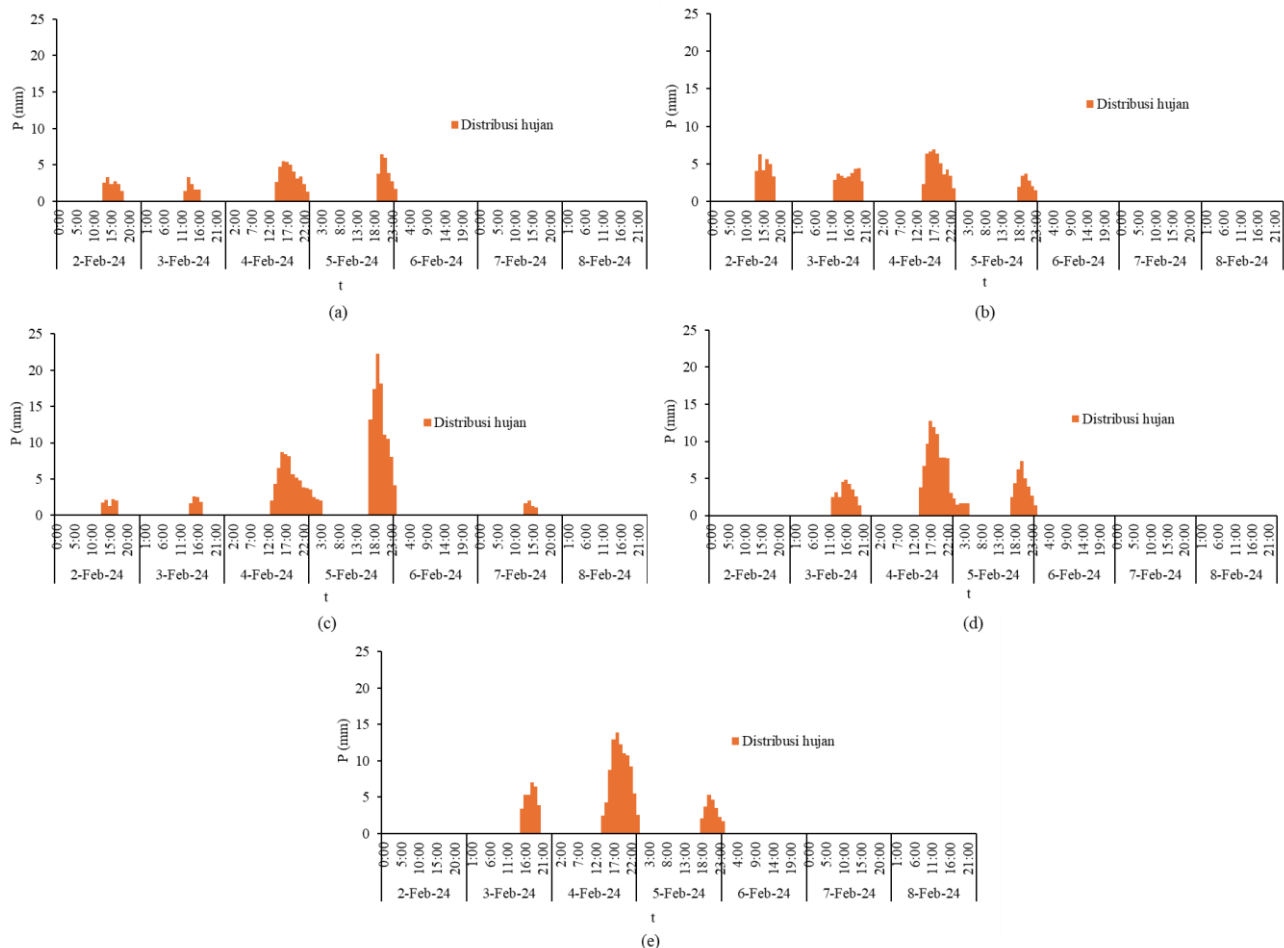


Gambar 5. *Basin model* lokasi penelitian pada HEC-HMS

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1.1 Time Series Hujan Kejadian

Hujan wilayah dari data terukur didistribusikan berdasarkan pola distribusi hujan data satelit yang terjadi pada waktu kejadian sehingga menghasilkan *time series*. Distribusi hujan pada setiap Sub DAS bervariasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. *Time series* data hujan kejadian bulan Februari 2024
(a). Sub DAS 1, (b). Sub DAS 2, (c). Sub DAS 3, (d). Sub DAS 4, dan (e). Sub DAS 5

3.1.2 Curve Number

Analisis *loss* menggunakan SCS CN dengan melakukan *overlay* tata guna lahan dan *Hydrologic Soil Group* (HSG). HSG dapat diinterpretasikan dari sifat fisik tanah dan dapat langsung di-*download* dari peta penyedia data HSG yang dapat diakses melalui web. Berdasarkan penelitian menggunakan peta hidrogeologi (Adidarma, 2013) dan peta HWSD (Ramadan, 2018), HSG dari peta hidrogeologi dan HWSD memiliki keterbatasan dalam kedalaman informasi dan keakuratan proses pedotransfer yang masih bersifat umum. Untuk mengatasi hal tersebut, pada penelitian ini HSG ditentukan berdasarkan interpretasi dari sifat fisik tanah menggunakan data dari Badan Litbang Pertanian, dengan hasil konversi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. HSG pada lokasi penelitian

No	HSG	Area (%)				
		Sub DAS 1	Sub DAS 2	Sub DAS 3	Sub DAS 4	Sub DAS 5
1	B	37	11	39	36	
2	C	32	30	60	37	100
3	D	31	59	1	27	

Nilai CN untuk tipe tanah dengan HSG A lebih kecil daripada HSG B, HSG C, maupun HSG D, atau dapat diketahui bahwa HSG D mempunyai potensi limpasan yang paling tinggi. Pada lokasi penelitian terdiri dari beberapa jenis tata guna lahan sehingga menggunakan perhitungan CN komposit yang didapatkan dari mengalikan bobot luasan setiap tata guna lahan dengan nilai CN. Nilai CN pada lokasi studi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai CN, S, dan I_A

No	Parameter	Sub DAS 1	Sub DAS 2	Sub DAS 3	Sub DAS 4	Sub DAS 5
1	CN	77	82	77	76	78
2	S (mm)	76	58	75	81	72
3	I _A (mm)	4	3	4	4	4

3.1.3 Hasil Pemodelan HEC-HMS

Hasil pemodelan HEC-HMS untuk kejadian banjir bulan Februari 2024 direkap pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi hasil pemodelan HEC-HMS pada Februari 2024

No	Elemen	Debit Puncak (m ³ /s)	Waktu Puncak
1	Sub DAS 2	751	4 Februari 2024, 24:00
2	Sub DAS 1	380	5 Februari 2024, 24:00
3	J1	380	5 Februari 2024, 24:00
4	<i>Reach-1</i>	377	7 Februari 2024, 07:00
5	Sub DAS 3	1.505	5 Februari 2024, 22:00
6	KDO Dam	129	6 Februari 2024, 12:00
7	<i>Reach-2</i>	129	7 Februari 2024, 04:00
8	Sub DAS 4	383	4 Februari 2024, 24:00
9	J2	1.245	4 Februari 2024, 24:00
10	<i>Reach-3</i>	1.236	5 Februari 2024, 16:00
11	Sub DAS 5	220	4 Februari 2024, 23:00
12	<i>Outlet</i>	1.251	5 Februari 2024, 16:00

Hasil pemodelan HEC-HMS yang dilakukan menjadi krusial sebagai data dukung dalam mengonfirmasi besaran debit saat kejadian banjir di bulan Februari 2024. Berdasarkan hasil pemodelan dapat disimpulkan bahwa kontributor utama debit puncak di outlet pada kejadian Februari 2024 yaitu Sub DAS 2, diikuti Sub DAS 4, Sub DAS 1, dan Sub DAS 5. Limpasan dari Sub DAS 3 paling tinggi, namun Waduk Kedungombo berfungsi signifikan dalam mereduksi *inflow* dari DAS 3. Mitigasi dapat difokuskan untuk mengurangi *run off* di Sub DAS 2 yang memang memiliki area paling luas dan CN paling tinggi di antara sub DAS yang lain. Salah satu yang dapat dilakukan yaitu intervensi pada tata guna lahan, *runoff* dapat dikurangi dengan merancang konservasi yang efektif pada DAS.

Debit puncak kejadian banjir Februari 2024 hasil HEC-HMS sebesar 1.251 m³/s, tidak jauh berbeda dengan sumber-sumber informasi pada media massa yang menyebutkan debit banjir pada bulan Februari 2024 di Sungai Wulan lebih dari 1.100 m³/s. Bahan informasi kegiatan BBWS Pemali Juana 2024 menyebutkan bahwa debit pada kejadian Februari 2024 sekitar 1.199 m³/s yang merupakan kala ulang 100 tahun (PUPR, 2024). Debit puncak saat kejadian memiliki persentase *error* sebesar 4% atau 96% mendekati data lapangan menurut bahan informasi dari BBWS Pemali Juana, sehingga sudah cukup teliti.

Pembahasan terkait dengan kala ulang dapat dilakukan analisis lebih lanjut. Informasi di lapangan dari kontraktor pelaksana pekerjaan darurat tanggul jebol menyebutkan bahwa debit yang terjadi setara dengan kala ulang 50 tahun. Berdasarkan telaah terhadap dokumen Pola Pengelolaan Sumber Daya Air WS Jratunseluna, Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air (RPSDA) WS Jratunseluna, serta informasi di lapangan, ditemukan ketidaksinkronan hasil analisis antar dokumen dan informasi yang diberikan. Pola PSDA WS Jratunseluna menyebutkan bahwa debit banjir eksisting untuk kala ulang 2 tahun di DAS Serang di WS Jratunseluna yaitu 7.607 m³/s (PUPR, 2022). Dokumen RPSDA WS Jratunseluna menyebutkan bahwa debit banjir DAS Serang pada kala ulang dua tahun yaitu 251 m³/s dan pada kala ulang 5 tahun yaitu 1.372 m³/s (PUPR, 2024). Debit DAS Serang menjadi perhatian karena tangkapan air pada penelitian ini mencakup 95% dari luasan DAS Serang, terdapat sedikit pengurangan karena penelitian ini dibatasi titik kontrol. Jika berdasarkan pada Pola PSDA, kejadian banjir pada bulan Februari 2024 berada di bawah kala ulang 2 tahun. Jika berdasarkan RPSDA, kejadian banjir pada bulan Februari 2024 berada di bawah kala ulang 5 tahun,

tidak seperti yang disebutkan pada info kejadian yang disampaikan pada bahan informasi kegiatan yang menyampaikan bahwa debit yang terjadi merupakan kala ulang 100 tahun. Melihat tingginya frekuensi kejadian banjir yang hampir terjadi setiap tahun di segmen Sungai Wulan, disarankan agar instansi terkait melakukan kajian ulang terhadap kala ulang hujan sebagai dasar awal dalam perencanaan pengendalian banjir secara lebih akurat dan berkelanjutan.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pemodelan HEC-HMS menjadi penting sebagai dasar validasi besaran debit banjir pada Februari 2024, dengan estimasi debit puncak sebesar 1.251 m³/s yang sejalan dengan data media massa dan informasi dari BBWS Pemali Juana. Sub DAS 2 teridentifikasi sebagai penyumbang utama debit puncak, disusul oleh Sub DAS 4, 1, dan 5, sementara limpasan tertinggi dari Sub DAS 3 berhasil direduksi oleh fungsi Waduk Kedungombo. Mengingat peran dominan Sub DAS 2, mitigasi banjir sebaiknya difokuskan pada pengurangan limpasan di wilayah ini, terutama melalui pengelolaan tata guna lahan dan penerapan strategi konservasi yang efektif. Selain itu, terdapat ketidaksesuaian antara informasi lapangan dan dokumen perencanaan seperti Pola PSDA dan RPSDA terkait estimasi kala ulang banjir di Sungai Wulan, yang menunjukkan perbedaan signifikan dalam besaran debit banjir untuk periode ulang tertentu. Ketidaksinkronan ini menunjukkan perlunya perhitungan ulang kala ulang hujan sebagai dasar awal pengendalian banjir. Mengingat permasalahan banjir sangat kompleks dan dipengaruhi oleh berbagai variabel yang saling berkaitan, maka selain analisis transformasi hujan menjadi aliran, diperlukan juga analisis lanjutan seperti analisis hidraulika dan kajian spasial untuk memperoleh gambaran yang lebih akurat. Oleh karena itu, pendekatan multi-kriteria sangat dibutuhkan dalam penelitian lanjutan guna mengidentifikasi dan memahami secara menyeluruh faktor-faktor penyebab banjir, sehingga dapat mendukung perumusan strategi pengendalian banjir yang lebih efektif.

REFERENSI

- Adidarma, W.K., 2013. Teknik perhitungan banjir desain untuk bendungan dengan data terbatas khususnya di Indonesia. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 4(2), 105-116.
- Amin, M.B.A., Toyfur, M.F., Fransiska, W., Marlina, A., 2020. Delineasi DAS dan Elemen Model Hidrologi Menggunakan HEC-HMS Versi 4.4. *Cantilever*, 9, 33-38. DOI: <https://doi.org/10.35139/cantilever.v9i1.37>
- Ayasha, N., & Bota, L.O., 2023. Evaluation of GSMaP Data for Extreme Rain Events and Causing Floods in Kotawaringin. *JURNAL GEOGRAFI*, 20, 26-30. <https://doi.org/10.15294/jg.v20i1.40196>
- BBWS Pemali Juana., 2024. *Bahan Informasi Kegiatan BBWS Pemali Juana 2024*.
- BNPB., 2024. *Indografis Bencana Tahun 2024*. Diakses dari <https://gis.bnpb.go.id/infobencana/>, pada 1 Oktober 2024.
- Cantik, B.K.P., Sapan, E.C.A., Ghiffari, M.R.A., Yuvhendmindo, M.R., Aziz, M.L., 2022. Surface Runoff Analysis Using SCS-CN Method in Summarecon Serpong Area. *INERSIA*, 18. <https://dx.doi.org/10.21831/inersia.v18i2.53248>
- Chow, V.T., Maidment, D.R., dan Mays, L.Y., (1988). *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, New-York.
- Gashu, M.W., Sintayehu, G., Balayneh, A., Munye, K., 2023. Assessment of River Bank Overtopping the Problem Using HEC-RAS (in the case of Sedie River, Abbay Basin, Ethiopia). *Water Conservation Science and Engineering*, 8, 26-30. <https://doi.org/10.1007/s41101-023-00197-w>
- Harto, S., 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Utama.
- Indrianawati., Hakim, D.M., Deliar, A., 2013. Penyusunan Basis Data untuk Identifikasi Daerah Rawan Banjir Dikaitkan dengan Infrastruktur Data Spasial Studi Kasus: Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Itenas Rekayasa*, XVII(1), 22-31.
- Liu, Q., Du, M., Wang, Y., Deng, J., Yan, W., Qin, C., Liu, M., Liu, J., 2024. Global, regional and national trends and impacts of natural floods, 1990–2022. *Bull World Health Organ*, 102, 410-420. doi: <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.23.290243>
- Ramadan, A. N. A., Adidarma, W. K., Riyanto, B.A., & Windianita, K. 2018. Penentuan hydrologic soil group untuk perhitungan debit banjir di Daerah Aliran Sungai Brantas Hulu. *Jurnal Sumber Daya Air*, 13(2), 69-82.
- Satriyo, R.Y., 2024. *Evaluasi Kinerja Operasi Banjir Waduk Kedung Ombo dengan Simulasi Early Release Reservoir*. Tesis: Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Sujono, J., 2013. Ratio Abstraksi Awal Metode SCS-CN Untuk Perhitungan Volume Limpasan. *Annual Engineering Seminar*.
- PUPR., 2024. *Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Jratunseluna*.
- PUPR., 2022. *Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Jratunseluna*.