

Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Hidrograf Banjir di Daerah Aliran Sungai Klawing

Shafli Bayu Prakasa¹, Purwanto Bakti Santoso¹, Sanidhya Nika Purnomo¹

¹ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

ABSTRACT

Banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Klawing berulang kali terjadi dan telah menimbulkan dampak yang merugikan masyarakat terutama di Kabupaten Purbalingga. Sebagai dasar dalam mitigasi bencana banjir, informasi perubahan hidrograf banjir, yang menggambarkan laju aliran air (debit) terhadap waktu di titik tertentu dalam sungai atau saluran, penting untuk diketahui. Hidrograf banjir dipengaruhi oleh curah hujan efektif dan karakteristik DAS. Curah hujan efektif adalah bagian dari curah hujan yang menjadi limpasan setelah dikurangi oleh infiltrasi, evaporasi, dan abstraksi awal. Perhitungan ini dilakukan menggunakan metode SCS-CN, yang mempertimbangkan penggunaan dan tutupan lahan. Karakteristik DAS, seperti luas, bentuk, kemiringan, dan jaringan drainase, juga mempengaruhi pembentukan hidrograf. Informasi ini digunakan dalam model hujan-aliran untuk menghasilkan hidrograf banjir, di mana dalam studi ini menggunakan model Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu. Tutupan lahan di DAS Klawing didominasi oleh pepohonan (63% dari luas DAS), sawah/kebun (18%), dan pemukiman (16%). Permukiman bertambah rata-rata 5,5 km²/tahun atau 3,71% per tahun. Nilai CN (*curve number*), yang mencerminkan sebaran tutupan lahan dan jenis tanah, berkisar antara 84,299 (tahun 2018) hingga 84,375 (tahun 2022), dengan peningkatan rata-rata 0,018%. Berdasarkan hujan efektif dengan kala ulang 25 tahun, debit puncak berkisar antara 2526,78 m³/s (tahun 2018) hingga 2532,82 m³/s (tahun 2022), dengan peningkatan rata-rata 0,06%.

CORRESPONDING AUTHOR:

Purwanto Bakti Santoso

E-mail: purwanto1409@unsoed.ac.id

ARTICLE HISTORY

Received 7 Juni 2024

Accepted 29 Juni 2024

KEYWORDS

DAS Klawing; Tutupan Lahan; Curve Number; HSS Nakayasu; Hidrograf Banjir

Pendahuluan

Perubahan tata guna lahan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap banjir. Ketika lahan yang sebelumnya digunakan sebagai area konservasi atau resapan air berubah fungsi menjadi area pemukiman atau industri, kapasitas tanah untuk menyerap air hujan berkurang. Hal ini mengakibatkan peningkatan aliran permukaan, yang berarti lebih banyak air mengalir ke sungai dan saluran air, sehingga meningkatkan risiko dan intensitas banjir [1], [2], [3]. Perubahan ini dapat dilihat dari peningkatan koefisien limpasan (*runoff coefficient*), yang mengindikasikan proporsi air hujan yang tidak terserap oleh tanah dan akhirnya mengalir ke sungai. Misalnya, jika lahan pertanian berubah menjadi area perkotaan dengan permukaan yang lebih keras dan tidak permeabel, koefisien limpasan akan meningkat, yang berarti lebih sedikit air yang diserap ke dalam tanah dan lebih banyak yang mengalir ke sungai, yang dapat menyebabkan banjir [4]. Selain itu, perubahan tata guna lahan juga dapat mempengaruhi pola aliran air dan distribusi sedimen, yang dapat mengubah morfologi sungai dan kapasitas saluran, berpotensi menyebabkan banjir lebih sering atau lebih parah. Oleh karena itu, perencanaan tata guna lahan yang bijaksana dan pengelolaan daerah aliran sungai yang berkelanjutan sangat penting untuk mengurangi risiko

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution–NonCommercial–NoDerivatives License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). This license permits non-commercial use, distribution, and reproduction of the work in any medium, provided the original work is properly cited and is not modified, adapted, or built upon in any way. In accordance with these terms, the Accepted Manuscript may also be deposited in a repository by the author(s) or with their consent.

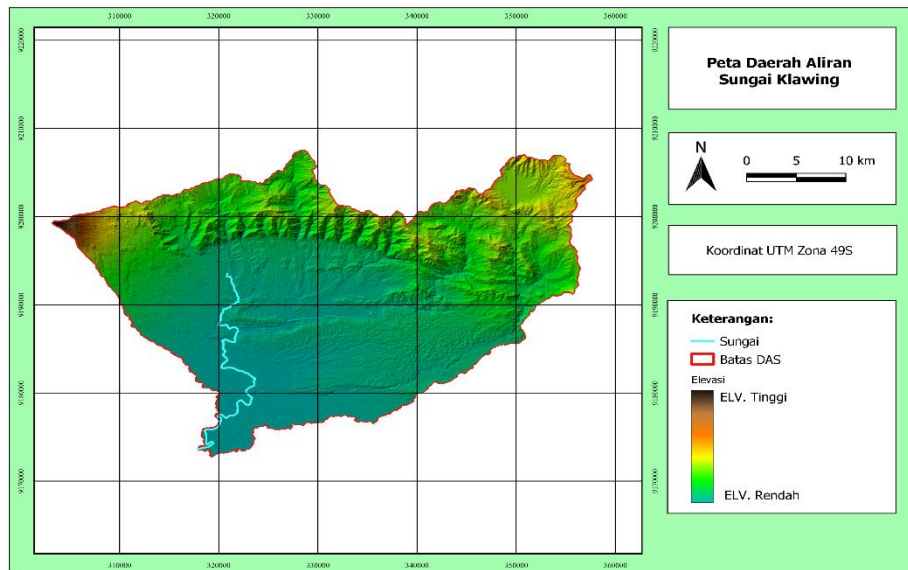
banjir [5].

Kondisi banjir di Daerah Aliran Sungai Klawing telah menimbulkan dampak yang cukup serius. Berdasarkan informasi terkini, telah terjadi erosi di Sungai Klawing Purbalingga yang mengancam keberadaan 22 rumah di tepi sungai [6]. Erosi ini disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi, yang menyebabkan aliran air sungai melebar ke arah permukiman warga. Selain itu, telah terjadi banjir di sejumlah desa di Purbalingga akibat meluapnya air Sungai Klawing. Banjir ini telah menyebabkan permukiman warga di sepanjang daerah aliran sungai terendam dengan ketinggian air mencapai 1,5 meter [7]. Perubahan alur sungai yang disebabkan oleh kondisi sungai yang berkelok dan tanah aluvial yang tidak berikat juga telah menyebabkan kerusakan daerah hulu Sungai Klawing[8]. Analisis karakteristik parameter hidrologi menunjukkan bahwa kondisi kritis ini disebabkan oleh meningkatnya penggunaan lahan yang tidak memperhatikan kaidah konservasi, sehingga menyebabkan rasio debit maksimum dan debit minimum sungai sangat tinggi, serta tingginya limpasan air permukaan yang dapat meningkatkan erosi dan sedimentasi [9]. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan upaya konservasi dan pengelolaan Daerah Aliran Sungai Klawing yang berkelanjutan untuk mengurangi risiko banjir di masa depan.

Hidrograf banjir adalah alat penting dalam mitigasi bencana banjir, yang menggambarkan laju aliran air (debit) terhadap waktu di titik tertentu dalam sungai atau saluran. Hidrograf membantu memprediksi pergerakan air, memungkinkan manajemen efektif terhadap banjir dan kekeringan, serta menyediakan dasar untuk peringatan banjir yang tepat waktu. Selain itu, hidrograf mendukung manajemen banjir terpadu terutama dalam proses operasi dan pengambilan Keputusan [10], serta membantu dalam desain tindakan mitigasi melalui pemetaan daerah banjir dan perencanaan infrastruktur [11][12]. Tulisan ini membahas perubahan tata guna lahan di Daerah Aliran Sungai Klawing dan kaitannya dengan perubahan hidrograf banjirnya. Informasi dalam tulisan ini diharapkan bisa menjadi salah satu referensi bagi pemangku kepentingan untuk mengambil langkah-langkah yang sesuai dalam rangka mitigasi bencana banjir.

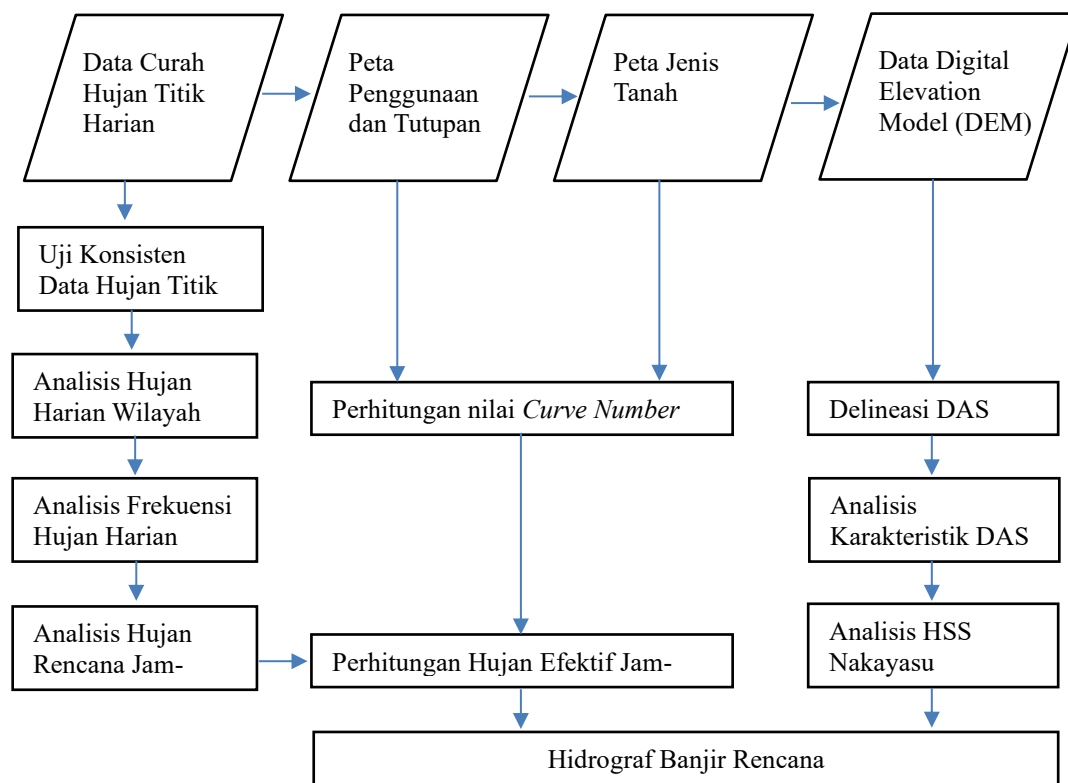
Metode

Debit banjir di suatu sungai terbentuk dari limpasan langsung air hujan yang jatuh di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS), yaitu suatu kawasan atau area yang dikelilingi oleh beberapa titik alami yang terletak pada dataran tinggi sebagai batas wadah penampungan air hujan yang turun di kawasan tersebut. Lokasi studi adalah DAS Klawing (Gambar 1.) yang dibentuk berdasarkan data *Digital Elevation Model* (DEM) yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). DEM Nasional dibangun dari beberapa sumber data meliputi data IFSAR (resolusi 5m), TERRASAR-X (resolusi 5m) dan ALOS PALSAR (resolusi 11.25m), dengan menambahkan data Masspoint hasil stereo-plotting. Resolusi spasial DEMNAS adalah 0.27-arcsecond, dengan menggunakan datum vertikal EGM2008 [13]. Proses delineasi data DEM untuk mendapatkan batas DAS Klawing menggunakan perangkat lunak *open-source* Sistem Informasi Geografis (SIG) QGIS, dan didapatkan luasan DAS Klawing adalah 1039 km².



Gambar. 1. DAS Klawing

Terbentuknya hidrograf banjir di suatu titik tinjauan sungai tergantung kepada curah hujan efektif, yaitu bagian dari curah hujan yang berkontribusi pada limpasan, setelah memperhitungkan kehilangan seperti infiltrasi, evaporasi, dan abstraksi awal. Secara jam-jaman, perhitungan curah hujan efektif dilakukan dengan mengurangi kehilangan tersebut terhadap total curah hujan. Perhitungan kehilangan dalam studi ini menggunakan metode SCS-CN (*Soil Conservation Service Curve Number*), yang memanfaatkan data penggunaan dan tutupan lahan (*land use and land cover*) untuk memperkirakan kedalaman curah hujan yang menjadi limpasan. Selain kedalaman hujan efektif, hidrograf yang terbentuk tergantung kepada karakteristik DAS, yang meliputi luas, bentuk, kemiringan, dan jaringan drainase/sungai. Karakteristik ini mempengaruhi seberapa besar dan cepat hujan berubah menjadi limpasan. Kedua informasi tersebut, yaitu kedalaman hujan efektif dan karakteristik DAS, menjadi masukan pada model hujan-aliran untuk menghasilkan hidrograf banjir. Model hujan-aliran yang digunakan dalam studi ini adalah hidrograf satuan sintetis (HSS) Nakayasu. Langkah-langkah perhitungan hidrograf banjir tersebut dibuatkan skema sebagaimana Gambar 2.

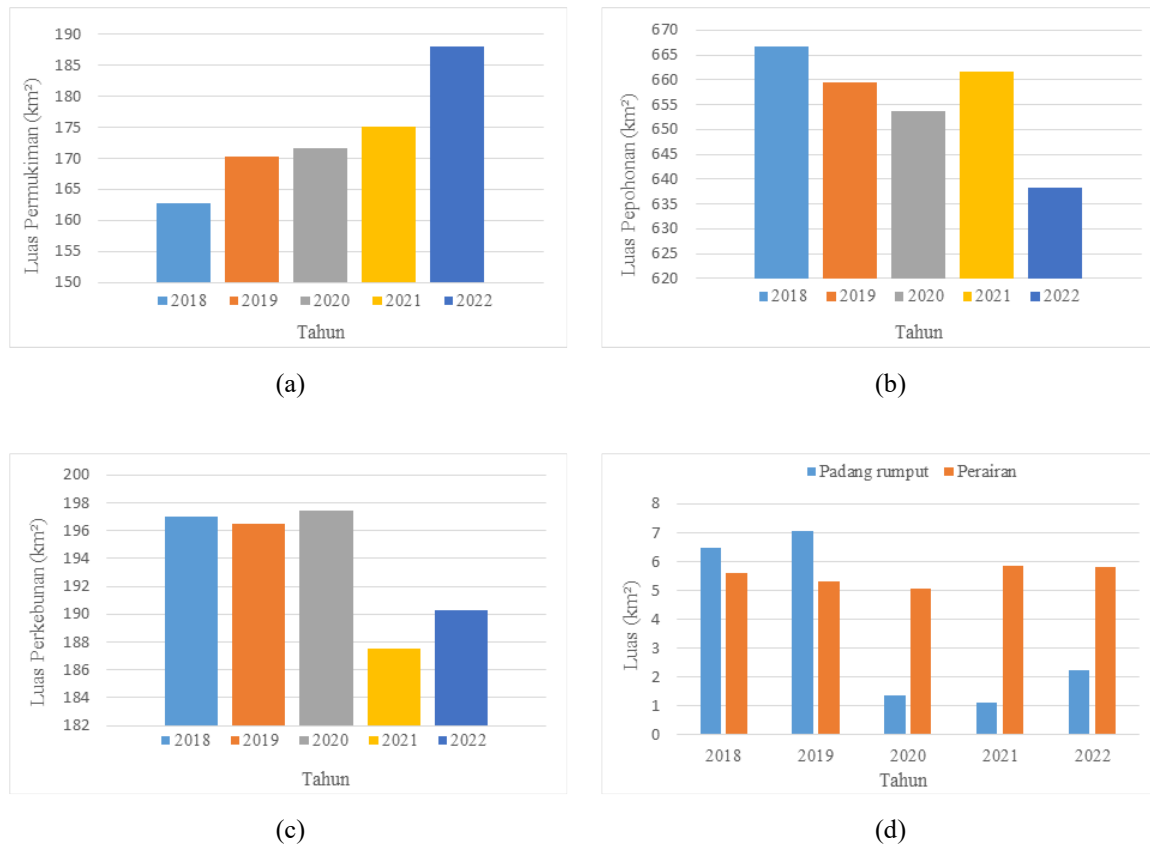


Gambar. 2. Alur Analisis

Hasil dan Pembahasan

1. Perubahan Tata Guna Lahan di DAS Klawing

Perubahan tata guna lahan yang terjadi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Klawing diamati dengan melihat peta sebaran tutupan lahan (land cover) dalam kurun waktu lima tahun yaitu dari tahun 2018 sampai tahun 2022. Studi ini menggunakan peta tutupan lahan dari situs ESRI *Land Cover* yang menggunakan pencitraan satelit Sentinel 2B dalam mengklasifikasikan sebaran tutupan lahan di permukaan bumi. Peta tutupan lahan global memberikan beberapa informasi, antara lain mengenai perencanaan konservasi, ketahanan pangan, dan pemodelan hidrologi. Perhitungan luasan masing-masing klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak QGIS. Hasil analisis menunjukkan bahwa tutupan lahan di DAS Klawing didominasi oleh pepohonan (*trees*), pemukiman (*built area*), dan perkebunan/sawah (*crops*). Pemukiman (*built area*) menjadi area tutupan lahan yang terus bertumbuh secara konsisten setiap tahunnya, dengan rata-rata penambahan 5,5 km²/tahun atau secara rata-rata bertambah 3,71 %/tahun (Gambar 3.).



Gambar. 3. Tutupan Lahan 2018-2022 di DAS Klawing (a) permukiman (b) pepohonan (c) perkebunan dan (d) padang rumput dan perairan

2. Data Jenis Tanah di DAS Klawing

Studi ini menggunakan peta sebaran jenis tanah (*Global Hydrologic Soil Group*) melalui situs ORNL DAAC dibawah naungan NASA. *Hydrologic soil groups* (HSGs) merupakan komponen fundamental dari metode Curve Number USDA (CN) untuk memperkirakan limpasan curah hujan. ORNL DAAC membuat klasifikasi jenis tanah berdasarkan nilai pixel (*pixel value*) dan kelas HSG (*Hydrologic Soil Group*) seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1. Peta yang digunakan memuat informasi sebaran jenis tanah untuk seluruh permukaan bumi sehingga harus disesuaikan terlebih dahulu mengikuti luasan DAS yang ditinjau.

Tabel 1. Tekstur tanah potensi *run off* klasifikasi jenis tanah HSGs

HSG	Kelas Tekstur Tanah	Potensi <i>Run Off</i>
A	Pasir	Rendah
B	Lempung berpasir, Pasir lempung	Menengah Rendah
C	Lempung liat, Lempung liat berlumpur, Lempung liat berpasir, Lempung, Berlumpur	Menengah Tinggi
D	Tanah liat, Tanah liat berlumpur, Tanah liat berpasir	Tinggi
A/D	Pasir	Tinggi
B/D	Lempung berpasir, Pasir lempung	Tinggi
C/D	Lempung liat, Lempung liat berlumpur, Lempung liat berpasir, Lempung, Berlumpur	Tinggi

D/D	Tanah liat, Tanah liat berlumpur, Tanah liat berpasir	Tinggi
-----	---	--------

Analisis luasan dan klasifikasi kelas jenis tanah (HSG) dilakukan untuk seluruh luasan DAS Klawing, di mana dihasilkan disajikan pada Tabel 2. Identifikasi sebaran jenis tanah (HSG) di DAS Klawing menunjukkan bahwa ada 6 kelas jenis tanah yaitu, Kelas C, Kelas D, Kelas A/D, Kelas B/D, Kelas C/D, dan Kelas D/D. Dari keenam kelas HSG tersebut, DAS Klawing didominasi oleh Kelas D yang memiliki tekstur tanah liat, tanah liat berlumpur, dan tanah liat berpasir. Kelas D sendiri memiliki persentase luasan terbesar yaitu 41% terhadap seluruh luasan DAS.

Tabel 2. Klasifikasi jenis tanah HSGs di DAS Klawing

Nilai Pixel	HSG	Luas (km ²)	persentase (%)
3	C	265	25
4	D	425	41
11	A/D	0,05	0
12	B/D	0,05	0
13	C/D	58	6
14	D/D	291	28
Total		1039	100

3. Analisis Angka CN

Angka CN atau *Curve Number* adalah parameter yang digunakan dalam metode SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number) untuk mengestimasi limpasan permukaan dari curah hujan. Angka CN berkisar antara 1 hingga 100 dan mencerminkan potensi area tertentu untuk menghasilkan limpasan. Nilai ini ditentukan berdasarkan jenis tanah, penggunaan lahan, kondisi hidrologi, dan kondisi kelembaban tanah sebelumnya [14]. Semakin tinggi nilai CN, semakin besar potensi limpasan yang dihasilkan dari curah hujan. Perhitungan nilai CN didasarkan pada tutupan lahan dan jenis tanah di suatu luasan tinjauan [15] (Tabel 3.). Penggunaan perangkat lunak QGIS untuk melakukan metode tumpang susun (*overlaying*) dua buah peta tematik tutupan lahan dan jenis tanah menghasilkan nilai CN rata-rata terbobot pada DAS Klawing (Tabel 4.). Nilai CN yang dihasilkan menunjukkan peningkatan rata-rata sebesar 0,018%.

Tabel 3. Angka CN berdasarkan tutupan lahan dan jenis tanah

No	Tata guna lahan	HSG			
		A	B	C	D
1	Perairan	100	100	100	100
2	Hutan	57	73	82	86
3	Kebun/Sawah (<i>crops</i>)	62	71	78	81
4	Padang rumput/ tanah Kosong	72	82	87	89
5	Vegetasi Basah/ Rawa	100	100	100	100
6	pemukiman	61	75	83	87

Tabel 4. Angka CN di DAS Klawing

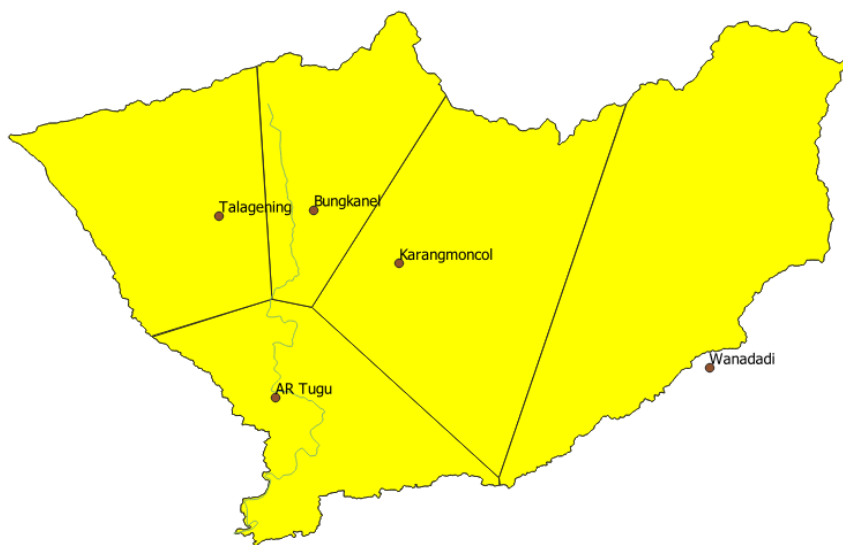
Hasil	Tahun				
	2018	2019	2020	2021	2022
CN	84,299	84,305	84,315	84,359	84,375
Rata-rata	84,331				
Perubahan (%)	-	0,008%	0,012%	0,052%	0,019%

Rata-rata Perubahan (%)

0,023%

4. Analisis Data Hujan

Data hujan dalam studi ini menggunakan data curah hujan harian selama 10 tahun yang diambil dari lima stasiun hujan yaitu Stasiun AR Tugu, Stasiun Bungkanel, Stasiun Karangmoncol, Stasiun Talagening, dan Stasiun Wanadadi. Data yang digunakan merupakan data curah hujan dari tahun 2013 sampai dengan tahun 2022. Pengisian beberapa data hujan harian yang hilang dilakukan dengan metode *inversed square distance*. Sebelum menentukan hujan wilayah, perlu dicek terlebih dahulu apakah data pada setiap stasiun hujan yang digunakan konsisten atau mengalami kerusakan data dengan metode RAPS. Selanjutnya, hujan rata-rata wilayah didapatkan dengan metode polygon Thiessen (Gambar 4.), yaitu dengan memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya.



Gambar 4. *Poligon Thiessen* 5 (lima) stasiun hujan di DAS Klawing

Hujan harian wilayah selanjutnya diolah dengan analisis frekuensi untuk memperoleh besarnya probabilitas besarnya hujan yang akan datang yang berdasarkan pada sifat statistik yang telah lalu. Dalam menentukan jenis distribusi yang akan dipakai, terdapat beberapa parameter yang harus di perhitungkan seperti standar deviasi, koefisien varian, koefisien skewness, dan koefisien kurtosis. Hasil analisis frekuensi pada data curah hujan harian maksimum rata-rata wilayah dan parameter-parameter yang diperoleh diperlihatkan pada Tabel 5. di mana distribusi frekuensi terpilih adalah Log Pearson Tipe III. Hasil perhitungan hujan harian rencana berdasarkan distribusi frekuensi terpilih (Log Pearson Tipe III) ditampilkan di Tabel 6.

Tabel 5. Analisis Frekuensi Data Curah Hujan Harian Maksimum Rata-Rata Wilayah

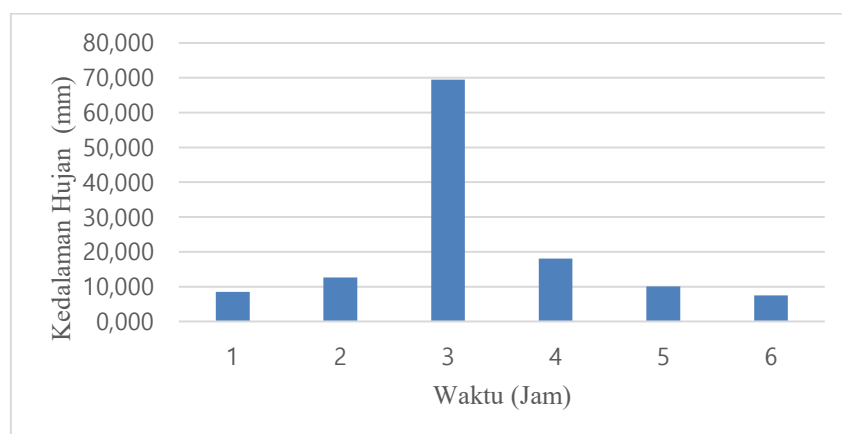
No	Jenis Sebaran	Kriteria	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Normal	Cs = 0	Cs = -0,042	tidak memenuhi
		Ck = 3	Ck = 3,061	tidak memenuhi

2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$	$= 0,7$	$C_s =$	$-0,04$	tidak memenuhi
		$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	$= 3,8$	$C_k =$	$3,06$	tidak memenuhi
3	Gumbel	$C_s = 1,14$		$C_s =$	$-0,042$	tidak memenuhi
		$C_k = 5,4$		$C_k =$	$3,061$	tidak memenuhi
4	Log Pearson Tipe III	Selain Dari Nilai Diatas		$C_s =$	$-0,042$	Memenuhi
				$C_k =$	$3,061$	Memenuhi

Tabel 6. Curah Hujan Harian Rencana di DAS Klwing

No	Kala Ulang	Curah Hujan
	(Tahun)	(mm)
1	2	89,09
2	5	106,47
3	10	115,98
4	25	126,17
5	50	132,78
6	100	138,70
7	200	144,11

Hasil perhitungan hujan harian rencana merupakan hujan total, yang merupakan kedalaman hujan tanpa memperhitungkan kehilangan, selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan hyetograph rencana yang berupa n rangkaian interval waktu yang berurutan dengan durasi $\Delta t = 1$ jam selama waktu $T_d = n \times \Delta t$, dalam hal ini durasi hujan = 6 jam. Perhitungan hujan jam-jaman menggunakan metode ABM menggunakan hujan rencana kala ulang 25 tahun. Hujan rencana kala ulang 25 tahun dipilih karena merupakan kala ulang yang menghasilkan debit paling dominan terhadap daya gerus dan daya hisap sehingga banyak digunakan sebagai dasar desain bangunan-bangunan air [16]. Hasil perhitungan hyetograph hujan total rencana kala ulang 25 tahun diperlihatkan pada Gambar 5. Kehilangan yang dihitung dengan metode SCS CN dikurangkan terhadap curah hujan total untuk mendapatkan hyetograph hujan efektif (Tabel 7.).



Gambar 5. Hyetograph hujan total kala ulang 25 tahun DAS Klwing

Tabel 7. Hyetograph hujan total kala ulang 25 tahun DAS Klwing

T (jam)	hyetograph hujan efektif (mm)				
	2018	2019	2020	2021	2022
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	2,32	2,33	2,33	2,35	2,35
3	48,94	48,95	48,96	49,04	49,06
4	15,90	15,90	15,91	15,92	15,92
5	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10
6	6,79	6,79	6,79	6,80	6,80

5. Analisis Hidrograf Banjir

Model hujan-limpasan yang digunakan untuk mendapatkan hidrograf banjir adalah metode HSS Nakayasu. Metode ini relatif sederhana dengan 2 (dua) parameter yang diperlukan sebagai masukan untuk membentuk hidrograf banjirnya yaitu luas DAS dan panjang sungai yang untuk DAS Klawing masing-masing sebesar 1039,086 km² dan 45,061 km. Debit puncak hidrograf hasil perhitungan diperlihatkan pada Tabel 8. Perhitungan debit puncak memperlihatkan terjadinya peningkatan antara 0,02% - 0,14% di mana rata-rata peningkatannya adalah 0,06%.

Tabel 8. Debit Puncak Hidrograf Kala Ulang 25 Tahun di DAS Klawing

Tahun	Debit Puncak (m ³ /detik)	Perubahan
2018	2526,78	-
2019	2527,28	0,02%
2020	2528,09	0,03%
2021	2531,55	0,14%
2022	2532,82	0,05%

Kesimpulan

Hasil studi mengenai perubahan tata guna lahan di DAS Klawing dan kaitan dengan perubahan hidrograf banjir yang terjadi diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- DAS Klawing didominasi oleh area pepohonan (trees), sawah/kebun (crops) dan Pemukiman (built area). Pepohonan memiliki area terbesar seluas 63 persen dari luas DAS disusul dengan sawah/kebun dan permukiman yang masing-masing luasnya adalah 18 persen dan 16 persen dari luas DAS. Permukiman terus bertumbuh setiap tahunnya dengan rata-rata penambahan 5,5 km²/tahun atau secara rata-rata bertambah 3,71 %/tahun
- Klasifikasi jenis tanah di DAS Klawing menghasilkan enam kelas sebaran jenis tanah (HSG) yaitu, Kelas C, Kelas D, Kelas A/D, Kelas B/D, Kelas C/D, dan Kelas D/D. Dari keenam kelas HSG tersebut, DAS Klawing didominasi oleh Kelas D yang memiliki tekstur tanah liat, tanah liat berlumpur, dan tanah liat berpasir. Kelas D sendiri memiliki persentase luas terbesar yaitu 41% terhadap luas DAS.
- Analisis menggunakan distribusi Log Pearson III menghasilkan nilai kala ulang hujan 2 tahun sebesar 89,089 mm, kala ulang hujan 5 tahun sebesar 106,472 mm, kala ulang hujan 10 tahun sebesar 115,978 mm, kala ulang hujan 25 tahun sebesar 126,173 mm, kala ulang hujan 50 tahun sebesar 132.783 mm, kala ulang hujan 100 tahun sebesar 138,700 mm dan kala ulang hujan 200 tahun sebesar 144,110.

- Klasifikasi tata guna lahan dan sebaran jenis tanah menghasilkan nilai CN (*curve number*) pada tahun 2018 sebesar 84,299, tahun 2019 sebesar 84,305, tahun 2020 sebesar 84,315, tahun 2021 sebesar 84,359, dan tahun 2022 sebesar 84,375. Dapat dikatakan bahwa perubahan yang terjadi dalam kurun waktu lima tahun dari 2018 hingga 2022 cukup kecil. Rata rata peningkatan yang terjadi hanya sebesar 0,018 %.
- Perhitungan HSS Nakayasu berdasarkan hujan efektif dengan kala ulang hujan 25 tahun, dengan perubahan nilai CN berdasarkan sebaran tutupan lahan di setiap tahunnya, diperoleh besar debit puncak (Q_p) pada tahun 2018 sebesar 2526,78 m³/s, Q_p tahun 2019 sebesar 2527,28 m³/s, Q_p tahun 2020 sebesar 2528,09 m³/s, Q_p tahun 2021 sebesar 2531,55 m³/s, dan Q_p tahun 2022 sebesar 2532,82 m³/s, di mana rata-rata peningkatannya adalah 0,06%.

Acknowledgments

“.”

Disclosure statement

“.”

References

- [1] H. Suherman and A. Firmansyah, “Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir di Wilayah Hilir Aliran Kali Angke,” *Jurnal Kontruksia*, vol. 8, no. 2, pp. 79–95, 2017.
- [2] F. Halim, “Pengaruh Hubungan Tata Guna Lahan dengan Debit Banjir pada Daerah Aliran Sungai Malalayang,” *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 45–54, 2014.
- [3] N. T. Sabrina, “Analisa Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Debit Banjir Das Deli Menggunakan Metode Hss Nakayasu,” Undergraduate Papers, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2021.
- [4] M. Rizal Zainuddin, M. Selintung, and R. Lopa, “Pengaruh Tata Guna Lahan terhadap Debit Banjir pada Daerah Aliran Sungai Pangkajene,” *Jurnal Konstruksia*, vol. 14, no. 2, p. 66, Jul. 2023, doi: 10.24853/jk.14.2.66-72.
- [5] Y. Sutiyono, “Analisis Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Debit Banjir di Das Bengawan Solo Hulu (Analysis of Land Use Change on Flood Discharge in Bengawan Solo Upstream Watershed),” Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2021.
- [6] V. Romadhon, “Erosi Sungai Klawing Purbalingga, 22 Rumah Terancam Roboh,” <https://www.detik.com/jateng/berita/d-5994210/erosi-sungai-klawing-purbalingga-22-rumah-terancam-robah> (diakses tgl 31 Mei 2024).
- [7] Media Indonesia, “Sungai Klawing Meluap, 6 Desa di Purbalingga Terendam Banjir,” <https://www.medcom.id/nasional/daerah/8Kyl5xOk-sungai-klawing-meluap-6-desa-di-purbalingga-terendam-banjir> (diakses tgl 31 Mei 2024).
- [8] C. Sutrisno, “Waspada Banjir Bandang Sungai Klawing Purbalingga,” <https://jateng.idntimes.com/news/jateng/cokie-sutrisno-1/waspada-banjir-bandang-sungai-klawing-purbalingga?page=all> (diakses tgl 31 Mei 2024).
- [9] L. Y. Ulfiana, “Analisis Karakteristik Parameter Hidrologi Akibat Alih Fungsi Lahan di Sub Daerah Aliran Sungai Klawing,” Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2018.
- [10] M. Abdi-Dehkordi, O. Bozorg-Haddad, A. Salavitarbar, S. Mohammad-Azari, and E. Goharian, “Development of flood mitigation strategies toward sustainable development,” *Natural Hazards*, vol. 108, no. 3, pp. 2543–2567, 2021, doi: 10.1007/s11069-021-04788-5.
- [11] A. Bonner, “Guidance for Flood Risk Analysis and Mapping Hydrology: Rainfall-Runoff Analysis,” 2019. [Online]. Available: <https://www.fema.gov/guidelines-and-standards-flood-risk-analysis-and>
- [12] W. Gądek, B. Baziak, T. Tokarczyk, and W. Szalińska, “A Novel Method of Design Flood Hydrographs Estimation for Flood Hazard Mapping,” *Water* (Basel), vol. 14, no. 12, 2022, doi: 10.3390/w14121856.
- [13] BADAN INFORMASI GEOSPASIAL, “DEMNAS,” <https://www.big.go.id/content/produk/demnas>

(diakses tanggal 6 Juni 2024).

- [14] A. Noor Annisa Ramadan, D. Nurmayadi, A. Sadili, R. Rizaldy Solihin, and Z. Sumardi, “Studi Penentuan Nilai Curve Number DAS Pataruman berdasarkan Satuan Peta Tanah Indonesia,” *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 26, no. 2, pp. 258–266, 2020.
- [15] A. N. A. Ramadan, W. K. Adidarma, A. B. Riyanto, and W. Kamsiyah, “Penentuan Hydrologic Soil Group untuk Perhitungan Debit Banjir di Daerah Aliran Sungai Brantas Hulu,” *Jurnal Sumber Daya Air*, vol. 13, no. 2, pp. 69–82, 2017.
- [16] K. P. U. dan P. R. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, “Perencanaan Bangunan Utama (Bendung), Diklat Teknis Perencanaan Irigasi, Tingkat Dasar,” 2016.